جمهوری اسلامی ایران

دبیرخانه کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه

(دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه)

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)

شماره قرارداد: ۷۰۰/۱۲۳۷۲ (مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۱۵)

مهر ۱۳۹۹

بسمه تعالی

کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه

دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

(فاز ۱)

شماره قرارداد: ۷۰۰/۱۲۳۷۲ (مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۱۵)

تهیه کننده

دانشگاه شهید بهشتی- پژوهشکده علوم محیطی

نویسنده

عبدالمجید مهدوی دامغانی، جعفر کامبوزیا، رضا دیهیم‌فرد، محمدرضا نظری، حسین محمودی، سعید صوفی‌زاده، فاطمه آقامیر، آرش محمدزاده، شهلا لجم¬اورک رمه¬چری

مهر ۱۳۹۹

۱	عنوان سند	پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱) شماره قرارداد: ۷۰۰/۱۲۳۷۲ (مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۱۵)
۲	بندهای شرح خدمات	عنوان فعالیت: پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱) شماره بند: عنوان:
۳	کد سند	OC07RN9907283
۴	تهیه‌کننده	دانشگاه شهید بهشتی- پژوهشکده علوم محیطی
۵	نویسندگان	عبدالمجید مهدوی دامغانی، جعفر کامبوزیا، رضا دیهیم‌فرد، محمدرضا نظری، حسین محمودی، سعید صوفی‌زاده، فاطمه آقامیر، آرش محمدزاده، شهلا لجم‌اورک رمه‌چری
۶	تأییدکننده	عبدالمجید مهدوی دامغانی
۷	تصویب‌کننده	بابک شکری
۸	محتویات سند	گزارش پهنه بندی
۹	کلمات کلیدی	الگوی کشت، تغییر اقلیم، کشاورزی چندکارکردی، تحلیل اقتصادی، اگرواکولوژی
۱۰	نوبت ویرایش	اول
۱۱	تاریخ نشر	مهر ۱۳۹۹
۱۲	ضمائم	
۱۳	نوع تکثیر گزارش: مجاز ■ غیرمجاز ☐	طبقه‌بندی گزارش: داخلی ☐ به کارفرما (براساس قرارداد) ■	نحوه دسترسی: محدود ☐ نامحدود ■

شناسنامه گزارش

عنوان: پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)

شماره قرارداد: ۷۰۰/۱۲۳۷۲ (مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۱۵)

کارفرما: دانشگاه صنعتی شریف

مجری: دانشگاه شهید بهشتی- پژوهشکده علوم محیطی

مجری داخلی: عبدالمجید مهدوی دامغانی (دانشیار اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی)

همکاران اصلی: جعفر کامبوزیا، رضا دیهیم‌فرد، محمدرضا نظری، حسین محمودی، سعید صوفی‌زاده، فاطمه آقامیر، آرش محمدزاده، شهلا لجم‌اورک رمه‌چری

تاریخ تهیه گزارش: هفتم مهرماه ۱۳۹۹

پیش‌گفتار

قرارگیری دریاچه ارومیه در آستانه بحرانی زیست‌محیطی در مقیاس بین‌المللی در سال‌های منتهی به سال ۱۳۹۲ شمسی و مطالبات مردم شریف منطقه، هیأت محترم وزیران را بر آن داشت که در اولین جلسه خود در دولت یازدهم، طی مصوّبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۱۱۱۴۶ مورّخ ۱۳۹۲/۰۵/۲۸، تشکیل کارگروه نجات دریاچه ارومیه را به تصویب رسانند که پس از بررسی‌های گروه‌های کارشناسی، ۱۹ طرح اولویت‌دار جهت نجات دریاچه ارومیه در جلسه ۱۳۹۲/۰۷/۱۶ کارگروه نجات دریاچه ارومیه تصویب گردید.

به منظور تمرکز و تسریع در روند اقدامات مرتبط با احیای دریاچه ارومیه، پیشنهاد تشکیل «کارگروه ملّی نجات دریاچه ارومیه» در جلسه مورّخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ هیأت محترم وزیران مطرح و به موجب اختیارات اصل ۱۳۸ قانون اساسی، طبق مصوّبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۷۰۰۹۲ مورّخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۲، مقرّر گردید که ریاست کارگروه بر عهده معاون اوّل محترم رئیس‌جمهور باشد و جناب آقای دکتر عیسی کلانتری به عنوان دبیر کارگروه و مدیر اجرایی احیای دریاچه ارومیه تعیین گردیدند. ۷ وزیر، ۲ معاون رئیس‌جمهور و ۳ استاندار حوضه آبریز نیز به عنوان اعضای این کارگروه معرفی شدند.

در گام بعدی، ستاد احیای دریاچه ارومیه ضمن ایجاد کمیته‌های تخصّصی شش‌گانه، ۲۰ کارگروه تخصّصی، انجام مطالعات تطبیقی و ایجاد شوراهای منطقه‌ای، ضمن برگزاری ۹۸ جلسه متنوّع کارشناسی و مدیریتی و بهره‌گیری از نظرات بیش از ۷۵۰ نفر از متخصّصان داخلی و بین‌المللی در بازه زمانی ۱۳۶ روزه (از ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ تا ۱۳۹۳/۰۳/۱۷)، اقدام به تدوین و اجرای یک نقشه راه جامع در راستای احیای دریاچه ارومیه نمود که نقشه راه مذکور در جلسه مورّخ ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ به ریاست رئیس‌جمهور محترم جناب آقای دکتر روحانی، ارائه و مورد تصویب قرار گرفت و دستور شروع عملیات اجرایی راه‌کارهای مصوّب توسط ایشان صادر گردید. کارگروه ملّی نجات دریاچه ارومیه نیز طی مصوّبه شماره ۴۹۵۰۳/۵۷۵۴۲ مورّخ ۱۳۹۳/۰۵/۲۵ به طور رسمی مسئولیت مطالعه و طراحی طرح نجات دریاچه ارومیه را به دانشگاه صنعتی شریف سپرد.

در کنار دستاوردهای میدانی متعدّد حاصل از طرح ملّی نجات دریاچه ارومیه از جمله قرار گرفتن دریاچه در مسیر احیای پایدار و رفع مخاطرات بهداشتی و سلامتی، نقش محوری دانشگاه‌های ملّی و استانی در کلیه امور مطالعه و پایش، شاخصه‌ای کم‌نظیر در پروژه بوده که توانسته است ضمن خلق تعاملی پویا و چندسویه با دستگاه‌های اجرایی، روح اقدامات علمی-پژوهشی را در کالبد همه پروژه‌های ذیل طرح، جاری نمایند.

لذا با هدف شفاف‌سازی اقدامات مطالعاتی و پژوهشی انجام شده و نیز به منظور فراهم شدن امکان استفاده مجامع علمی در رشته‌های مختلف دانشگاهی از آب (هیدرولوژی، آب زیرزمینی، هیدرولیک و هیدرودینامیک)، محیط‌زیست، اکولوژی و لیمنولوژی گرفته تا اقتصاد و جامعه‌شناسی از دانش بومی تولید شده در این طرح ملّی، کلّیه مطالعات انجام شده توسط دبیرخانه کارگروه در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی شریف در دسترس پژوهشگران محترم قرار گرفته است. یقیناً تدارک مطالعه و پژوهش در این منابع بومی ارزشمند که حاصل سال‌ها تلاش مجدّانه محقّقان تراز اوّل داخلی و بین‌المللی بوده، سرآغازی خواهد بود برای تداوم نهضت علمی شکل گرفته و به زودی با بروز جهشی علمی در بستر استثنایی پدید آمده، شاهد شکوفا شدن برکات این گردش آزاد اطّلاعات در اقصی نقاط کشور خواهیم بود.

کلّیه تعابیر، نتایج و تفاسیری که در این اثر ذکر شده‌اند، محصول تلاش‌های نویسنده (یا نویسندگان) آن بوده و لزوماً منعکس‌کننده دیدگاه‌های دبیرخانه کارگروه ملّی نجات دریاچه ارومیه نیست. لذا مسئولیت صحت کلّیه اطّلاعات و نتایجی که توسط این اثر در دسترس عموم قرار می‌گیرد، به عهده نویسنده (یا نویسندگان) آن می‌باشد.

سپاسگزاری و تقدیر

مجری بر خود لازم می‌داند از کلیه استادان، همکاران و عزیزانی که در تهیه این گزارش نقش داشته‌اند سپاسگزاری نماید.

نخست، از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر تجریشی، مدیر محترم دفتر تلفیق و برنامه‌ریزی ستاد احیاء دریاچه ارومیه که به عنوان کارفرما از نخستین روز تدوین پیشنهادیه و شرح خدمات این قرارداد حضور موثر و سازنده داشته‌اند سپاسگزاری نماید. از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید بهشتی، جناب آقای دکتر بابک شکری و همکاران ایشان قدردانی می‌شود. از جناب آقای دکتر جعفر کامبوزیا، ریاست محترم پژوهشکده علوم محیطی که با سعه صدر و حسن نظر راهبری این پروژه را مدیریت نموده‌اند قدردانی می‌شود. از جناب آقای دکتر جواد وفابخش، استاد گرامی و معاون امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی و مجری طرح ملی الگوی کشت که سخاوتمندانه و مسئولانه نتایج و دستاوردهای تحقیقات و فعالیت‌های فشرده پژوهشی و اجرایی خود را، بی هیچ چشمداشت در اختیار این پروژه قرار دادند فروتنانه تشکر می‌شود. از مرکز ملی مطالعات راهبردی آب و کشاورزی، به ویژه ریاست مرکز جناب آقای مهندس شریعتمدار برای صدور مجوز بهره‌برداری از نتایج طرح « امکان‌سنجی، مطالعهٔ ظرفیت‌ها و تعیین مکانیسم‌ها و مدل‌های مفهومی در گردشگری کشاورزی دریاچه ارومیه» سپاسگزاری می‌شود.

از اعضای هیات علمی محترم گروه کشاورزی اکولوژیک و گروه اقتصاد، آموزش و سیاست محیط زیست پژوهشکده علوم محیطی برای همکاری اثربخش و کارامد این پروژه سپاسگزاری می‌شود. انجام این پروژه در چنین قالب کار تیمی نشان می‌دهد همدلی، مدیریت و راهبری در کنار دانش و تجربه قادر است هم‌افزایی کم‌نظیری در سپهر دانشگاهی و تحقیقاتی ایجاد کند که به حل مسائل و مشکلات کشور و ایفای نقش راستین پژوهشگران منجر می‌شود. تقدیر ویژه از دانشجویان دکترای اگرواکولوژی پژوهشکده علوم محیطی که به عنوان دستیاران علمی پروژه در کنار استادان خود نقش موثری در انجام شرح خدمات داشته‌اند و به عنوان سرمایه انسانی این پروژه نوید حضور پژوهشگران دانشی، اخلاق‌مدار

و کوشا برای سال‌های آتی کشور و حل مشکلات و مسائل و چالش‌های کشاورزی و محیط‌زیستی این مرز پر گهر هستند.

از همکاران ستاد احیاء دریاچه ارومیه، استادان دکتر مسعود پارسی‌نژاد، دکتر بهداد چهره‌نگار، دکتر حسین شاهباز و آقایان مهندس نجیمی و مهندس اکبری و خانم‌ها دکتر غفاری، دکتر دلاوری، دکتر مرادی، دکتر اسدی و دیگر کارکنان محترم ستاد برای همکاری و همیاری در انجام این طرح سپاسگزاری می‌شود. از آنجا که بخش عمده تحلیل‌ها و آنالیز اطلاعات این گزارش، حسب تصریح شرح خدمات، بر پایهٔ مستندات موجود در ستاد احیاء دریاچه ارومیه صورت گرفته است ضروری است از دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و شرکت‌های محترمی که به عنوان مشاور ستاد این مستندات را طی سال‌های گذشته تولید کرده‌اند قدردانی شود. از همه عزیزانی که حضور و اثرگذاری آنها در این گزارش دیده می‌شود تشکر می‌شود.

با احترام و فروتنی

عبدالمجید مهدوی دامغانی

مجری طرح

فهرست مطالب صفحه

۱-۱ مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک برای تبیین جامع‌نگر وضعیت تغییرات هر یک از بخش‌ها ۱
۱-۲ بررسی عدم قطعیت تغییرپذیری اقلیمی در کوتاه‌مدت در نظام‌های زراعی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۶
۱-۳ انتخاب کاراترین شاخص‌های اقلیمی-کشاورزی ۳۳
۱-۵ تعیین توابع ارزیابی شاخص‌های ارائه‌شده بر مبنای تلفیق شاخص‌های اقلیمی، گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک ۵۰
۱-۶ بررسی تناسب اقلیمی (آب و هوایی) به منظور پیش‌بینی سال‌های با احتمال دستیابی به عملکرد پتانسیل و سال‌های همراه با ریسک اقلیمی در تولیدات کشاورزی ۶۳
۱-۷ ترسیم نقشه‌های گیاه زراعی-مبنا به تفکیک متوسط شرایط اقلیمی و تغییرپذیری (واریانس) اقلیمی برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۷۳
۲-۱ بررسی معیارها و شاخصهای اگرواکولوژیک و تعاریف عملیاتی آنها ۷۸
۲-۲ بررسی و چارچوب‌بندی رویکردهای اگرواکولوژیک در کشاورزی ۸۲
جنگل‌زراعی ۱۰۱
جمع آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز ۲۳۸
شاخص خشکی (AI) ۲۳۹
هموارسازی دادههای عملکرد گندم دیم ۲۴۰
بررسی ارتباط میان بارندگی، دما و شاخص خشکی با عملکرد گندم دیم ۲۴۰
ماخذ: یافته های تحقیق ۴۵۴
۲- مقدمه ۵۶۰
لزوم بازطراحی الگوی کشت در ایران ۵۶۳
ضرورت اصلاح الگوی کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۵۶۴
۳- مراحل و روش بهینه‌سازی الگوی کشت ۵۶۶
۳-۱- بررسی وضعیت الگوی کشت فعلی ۵۶۶
۳-۲- نیاز آبی گیاهان و کل آب مصرفی در منطقه ۵۶۶
۳-۳- ارزیابی نیاز به محصولات ویژه در منطقه ۵۶۶
۳-۴- ضرایب فنی ۵۶۸
۳-۵- شناسایی محدودیت‌ها و پتانسیل‌های منطقه ۵۶۹
۳-۶- بهینه‌سازی الگوی کشت ۵۶۹
۳-۷- تعریف متغیرها، پارامترها و اهداف ۵۷۱
۳-۸- محدودیت‌های مدل ۵۷۲
۳-۹- اهداف مدل ۵۷۳
۴- نتایج ۵۷۴

۴-۱- الگوی کشت گذشته و فعلی حوضه آبریز ارومیه ۵۷٤
۴-۲- وضعیت مصرف آب با توجه به الگوی کشت گذشته و فعلی ۵۷٦
۴-۳- شاخص‌های بهره‌وری تولید محصولات زراعی و باغی ۵۸۱
۴-۴- بهینه‌سازی الگوی کشت ۵۸٤
جمعآوری مستندات ۵۹۵
رقومی سازی ۵۹۵
اطلاعات خاک ۵۹۵
مطالعات خاک‌شناسی مورد استفاده در اجرای طرح ۵۹۵
مطالعات خاک‌شناسی حوضه در برش لایه آبی ٦۰۰
محدوده‌های آبی فاقد مطالعات خاکشناسی ٦۰۲

چکیده

اکنون به خوبی مشخص شده است که حل مسالهٔ دریاچهٔ ارومیه، که ابعاد متعدد و پیچیدهٔ اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، کشاورزی و سیاسی دارد نمی‌تواند با بهره‌گیری از رهیافت‌های تقلیل‌گرایانه به دست بیاید. بر همین اساس، پروژهٔ حاضر با هدف بررسی اگرواکولوژیک این حوضهٔ آبریز با دو اولویت ۱) تولید کافی (دستیابی به امنیت غذایی به عنوان مهم‌ترین رسالت کشاورزی)، و ۲) حفظ پایداری منابع، به ویژه آب صورت گرفت. نتایج مطالعات نوسانات آب و هوایی و اثرات آن بر کشاورزی حوضهٔ آبریز نشان داد می‌توان با تغییر در ارقام و مدیریت زراعی (تاریخ کاشت، بهره‌گیری از ارقام مقاوم و جایگزینی گیاهان زراعی جدید) اثرات نوسانات آب و هوایی را کمینه کرد. نتایج مطالعات اقتصادی نشان داد از نظر اهداف عالی سیاست‌گذار، یعنی سودآوری اقتصادی، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال‌زایی زراعی در بین محصولات مختلف پیاز و ذرت علوفه‌ای دارای بالاترین اولویت بوده و در مقابل کمترین رتبه جمعی مربوط به جو، گندم و ذرت دانه‌ای است. با توجه به جمع‌بندی نتایج مطالعات اقتصادی، در سناریوهای کاهش عرضه منابع آب بخش کشاورزی بیشترین کاهش سطح متوجه محصولاتی نظیر غلات، گیاهان علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند است.

برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیک، بهینه‌سازی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، اطلاعات سطح کشت و عملکرد محصولات زراعی رایج طی ۳۰ سال گذشته مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان تغییر در ترکیب کشت محصولات محاسبه شد. به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای تولید هر یک از محصولات زراعی و باغی، شاخص‌های مختلف خاکی، اقلیمی و گیاهی محاسبه و بر اساس آن پهنه‌های بسیار مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب برای تولید محصولات مشخص شد. برای بهینه‌سازی الگوی کشت از روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی استفاده شد؛ اهداف بهینه‌سازی الگوی کشت در این مطالعه شامل کمینه کردن مصرف آب (حداکثر ۴۰٪)، بیشینه‌سازی سود خالص و بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب بود. بر این اساس و برای ۲۹ محصول زراعی و باغی (گندم، جو، کلزا، یونجه، لوبیا، هویج، نخود، خیار، سیر، ذرت علوفه‌ای، پیاز، سیب‌زمینی، چغندرقند، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، هندوانه، زعفران، بادام، سیب، زردآلو، انگور، شلیل، هلو، گلابی، پسته، آلو، آلبالو، گیلاس و گردو) سطح زیر کشت، مصرف آب، سود خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال در سناریوهای ۹گانه محاسبه شد. نتایج

نشان داد در صورتی که الگوی کشت منطقه با هدف بیشینه‌سازی درآمد خالص کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی مصرف آب، به گونه‌ای بهینه‌سازی شود که مجموع سطح کشت محصولات بدون تغییر باقی بماند در این صورت سطح کشت محصولات با درآمد خالص بالا و نیاز آبی کم، شامل جو، خیار، سورگوم، کلزا، هندوانه، هویج، گیلاس، پسته، زعفران و نخود افزایش یافته، سطح محصولات انگور، زردآلو، سیب، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و گندم کاهش یافته و سایر محصولات از الگو حذف می‌شوند. نتایج پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه تحت سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی این حوضه در جدول نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که با در نظر گرفتن قیودِ الف) کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، ب) بیشینه‌سازی سود خالص، پ) بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب، و ت) بیشینه‌سازی اشتغال، چنانچه مقرر باشد مصرف آب بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۴۰ درصد کاهش یابد این امر در پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و با یک الگوی کشت مبتنی بر اصول اگرواکولوژی مستلزم کاهش ۳۳ درصدی سود خالص، کاهش ۱۲ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب و کاهش ۳۷ درصدی اشتغال بخش کشاورزی همراه خواهد بود. مطالعات و آنالیزهای گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک در این قرارداد برای جبران این کاهش سود خالص و اشتغال در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد رویکرد به گزینه‌های پیشنهادی در این گزارش می‌تواند موجب جلوگیری از کاهش سود خالص و کاهش اشتغال در این منطقه شود. بر اساس آنچه در این گزارش آمده است و مفروضات موجود در مورد گزینه‌های پیشنهادی، با توسعه کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی و زنجیره ارزش آنها، با توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای در منطقه و با راه‌اندازی و توسعه گزینه‌های کشاورزی چندکارکردی، که در اینجا مشخصاً از گردشگری کشاورزی نام برده شده است، می‌توان کاهش سود خالص و اشتغال را به طور کامل جبران کرد.

چکیدهٔ اجرایی

اکنون به خوبی مشخص شده است که حل مسالهٔ دریاچهٔ ارومیه، که ابعاد متعدد و پیچیدهٔ اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، کشاورزی و سیاسی دارد نمی‌تواند با بهره‌گیری از رهیافت‌های تک‌بعدی و تقلیل‌گرایانه به دست بیاید. امروز به خوبی و به شدت نیاز به رویکرد اگرواکولوژیک برای مدیریت پایدار حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در همهٔ ابعاد پیش‌گفته احساس می‌شود. اگرواکولوژی مکتبی است که در آن تولید محصولات کشاورزی بر اساس قواعد، اصول و چارچوب‌های اکولوژیک صورت می‌گیرد و دو اولویت آن عبارت است از تولید کافی (دستیابی به امنیت غذایی به عنوان مهم‌ترین رسالت کشاورزی)، و ۲) حفظ پایداری منابع تولید و سلامت انسان، اکوسیستم و کلیهٔ اجزای آن. هدف پژوهش حاضر، پاسخ به این پرسش است که در چارچوب اصول توسعهٔ پایدار و اگرواکولوژی (که تبلور توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی است)، شرایط بهینه‌ای که، با محوریت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، بتواند ضمن تضمین رشد اقتصادی بخش کشاورزی، فشار بر منابع طبیعی کمیاب را کاهش داده و اثرات محیط‌زیستی کمتری داشته باشد، چیست؟

بررسی وقوع نوسانات آب‌وهوایی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و اثرات آن بر وضعیت فعلی و آتی تولید محصولات کشاورزی. برای بررسی احتمال وقوع نوسانات آب‌وهوایی در منطقه و شدت و فراوانی آن، یک مطالعه گسترده با استفاده از یافته‌های موجود و همچنین پژوهش جدید صورت گرفت. منطقه مورد مطالعه شامل ۱۹ شهرستان در پیرامون حوضه آبریز دریاچه ارومیه بود. متغیرهای اقلیمی، شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) و مجموع بارندگی (میلی‌متر) در مقیاس روزانه استفاده شد. اطلاعات مربوط به این متغیرهای اقلیمی از سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه‌های سینوپتیک در بازه‌های ۱۰، ۱۵ و ۳۰ ساله استفاده شد.

بررسی تغییرات دمای کمینه در حوضه آبریز حاکی از این است که منطقه شرقی در مقایسه با منطقه غربی سردتر شده است. به طور کلی دمای هوای کمینه در طول دوره‌های مورد مطالعه روند افزایشی داشته است، به طوری که مساحت زمین‌های زیر ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش و بالای ۹ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است. بررسی روند تغییرات دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه به وضوح بیان می‌کند که با گذشت زمان مقدار دمای بیشینه افزایش داشته است. همچنین نقشه‌های دمای بیشینه در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد که در دو دوره اول جنوب حوضه آبریز خنک‌تر از سایر نواحی بوده است، ولی رفته رفته در این نواحی دمای بیشینه افزایش یافته است، به طوری که در سال‌های پایانی، جنوب حوضه در مقایسه با شمال آن دمای بیشینه بالاتری نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر می‌توان گفت در دوره‌های اخیر با افزایش عرض جغرافیایی دمای بیشینه

کاهش یافته است. مقایسه دمای کمینه و بیشینه در طول دوره‌های مطالعه‌شده نشان می‌دهد که دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه افزایش چشمگیرتری داشته است. از طرفی دامنه تغییرات دمای بیشینه کمتر از دمای کمینه است. در نتیجه، در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه، با افزایش عرض جغرافیایی دامنه تغییرات دمایی کاهش یافته است. بررسی روند تغییرات زمانی متغیرهای آب و هوایی و شاخص خشکی نیز نشان داد که اقلیم در منطقه مورد نظر دچار تغییر شده است. به طوری که بارندگی و دماهای کمینه و بیشینه در اکثر مناطق مورد مطالعه دستخوش تغییرات شده‌اند. بارندگی در مناطق جنوبی کاهش یافته، در حالی که در مناطق شمالی افزایش یافته است. خاطرنشان می‌شود با توجه به عدم قطعیت بالای نتایج بررسی نوسانات اقلیمی، نتایج حاضر به تنهایی قابلیت کاربردی ندارد و کاربرد آنها باید با لحاظ کردن سایر مؤلفه‌ها و بررسی‌های دقیق‌تر و تفصیلی نوسانات اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه همراه باشد.

برای کمّی‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر تولید محصولات کشاورزی در حوضه آبریز از نسخه آزمون‌شده مدل APSIM تحت سناریوهای اقلیمی (RCP4.5 وRCP8.5) و مدل اقلیمی MPI-ESM-MR استفاده شد. پس از برآورد اثرات تغییر اقلیم در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۷۰ (میانه آن ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد) با رویکرد سازگاری به تغییر اقلیم، نسبت به ارائه راهکارهای اجرایی به منظور کاهش مصرف آب (با توجه به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم) و نیز افزایش بهره‌وری آب اقدام شد. به علاوه، دو گیاه کلزا و ذرت به عنوان جایگزینی مناسب در الگوی کشت فعلی معرفی و آزمون شد.

نتایج نشان داد در آینده میانگین عملکرد دانه گندم عموماً روند افزایشی به میزان ۷/۶ تا ۱۱/۳ درصد خواهد داشت. چنانچه نقش ژنوتیپ را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه گندم به مراتب بیشتر از زودرس در دوره کنونی است. در دوره زمانی ۲۰۵۰ عملکرد در هر دو گروه زودرس (تا ۶/۴ درصد) و دیررس (تا ۱۶٪) در هر دو سناریوی اقلیمی افزایشی خواهد بود. دلیل اصلی افزایش عملکرد گندم در دوره آینده نسبت به دوره کنونی، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است؛ به عبارت دیگر، به طور کلی افزایش CO_2 سرعت فتوسنتز را در گندم که گیاهی سه‌کربنه است بیشتر از افزایش طول مدت تابش تحت تاثیر قرار داده و عملکرد را افزایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که این گیاه حداقل حدود یک ماه زودتر از گندم دوره رسیدگی خود را تکمیل می‌کند و از این رو اگر عملکرد دانه کمتری هم نسبت به گندم داشته باشد، احتمال می‌رود مصرف آب به مراتب کمتری نیز داشته باشد. در مورد کلزا، نتایج نشان داد عملکرد در دوره آینده در برخی سناریوها افزایشی و در برخی دیگر کاهشی خواهد بود؛ چنانچه نقش ژنوتیپ را در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه کلزا به مراتب بیشتر از ارقام زودرس در دوره کنونی است. در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد ارقام زودرس کاهشی (۳/۲٪-) و ارقام دیررس افزایشی (۲/۳٪+) است. در مورد کلزا نیز دلیل اصلی افزایش عملکرد در دوره آینده نسبت به دوره کنونی، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است. در دوره آینده میانگین عملکرد دانه ذرت در تمامی شهرستان‌های

مورد مطالعه (جز سراب) روند کاهشی (۲۴-۱۸٪) داشت؛ چنانچه نقش ژنوتیپ را در این زمینه در نظر بگیریم، در بازه زمانی ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس کاهشی خواهد بود که میزان کاهش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود. دلیل اصلی کاهش عملکرد ذرت در دوره آینده نسبت به دوره کنونی، افزایش دما در طول دوره رشد ذرت است که باعث افزایش تنفس کانوپی، کاهش طول فصل رشد ذرت و در نهایت کاهش بیوماس و دانه خواهد شد. همچنین هم‌زمانی دوره گلدهی با دماهای بالای ناشی از تغییر اقلیم در برخی مناطق میزان باروری گرده و تشکیل دانه را کاهش داده و تاثیر قابل توجهی در کاهش عملکرد داشت.

در مورد نیاز آبی، در گندم، ارقام دیررس حدود ۵۰۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۱۰۶ مترمکعب نیاز آبی داشتند. این بدان معنی است که می‌توان با تغییر ارقام زراعی، حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار کاهش مصرف آب داشت؛ اگر این عدد در سطح زیر کشت فعلی و توصیه‌شده گندم در حوضه آبریز (بیش از ۱۵۰ هزار هکتار گندم در سه استان) ضرب شود، معادل ۱۵۰ میلیون متر مکعب کاهش مصرف آب است. در بازه زمانی ۲۰۵۰ آینده در حوضه آبریز میزان مصرف آب در کشت ذرت افزایشی بود که دلیل اصلی آن افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در طول فصل رشد بود.

نتایج مطالعات اقتصادی. نتایج بخش قبلی (نوسانات آب و هوایی و اثرات آن بر عملکرد و تولید محصولات کشاورزی حوضهٔ آبریز) نشان داد می‌توان با تغییر در ارقام و مدیریت زراعی (تاریخ کاشت، بهره‌گیری از ارقام مقاوم و جایگزینی گیاهان زراعی جدید) اثرات نوسانات آب و هوایی را کمینه کرد. نتایج این بخش در مورد گیاهان گندم و ذرت در مطالعات اقتصادی به کار گرفته شد؛ علاوه بر این، گیاه کلزا به عنوان یک گیاه جدید در منطقه که پیشینهٔ کشت گسترده ندارد به عنوان گزینه‌ای برای تناوب زراعی با گندم در نظر گرفته شد. مطالعات اقتصادی در این پروژه به دنبال پاسخ به این پرسش بود که "تحت اهداف و آرمان‌های این طرح (کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، حفظ معیشت کشاورزان و...)، و محدودیت‌های موجود، الگوی کشت بهینه در منطقه **چه باید باشد**. به عبارت دیگر، نتیجهٔ حاصل از این تحلیل، یک الگوی کشت تجویزی برای منطقه است که دستیابی به آن، نیازمند اعمال و کاربست یک مجموعه از سیاست‌ها و اقدامات عملی است. با این حال، این الگوی هنجاری، از قابلیت لازم برای تحلیل اثربخشی سیاست‌ها و اقدامات مختلف در راه رسیدن به الگوی مطلوب برخوردار نیست و لازم است آثار راهکارها و سیاست‌های پیشنهادی مختلف بر الگوی کشت، وضعیت معیشتی کشاورزان، اشتغال روستایی و مصرف آب بررسی شود. نتایج حاصل از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، در واقع پاسخ به این پرسش بود که چنانچه یک اقدام یا سیاست خاص (مثلاً کاهش مصرف آب) بهکار گرفته شود، الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان **چه خواهد شد**. اولویت کشت محصولات مختلف با توجه به شاخص‌های سودآوری، ایجاد اشتغال، مقدار آب‌بری و تولید ارزش اقتصادی آب متغیر است. بر این اساس، ابتدا یک رتبه‌بندی از محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های مختلف سودآوری، بازدهی اقتصادی

آب و همچنین مقدار اشتغال‌زایی براورد شده و سپس با لحاظ وزن اهداف مختلف (پایداری منابع آب ۵۰٪، حاشیه ناخالص تولید ۳۰٪ و اشتغالزایی ۲۰٪) یک رتبه جمعی برای محصولات مختلف محاسبه شد.

نتایج نشان داد پیاز، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را به لحاظ برخورداری از بالاترین میزان سودآوری اقتصادی دارا بوده و در مقابل جو، گندم و یونجه دارای کمترین مقدار این شاخص هستند. به لحاظ بازدهی اقتصادی آب نیز پیاز دارای بالاترین رتبه و پس از آن به ترتیب گوجه‌فرنگی و چغندر قند قرار دارد. یونجه و جو کمترین ارزش اقتصادی در مصرف آب را ایجاد می‌کنند. درشاخص اشتغالزایی زراعی نیز بالاترین اولویت‌ها مربوط به پیاز، گوجه‌فرنگی و چغندر قند است. با احتساب اوزان اهداف سیاستی و مقادیر شاخص‌های مذکور، در بین محصولات مختلف پیاز و ذرت علوفه‌ای دارای بالاترین اولویت بوده و در مقابل کمترین رتبه جمعی مربوط به جو، گندم و ذرت دانه‌ای است. اگر چه به لحاظ سهم سطح زیرکشت گندم کشت غالب محسوب می‌شود، اما از منظر مصرف آب یونجه غالب‌ترین کشت منطقه است. این موضوع از این دیدگاه مهم است که برای کاهش مصرف آب سیاست‌ها و اقدامات باید بر محصولات غالب که بخش قابلتوجهی از آب را مصرف می‌کنند متمرکز شود.

تأثیر سیاست کاهش حجم منابع آب تخصیص داده شده به بخش کشاورزی طی ۳ سناریوی الف) کاهش ۲۰٪ عرضه آب کشاورزی، ب) کاهش ۳۰ درصدی عرضه آب کشاورزی، و پ) کاهش۴۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی در منطقه میاندواب بررسی شد. در سناریوی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب، با کاهش مصرف آب (حدود ۲۰۹ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۵٪ کاهش یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۵٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۲۰٪ در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۲۲۴۲/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفه جویی ۲۰۹ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۲۸۷/۲ میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۳۷۴/۱ ریال برآورد می‌شود. در سناریوی کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب، در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۳۱۳ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان حدود ۹/۴٪ و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۱۰/۳٪ کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۹/۴٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۱۰٪ از کل اشتغال (مستقیم) کشاورزی منطقه، امکان صرفهجویی ۳۰٪ مصرف آب کشاورزی این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۴۱۱۵/۶ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفهجویی ۳۱۳/۳ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۵۲۷/۱

میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۶۸۲/۴ ریال برآورد شد. در سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، از کاهش منابع آب (حدود ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب حدود ۱۴/۴ و ۱۵/۴ درصد کاهش یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۱۴/۴ درصد از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن حدود ۱۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۴۰ درصد در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۶۳۲۰/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی صرفه جویی ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۸۰۹/۵ میلیارد ریال می‌باشد که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آب به طور متوسط حدود ۱۹۳۸ ریال برآورد شد.

تأثیر سیاست افزایش راندمان آبیاری بخش کشاورزی طی ۲ سناریوی الف) افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۴۵٪، و ب) افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۵٪ در منطقه میاندواب بررسی شد. نتایج شبیه‌سازی سناریوی اول نشان داد در صورت افزایش راندمان آبیاری به میزان ۶٪، سطح زیر کشت محصولاتی مانند یونجه، پیاز و گوجه‌فرنگی در اغلب بازه‌های مطالعاتی افزایش یافت؛ در مقابل سطح زیر کشت غلات، جالیز و حبوبات اندکی کاهش یافت؛ در واقع با افزایش راندمان آبیاری، محصولاتی که از آب بری بالاتری برخوردارند، مزیت تولیدشان اندکی بهبود می‌یابد. نتیجه اجرای این سیاست بر میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی حدود ۱۳/۳ درصد کاهش بود؛ به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۱۳/۳ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی وجود دارد. نتیجه اجرای سناریوی دوم نیز کاهش ۲۸ درصدی میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی بود؛ به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۱۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۲۸٪ مصرف آب بخش کشاورزی وجود دارد.

تأثیر سیاست محدودسازی محصولات پر مصرف در ۲ سناریوی الف) محدودسازی کشت یونجه به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی، و ب) محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی در منطقه میاندواب بررسی شد. در سناریوی کاهش ۵۰ درصدی سطح زیر کشت یونجه، حاشیه ناخالص کشاورزان ۱۱۴/۲میلیارد ریال (۲/۲ درصد نسبت به سال پایه) کاهش و میزان اشتغال اندکی (۰/۰۸ درصد) افزایش یافت. این نتایج نشان داد با کاهش ۵۰ درصدی سطح زیرکشت یونجه در منطقه میاندوآب، ۶۲/۴ میلیون مترمکعب آب در بخش کشاورزی (معادل ۵٪ از کل آب مصرفی فعلی) صرفه‌جویی می‌شود. چنانچه مقدار کاهش سوداخالص به عنوان هزینه اجرای این سیاست در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت حدود ۸۹۲/۵ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه‌جوییشده حدود ۱۸۳۱/۷ ریال برآورد شد. در سناریوی کاهش ۵۰ درصدی سطح زیر کشت چغندرقند، صرفاً امکان صرفه‌جویی ۶/۵ میلیون مترمکعب آب (۰/۶ درصد) وجود دارد؛ چنانچه مقدار کاهش سود ناخالص (۱۱۲/۸ میلیارد ریال)

به عنوان هزینه اجرای این سیاست در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت در منطقه مطالعات حدود ۸۸۰/۷ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه‌جویی‌شده حدود ۱۷۳۵۳/۸ریال برآورد می‌شود. با توجه به ارقام هزینه‌های اقتصادی (فرصت کشت از دسترفته) و مقادیر آب صرفه‌جوییشده در دو سناریوی کاهش سطح زیرکشت یونجه و چغندر قند به نصف مقدار آنها در شرایط پایه، ملاحظه می‌شود که محدودسازی کشت یونجه در منطقه میتواند راهکار موثر و کم هزینه‌تری نسبت به محدودسازی سطح کشت چغندرقند در الگوی کشت در راستای صرفه جویی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی باشد.

با توجه به جمع‌بندی نتایج مطالعات اقتصادی (جدول ۱)، در سناریوهای کاهش عرضه منابع آب بخش کشاورزی بیشترین کاهش سطح متوجه محصولاتی نظیر غلات، گیاهان علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند است. چنانچه عرضه آب بخش کشاورزی محدوده میاندوآب به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ کاهش یابد کل سطح اراضی کشاورزی این منطقه به ترتیب ۱۷، ۲۴/۵ و ۶/۴ درصد و کل بازده ناخالص فعالیت‌های زراعی و باغی منطقه به ترتیب ۵/۱، ۹/۴ و ۱۴/۴ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش می‌یابد.

جدول ۱. درصد تغییرات الگوی کشت، بازده ناخالص کشاورزان و مصرف منابع (آب و اشتغال) در میاندوآب تحت راهکارهای مختلف حفاظت از دریاچه ارومیه (منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه)

	راهکار حفاظتی ۱: کاهش تخصیص آب کشاورزی			راهکار حفاظتی ۲: افزایش راندمان آبیاری کشاورزی		راهکار حفاظتی ۳: محدودیت یا جایگزینی برخی محصولات آب‌بر	
	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۶	٪۱۶	کاهش ٪۵۰ یونجه	کاهش ٪۵۰ چغندرقند
غلات	-۳۲/۵	-۴۲/۵	-۵۸/۵	-۲/۶	-۲/۶	۶/۳	۱/۷
محصولات علوفه‌ای	-۴۷	-۶۳/۰	-۸۳/۸	۷/۵	۷/۵	-۴۹/۳	۹/۳
ذرت دانه‌ای	-۲۴	-۳۳/۷	-۴۳/۴	۴/۲	۴/۲	۱۰/۸	۶/۹
چغندرقند	-۶/۴	-۱۴/۱	-۲۲/۹	۰/۳	۰/۳	۶/۸	-۵۰
سبزیجات	۱۱/۲	۳/۳	-۷/۵	-۱/۰	-۱/۰	۸/۰	۴/۹
صیفی جات	۱۳/۱	-۵/۴	-۵/۲	-۳/۶	-۳/۶	۷/۳	۱۰
سایر زراعی	-۲/۰	-۱۰/۷	-۱۹/۶	-۲/۴	-۲/۴	۵/۳	۱۶/۲
جمع زراعی	-۲۸/۶	-۳۹/۴	-۰/۵۵	۰/۱	۰/۱	-۵/۹	-۱/۵
سیب	۰/۶	-۱/۳	-۸/۹	-۰/۱	-۰/۱	۳/۷	۲/۸
میوه‌های هسته دار	۳/۲	۰/۷	-۶/۶	-۱/۳	-۱/۳	۲/۸	۳/۷
انگور	۵/۲	۲/۸	۰/۱	-۰/۷	-۰/۷	۲/۵	۲
گردو و بادام	۰/۳	-۱/۵	-۵/۴	۰/۲	۰/۲	۲/۹	۵/۱
سایر میوه‌ها	-۳/۱	-۳/۷	-۷/۷	۲/۱	۲/۱	۷/۱	۴/۵

جمع باغات	۲/۱	۰/۱	-۵/۵	-۰/۳	-۰/۳	۳/۴	۲/۸
جمع زیرکشت کشاورزی	-۱۷/۰	-۲۴/۵	-۳۶/۴	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۲/۳۶	۰/۰۹
حاشیه ناخالص کل	-۵/۱	-۹/۴	-۱۴/۴	۰/۱۴	۰/۱۴	-۲/۲	-۲/۰
اشتغال کل کشاورزی	-۴/۹	-۱۰/۳	-۱۵/۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۸	-۰/۱۶
مقدار کل مصرف آب	-۲۰	-۳۰	-۴۰	-۱۳/۳	-۲۸	-۵/۰	-۰/۶
بازده اقتصادی آب	۲/۳	۱۱/۶	۲۳/۰۴	۱۵/۶	۳۹/۹	۴/۱۹	-۱/۴

مطالعات پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و بهینه‌سازی الگوی کشت. در بخش پیشین (مطالعات اقتصادی)، ۹ محصول زراعی، شامل گندم، جو، یونجه، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، پیاز، محصولات جالیزی، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند که در بخش پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و بر اساس آنچه در بخش پیشین جمع‌بندی شد در کنار ۲۰ محصول دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بخش اقتصادی بر اساس سناریوهای کاهش سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای یا عدم تغییر در آن در قالب سناریوی شمارهٔ ۶ (جدول ۲) اعمال گردید. برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیک، بهینه‌سازی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، اطلاعات سطح کشت و عملکرد این محصولات طی ۳۰ سال گذشته مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان تغییر در ترکیب کشت محصولات محاسبه شد. به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای تولید هر یک از محصولات زراعی و باغی، شاخص‌های مختلف خاکی، اقلیمی و گیاهی محاسبه و بر اساس آن پهنه‌های بسیار مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب برای تولید محصولات مشخص شد. برای بهینه‌سازی الگوی کشت از روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی استفاده شد؛ اهداف بهینه‌سازی الگوی کشت در این مطالعه شامل کمینه کردن مصرف آب (حداکثر ۴۰٪)، بیشینه‌سازی سود خالص و بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب بود. اهداف تعیین الگوی کشت مناسب در این مطالعه می‌باشد در این مطالعه، میزان آب قابل دسترس سالانه و ماهانه، حداکثر سطح زمین قابل کشت و نیاز دام منطقه به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد. همچنین، برای این کنترل میزان تغییر سطح زیر کشت، حداکثر سطح قابل تغییر برای هر محصول ۵۰٪ سطح کشت فعلی آن در نظر گرفته شد. نیاز آبی خالص گیاهان از نرم‌افزار Netwat استخراج شد و نیاز ناخالص آبیاری برای هر محصول بر مبنای راندمان آبیاری ۵۵٪ محاسبه گردید. همچنین، کل آب مصرفی برای هر الگو از حاصلضرب نیاز ناخالص آبیاری در سطح کشت هر محصول به دست آمد. ۹ سناریوی مختلف برای الگوی کشت بهینه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس اعمال محدودیت‌های موردنظر سیاست‌گذار (ستاد احیا دریاچه ارومیه) برای تدوین الگوی کشت بهینه و پهنه‌بندی اگرواکولوژیک به شرح جدول ۲ در نظر گرفته شد که سناریوی ۵ به عنوان سناریوی مطلوب کارفرما (محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح زیر کشت و محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب) تعیین و به مجری ابلاغ شد.

جدول ۲. سناریوهای مختلف الگوی کشت بهینه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس محدودیت‌های موردنظر سیاست‌گذار

سناریوها	توضیح
سناریو ۱	بدون محدودیت
سناریو ۲	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح
سناریو ۳	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۴	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۵	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۶	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح + محدودیت نیاز دامی
سناریو ۷	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۸	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۹	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب

بر این اساس و برای ۲۹ محصول زراعی و باغی (گندم، جو، کلزا، یونجه، لوبیا، هویج، نخود، خیار، سیر، ذرت علوفه‌ای، پیاز، سیب‌زمینی، چغندرقند، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، هندوانه، زعفران، بادام، سیب، زردآلو، انگور، شلیل، هلو، گلابی، پسته، آلو، آلبالو، گیلاس و گردو) سطح زیر کشت، مصرف آب، سود خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال در سناریوهای ۹گانه محاسبه و تعیین شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. سطح زیر کشت، مصرف آب، سود خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال در سناریوهای ۹گانهٔ تعیین‌شده توسط کارفرما (سناریوی مطلوب: سناریو ۵)

سطح زیر کشت هر محصول	وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	سناریو ۶	سناریو ۷	سناریو ۸	سناریو ۹
گندم	۱۱۹۱۴۶	۰	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳	۶۴۳۷۶	۵۹۵۷۳	۱۱۴۴۲۹	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳
جو	۳۲۰۰۳	۰	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰
کلزا	۲۴۶۴	۰	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۳۶۹۶	۱۲۳۲	۱۲۳۲
یونجه	۳۹۷۶۳	۰	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳
لوبیا	۱۵۴۰	۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۲۳۱۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۷۷۰
هویج	۱۲۳۶	۰	۱۸۵۴	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸
نخود	۴۷۰	۰	۷۰۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۷۰۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵
خیار	۹۳۶	۰	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴
سیر	۵۳۱	۱۱۵۱۷۴	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷
ذرت علوفه‌ای	۲۰۰۵	۰	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳
پیاز	۲۶۶۶	۰	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۱۳۳۳	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۱۳۳۳	۱۳۳۳
سیب زمینی	۷۹۳۵	۰	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۱۱۹۰۳	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۳۹۶۸
چغندرقند	۱۶۸۰۶	۰	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳
آفتابگردان	۴۹۴	۰	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷
گوجه فرنگی	۲۵۶۷	۰	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴
هندوانه	۴۴	۰	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶
زعفران	۳۳	۲۲۹۶۲۷	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹
بادام	۱۱۶۱۲	۰	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶

سیب	۷۲۵۰۱	۰	۱۰۸۷۵۲	۶۹۷۶۸	۳۶۷۲۳	۳۶۲۵۱	۷۱۰۰۵	۴۰۳۰۹	۳۶۲۵۱
زردآلو	۷۲۱۳	۰	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷
انگور	۳۸۳۶۲	۰	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۳۱۶۵۶	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۳۵۲۴۰
شلیل	۲۶۹۱	۴۳۰۹۴	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶
هلو	۶۱۹۶	۰	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸
گلابی	۱۳۴۹	۰	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۶۷۵
پسته	۶۳۵	۰	۹۵۳	۳۱۸	۹۵۳	۳۱۸	۳۱۸	۹۵۳	۳۱۸
آلو	۳۲۴۱	۰	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱
آلبالو	۱۵۶۳	۰	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲
گیلاس	۱۴۲۹	۰	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۷۱۵
گردو	۱۰۴۶۵	۰	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۵۲۳۳
سطح کشت	۳۸۷۸۹۵	۳۸۷۸۹۵	۳۲۸۸۴۲	۲۸۵۹۷۷	۲۵۹۴۳۹	۲۲۳۹۰۷	۳۸۷۸۹۵	۲۹۷۰۳۶	۲۶۳۳۷۱
سود خالص	۶۴۷۹۰۶	۱۱۰۶۶۸۶	۷۴۶۶۲۰	۶۲۳۳۹۶	۵۳۲۶۴۱	۴۳۶۲۲۶	۷۱۶۳۷۶	۵۶۸۲۵۱	۴۷۲۱۶۳
مصرف آب	۲۶۶۲	۱۵۸۳	۲۵۰۴	۲۱۳۰	۱۸۶۳	۱۵۹۷	۲۶۶۲	۲۱۳۰	۱۸۶۳
بهره‌وری اقتصادی آب	۰.۲۴۳	۰.۶۹۹	۰.۲۹۸	۰.۲۹۳	۰.۲۸۶	۰.۲۷۳	۰.۲۶۹	۰.۲۶۷	۰.۲۵۳
میزان اشتغال	۱۹۹۰۰۰	۳۸۷۴۰۰	۲۰۹۰۳۱	۱۷۹۱۴۳	۱۵۷۰۰۳	۱۲۶۶۰۷	۲۰۹۹۱۷	۱۷۲۷۱۸	۱۴۳۶۶۰

۱) در ستون‌های مربوط به سطح زیر کشت هر محصول زراعی: قسمت‌هایی که **به رنگ سبز** در آمده نشانهٔ افزایش سطح زیرکشت در مقایسه با وضع موجود و قسمت‌هایی که **به رنگ نارنجی** در آمده به معنای کاهش سطح زیرکشت در مقایسه با وضع موجود است.

۲) سناریوی ۵ (کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی) هدف اصلی کارفرما، ستاد احیا دریاچه ارومیه است.

۳) سود خالص به هزار دلار (دلار ۴۲۰۰۰ ریالی)، مصرف آب به میلیون متر مکعب، بهره‌وری اقتصادی آب دلار به متر مکعب و اشتغال به نفر.

نتایج نشان داد در صورتی که الگوی کشت منطقه با هدف بیشینه‌سازی درآمد خالص کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی مصرف آب، به گونه‌ای بهینه‌سازی شود که مجموع سطح کشت محصولات بدون تغییر باقی بماند و مجموع کلاس‌های تناسب اراضی S_1 و S_2 به عنوان حداکثر سطح قابل توسعه در نظر گرفته شود، در این صورت سطح کشت محصولات با درآمد خالص بالا و نیاز آبی کم، شامل جو، خیار، سورگوم، کلزا، هندوانه، هویج، گیلاس، پسته، زعفران و نخود افزایش یافته، سطح محصولات انگور، زردآلو، سیب، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و گندم کاهش یافته و سایر محصولات از الگو حذف می‌شوند.

در صورتی که علاوه بر محدودیت تناسب اراضی، حداقل سطح مورد نیاز برای تأمین نیاز دام منطقه به محصولات یونجه (۷۱۱۵۲ هکتار)، سورگوم (۳۶۳۰ هکتار) و جو؛ تامین حداقل ۵۰٪ چغندرقند مورد نیاز کارخانجات قند شهرستان‌های ارومیه، پیرانشهر، نقده و میاندوآب؛ حداقل مصرف محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه بر اساس سرانه مصرف این محصولات، حداکثر سطح قابل افزایش برای محصولات باغی با محصول فسادپذیر ۲۰٪ و برای سایر محصولات زراعی ۵۰٪ در نظر گرفته شود، نتایج بهینه‌سازی مطابق جدول ۴ خواهد شد. در این الگو، به منظور رعایت تناوب زراعی، حداکثر سطح زیر کشت زعفران (که به دلیل مصرف آب کمتر و درآمد بالاتر به عنوان اولین محصول در ترکیب کشت قرار می‌گیرد) ۵۰٪ مجموع سطح S_1 و S_2 آن در نظر گرفته شده است. در بین محصولات، زعفران و پسته به دلیل بهره وری اقتصادی بالای آب بیشترین سطح قابل افزایش را به خود اختصاص داده و سطح زیر کشت یونجه با توجه نیاز بسیار زیاد آب آبیاری کاهش پیدا می‌کند. در این سناریو، کل مصرف آب منطقه حدود ۱۴٪ (۵۰۸ میلیون متر مکعب) کاهش پیدا کرده و میزان درآمد کل منطقه حدود ۲۳٪ (۷،۵۹۲ میلیارد ریال) افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۴. سطح زیر کشت محصولات در الگوی کشت فعلی و بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه‌ای

محصول/ سطح زیر کشت (هکتار)	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت با در نظر گرفتن تناسب اراضی	الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه‌ای
گندم	۱۱۹۷۵۳	۱۱۰۷۵۸	۱۰۳۶۷۳
آفتابگردان	۵۰۳۳	–	۲۵۱۷
پنبه	۲۰۰	–	۱۰۰
پیاز	۳۷۵۸	–	۱۸۷۹
جو	۲۷۱۴۹	۵۵۳۹۳	۳۰۸۵۲
چغندرقند	۲۶۴۹۱	–	۱۷۱۸۸
خیار	۱۸۸۸	۳۳۳۵۸	۴۰۴۰
ذرت دانه ای	۲۰۷۲	–	۱۰۳۶
ذرت علوفه ای	۵۸۲۰	۳۲۱	–
سورگوم	۱۱	۸۴۴۶۶	۶۶۶۷
سیب زمینی	۹۹۲۲	–	۹۴۳۲
کلزا	۴۱۰۸	۷۴۲۰	۲۰۵۴
گوجه فرنگی	۸۱۳۶	۲۵۷۹	۴۰۶۸
لوبیا	۲۷۳۴	–	۱۳۶۷
هندوانه	۷۲۳	۲۹۱۶	۳۶۱
هویج	۴۶۲	۶۰۰	۲۳۱
یونجه	۹۵۲۰۴	–	۷۱۱۵۲
سیب	۶۹۹۳۳	۶۷۸۸۴	۵۵۹۴۶
گلابی	۱۴۸۹	–	۱۱۹۱
آلبالو	۱۷۰۳	–	۱۳۶۲
گیلاس	۱۴۸۶	۲۲۸۴۰	۲۲۲۹
آلو	۳۲۷۷	–	۲۶۲۲
هلو	۵۹۵۴	–	–
زردآلو	۷۵۵۸	۱۹۱۳	۶۰۴۶
شلیل	۲۶۷۷	–	۲۱۴۲
انگور	۳۲۲۴۹	۴۴۰۸	۳۸۶۹۸
پسته	۵۸۶	۱۷۴۶	۴۱۴۱۳
بادام	۱۱۷۹۰	–	۹۴۳۲
گردو	۹۶۷۱	–	۷۷۳۷
زعفران	۳۰	۳۳۶۳۸	۱۶۸۱۹
نخود	۷۶۴	۱۲۳۹۲	۳۸۲

نتایج مطالعات کشاورزی چندکارکردی و گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک. ظرفیت‌های فراوان، گوناگون، گسترده و جذاب گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارد که می‌تواند به عنوان کشاورزی چندکارکردی در این منطقه برای جبران کاهش درآمد، اشتغال و سودآوریِ ناشی از کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی به کار رود.

بر اساس نقشه راه و مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران که توسط مرکز ملی مطالعات راهبردی آب و کشاورزی در سال ۱۳۹۷ تدوین شد، چند روستای منتخب در حوضه آبریز بر پایهٔ جاذبه‌های گردشگری و شاخص‌های هفت‌گانه مدل مفهومی و معیارهای نقشهٔ راه انتخاب شد که عبارتند از روستای گل؛ تالاب سیرانگلی در شهرستان نقده در آذربایجان غربی (قرار داشتن در محدوده تالاب سیرانگلی، مجاورت به جادهٔ ارومیه- میاندوآب، زیستگاه مناسب زمستانگذرانی، تغذیه، زادآوری و محل استراحت بسیاری از پرندگان آبزی و کنار آبزی نظیر فلامینگو، قو، انواع مرغابی، وضعیت مناسب روستا از نظر همبستگی اجتماعی)؛ روستای یوسفآباد در منطقهٔ قوریگل، آذربایجان شرقی (حاشیه منطقه زیبای قوریگل در ۳۰ کیلومتری شهر تبریز در مسیر جادهٔ ترانزیت تبریز- تهران، روستای پیشرو منطقه در زمینه توسعه کشاورزی ارگانیک با مزیت بالا برای گردشگری کشاورزی، تناسب ساختار اجتماعی روستا با مقولهٔ گردشگری به دلیل نزدیکی به مسیر ترانزیت تبریز و برخورداری از خانه‌های بوم‌گردی) و روستاهای مستقر در منطقه باستانی تکاب (حوزهٔ تکاب یکی از مناطق مستعد و دارای ظرفیت فراوان برای گردشگری طبیعی، گردشگری تاریخی و گردشگری کشاورزی است). هزینهٔ اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس جدول ۵ براورد شده است.

گیاهان دارویی بهطور متوسط نسبت به سایر محصولات زراعی کمآببر هستند و میتوان با شناسایی گروههای کمآببر و متناسب با اقلیم آنها، از این گروه بهعنوان جایگزینی برای اشتغال و معیشت پرآببر در حوزه کشاورزی استفاده کرد. با توجه به شرایط ویژهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه و معیشت کشاورزان و جوامع روستایی و تلاش برای رفع موانع و شکستهای زنجیره، میتوان با تکیه بر مردم و کمک به بخش خصوصی و استفاده از توان و ظرفیت آنها، بهبود فرآیند تولید و سایر بخشهای زنجیره ارزش گیاهان دارویی به سمت تغییر کشت بخشی از کشتهای پرآببر در این حوضه آبریز و حرکت به سمت گونهها و ارقام کمآببر گیاهان دارویی پیش رفت، بهویژه اینکه بازار روبه رشد گیاهان دارویی در داخل و خارج از کشور نشانهٔ مثبت و چشمانداز امیدوارکنندهای برای امکان و اقتصادی بودن توسعهٔ زنجیرهٔ تولید و زنجیرهٔ ارزش گیاهان دارویی است. در طرح ملی گیاهان دارویی، گونههای منتخب در مناطق مختلف کشور جانمایی و امکانسنجی تولید، فراوری و ایجاد زنجیرههای ارزش شدهاند؛ بر این اساس، کشور از نظر اقلیمی و توانمندیهای فنی و اقتصادی به ۹ قطب تقسیم شده است و گیاهان دارویی مناسب برای هر قطب شناسایی و تعیین شده است که بر این اساس گیاهان دارویی

که مناسب حوضه آبریز دریاچه ارومیه شناسایی و تعریف شده‌اند عبارت است از: گل محمدی، کدوی تخم کاغذی، مرزه، ترخون، آویشن و بابونه.

جدول ۵. جدول هزینه‌های اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

شرح	هزینه (ریال)	درصد
۱) شناخت وضعیت، بهرسانی زنجیره، استقرار سامانه و پهنهبندی	۴۲۰/۰۰۰/۰۰۰	۴
۲) استقرار سیستم مدیریت یکپارچه و آگاهیبخشی و استقرار استارتاپها	۱/۸۰۱/۱۰۰/۰۰۰	۲۰
۳) تطبیق اطلاعات و ارتقای برنامه اقدام گردشگری	۶۶۳/۰۰۰/۰۰۰	۷
۴) برنامههای آموزشی در سطوح ۴ گانه	۳۱۸/۰۰۰/۰۰۰	۴
۵) فعالسازی سایتهای گردشگری کشاورزی	۵/۵۱۳/۰۰۰/۰۰۰	۵۷
۶) ارزیابی، سازماندهی محلی برای تثبیت و توسعه	۶۱۴/۰۰۰/۰۰۰	۶
۷) مشاوران و متخصصان	۲۱۵/۰۰۰/۰۰۰	۲
جمع کل هزینه	**۹/۵۴۴/۱۰۰/۰۰۰**	**۱۰۰**

منبع: مهدوی دامغانی (۱۳۹۷)

توسعه کشت گلخانه‌ای یکی از مناسب‌ترین راهکارها برای غلبه بر چالش‌های بنیادین کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. این سامانه‌های مکانیزهٔ کشاورزی آب اندکی مصرف می‌کنند و علاوه بر آن کارایی مصرف آب بالایی نیز دارند که آنها را برای کشاورزی در این حوضه و اهداف پروژه حاضر بسیار مناسب و کارآمد می‌سازد، زیرا از یک طرف، کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ناگزیر از کاهش جدی «مقدار» مصرف آب است و از سوی دیگر برای پایداری اقتصادی و اجتماعی کشاورزی باید ضرورتاً «کارایی» اقتصادی آب مصرفی بالا باشد که هر دوی این قیود در سامانه‌های گلخانه‌ای محقق می‌شود. در حالی که تولید گوجه‌فرنگی در مزارع باز در کشور به طور متوسط با تولید هر کیلوگرم محصول ۲۳۴ لیتر آب مصرف می‌کند، این عدد در گلخانه‌های مکانیزه با مدیریت مناسب به ۴۰ لیتر کاهش می‌یابد. سایر مزیت‌های مهم سامانه‌های گلخانه‌ای که آنها را گزینه‌ای پایدار و اگرواکولوژیک برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه مطرح می‌کند عبارتند از: ضریب اشتغال‌زایی آنها بالاست که می‌تواند چالش اصلی منطقه را حل کند، به دلیل تولید بالا قابلیت ایجاد زنجیره‌های ارزش و تامین را دارند (برخلاف سامانه‌های سنتی و معیشتی منطقه که به دلیل بهره‌وری پایین و فقدان زیرساخت‌های ضروری فنی فاقد ظرفیت برای ایجاد زنجیره ارزش و زنجیره تامین هستند)، و آلودگی و آلایندگی محیط‌زیستی آنها پائین و آلایندگی موجود آنها با توصیه‌های فنی اگرواکولوژیک قابل مهار است و می‌توانند وضعیت اجتماعی و اقتصادی منطقه را به شکلی قابل توجه بهبود بخشند.

***

نتایج پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه تحت سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی این حوضه در جدول نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که با در نظر گرفتن قیودِ الف) کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، ب) بیشینه‌سازی سود خالص، پ) بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب، و ت) بیشینه‌سازی اشتغال، چنانچه مقرر باشد مصرف آب بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۴۰ درصد کاهش یابد این امر در پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و با یک الگوی کشت مبتنی بر اصول اگرواکولوژی مستلزم کاهش ۳۳ درصدی سود خالص، کاهش ۱۲ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب و کاهش ۳۷ درصدی اشتغال بخش کشاورزی همراه خواهد بود.

جدول ۶. اثرات سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه بر سطح زیر کشت، سود خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال در این حوضه (یافته‌های تحقیق)

	فعلی	کاهش ۴۰٪ مصرف آب	تغییر (٪)
سطح زیر کشت (هکتار)	۳۸۷۸۹۵	۲۲۳۹۰۷	-٪۴۲
سود خالص (هزار دلار)	۶۴۷۹۰۶	۴۳۶۲۲۶	-٪۳۳
بهره‌وری اقتصادی آب (USD/m^3)	۰/۲۴۳	۰/۲۷۳	+٪۱۲
اشتغال (نفر)	۱۹۹۰۰۰	۱۲۶۶۰۷	-٪۳۷

مطالعات و آنالیزهای گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک در این قرارداد برای جبران این کاهش سود خالص و اشتغال در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد رویکرد به گزینه‌های پیشنهادی در این گزارش می‌تواند موجب جلوگیری از کاهش سود خالص و کاهش اشتغال در این منطقه شود. بر اساس آنچه در این گزارش آمده است و مفروضات موجود در مورد گزینه‌های پیشنهادی، با توسعه کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی و زنجیره ارزش آنها، با توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای در منطقه و با راه‌اندازی و توسعه گزینه‌های کشاورزی چندکارکردی، که در اینجا مشخصاً از گردشگری کشاورزی نام برده شده است، می‌توان کاهش سود خالص و اشتغال را به طور کامل جبران کرد (جدول ۷).

جدول ۷. راهکارهای جایگزین پیشنهادی برای جبران کاهش اشتغال ناشی از سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (یافته‌های تحقیق)

راهکار پیشنهادی پروژه	اشتغال پایدار مستقیم (نفر)
۳۰۰۰ هکتار گلخانه	۳۰۰۰۰

۱۲۰ هزار نفر گردشگر کشاورزی	۱۵۰۰۰
۱۵ هزار هکتار گیاهان دارویی	۳۰۰۰۰
جمع کل اشتغال‌زایی	**۷۵۰۰۰**

اگر بپذیریم هر هکتار گلخانه ۱۰ اشتغال مستقیم ایجاد می‌کند (با صرف‌نظر کردن از اشتغال غیر مستقیم)، و با در نظر گرفتن این که هر ۸-۶ گردشگر موجب ایجاد ۱ شغل مستقیم پایدار می‌شود (بدون در نظر گرفتن این واقعیت که هر شغل مستقیم در صنعت گردشگری موجب ایجاد ۱/۵ شغل غیر مستقیم نیز می‌شود؛ مجمع جهانی اقتصاد، ۲۰۱۹) و ظرفیت فعلی گردشگری کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با کمترین براوردها ۱۲۰ هزار نفر بدانیم (در حال حاضر و بدون در نظر گرفتن گردشگران میلیونی تبریز و ارومیه، سالانه فقط به طور میانگین ۷۰-۶۰ هزار نفر گردشگر داخلی و ۵ هزار نفر گردشگر خارجی با هدف بازدید از تختسلیمان به تکاب وارد می‌شوند) و اگر هر هکتار کشت گیاهان دارویی به همراه زنجیره‌های ارزش آن فقط ۲ شغل ایجاد کند (براورد سطح پائین)، آنگاه با احداث ۳ هزار هکتار گلخانه، ۱۵ هزار هکتار کشت گیاهان دارویی و سرمایه‌گذاری برای توسعه گردشگری کشاورزی می‌توان کل کاهش اشتغال ناشی از کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را جبران کرد.

ذکر سه نکته در این جا ضروری است. یکم، هم توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای، هم گسترش گردشگری کشاورزی و روستایی و هم توسعه کشت گیاهان دارویی سازگاری کامل و بالایی با اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌های ستاد احیاء دریاچه ارومیه و برنامه‌ها و سیاست‌های کلان نظام جمهوری اسلامی دارند که بارها مورد تاکید مسئولان بوده است. دوم، هر ۳ حوزهٔ مورد اشاره (سامانه‌های گلخانه‌ای، گردشگری کشاورزی و کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی) کاملاً مورد استقبال سرمایه‌گذاران بخش خصوصی است؛ در این زمینه کافی است ستاد احیا و سایر نهادهای حاکمیتی و قانون‌گذاری شرایط را برای ورود سرمایه‌گذاران و ذینفعان به این عرصه فراهم کنند. نکته سوم که اهمیتی فراتر و فزون‌تر از ۲ نکته پیشین دارد این که هر ۳ راهکار پیشنهادی مورد پذیرش و خواست کامل جامعه محلی و ذینفعان بخش کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه است و بی‌تردید کاربست این راهکارها، به شرط در نظر گرفتن مصالح و منافع جوامع محلی، با کمترین مقاومت و اصطکاک اجتماعی روبرو خواهد بود.

جستارگشایی

اکنون، و پس از گذشت چند سال از آغاز فعالیت‌های اجرایی دانش‌بنیان و پژوهش‌محور ستاد احیاء دریاچه ارومیه، به خوبی مشخص شده است که حل مسالهٔ دریاچهٔ ارومیه، که ابعاد متعدد و پیچیدهٔ اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، کشاورزی و سیاسی دارد نمی‌تواند با بهره‌گیری از رهیافت‌های تک‌بعدی و تقلیل‌گرایانه به دست بیاید. اکنون به خوبی آشکار شده است که نسخه‌های خطی، نظیر توقف کشاورزی یا انتقال آب، به تنهایی گره‌گشا نبوده و بر پیچیدگی و مشکلات کار می‌افزایند؛ به سخن دقیق‌تر امروز بر همه روشن شده است که بسیاری از راهکارها در واقع یا اساساً مشکل را نفهمیده بودند و یا مناسب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نبوده‌اند. امروز به خوبی و به شدت نیاز به «رویکرد اگرواکولوژیک» برای مدیریت پایدار حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در همهٔ ابعاد پیش‌گفته احساس می‌شود.

***

با توجه به محدودیت منابع و افزایش روز افزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای غذا، بهره‌برداری بهینه از منابع یک ضرورت است که ریشه در افزایش جمعیت بشر از یک طرف و کاهش سطح زمین‌های قابل کشت از طرف دیگر دارد. روند بهره‌گیری از محیط زیست در چند دهه اخیر نشان‌دهنده از بین رفتن منابع به دلیل استفاده نادرست از آن‌ها بوده است و چنان‌چه این روند ادامه داشته باشد در آینده‌ای نه چندان دور با تشدید بحران ناامنی غذایی مواجه خواهیم شد. منابع زمینی و نحوه‌ی به‌کارگیری آن‌ها دغدغه اصلی بهبود امنیت غذایی در جهان هستند.

سطح زیر کشت جهانی طی ۵۰ سال گذشته ۱۲٪ افزایش یافته است، در حالی که تولیدات کشاورزی ۲/۵ تا ۳ برابر شده که این مسئله مرهون افزایش قابل توجه عملکرد گیاهان زراعی اصلی است؛ هرچند دستاوردهای جهانی در تولید غذا در برخی مناطق با افت کمّی و کیفی منابع آب و خاک همراه بوده است (فائو، ۲۰۱۳). بر همین اساس، کاربرد یک روش علمی جهت به‌کارگیری مطلوب و مطابق با توان مزارع به منظور بیشینه‌سازی عملکرد و حفظ پایداری تولید امری گریزناپذیر است.

اگرواکولوژی[1] مکتبی است که در آن تولید محصولات کشاورزی بر اساس قواعد، اصول و چارچوب‌های اکولوژیک صورت می‌گیرد. دو اولویت اگرواکولوژی عبارت است از ۱) تولید کافی (دستیابی به امنیت غذایی به عنوان مهم‌ترین رسالت کشاورزی)، و ۲) حفظ پایداری منابع تولید و سلامت انسان، اکوسیستم و کلیهٔ اجزای آن. بنابراین، مهم‌ترین وجه تمایز اگرواکولوژی با کشاورزی رایج در تاکید اگرواکولوژی بر پایداری منابع و سلامت انسان و محیط است، این در حالی است که کشاورزی رایج صرفاً بر افزایش تولید تاکید دارد. علاوه بر این، رهیافت‌های کشاورزی رایج عمدتاً بر محور «بیشینه‌سازی

1- Agroecology

بهره‌برداری از منابع» استوار است، در حالی که محوریت اگرواکولوژی «بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع» یا همان **بهره‌وری** است. بر همین اساس، کلیه فعالیت‌های اگرواکولوژی معطوف به افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف منابع است. ارزیابی تناسب اراضی با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک ابزار مناسب می‌تواند کمک قابل‌توجهی در تعیین پهنه‌های مطلوب کشت یک گیاه زراعی باشد. هنگامی که از رویکرد اگرواکولوژیک صحبت می‌کنیم، مشخصاً به این موارد تاکید داریم:

- ✓ در این رهیافت، کلیهٔ سطوح، از مقیاس مزرعه تا نظام زراعی و چشم‌انداز کشاورزی و حوضهٔ آبریز مورد توجه و آنالیز قرار می‌گیرد؛
- ✓ در این رهیافت، علاوه بر توجه و تاکید بر بهره‌وری و **تولید** (که باید تاکید باشد)، بر **ثبات، پایداری** و **عدالت اجتماعی** نیز تاکید می‌شود. بنابراین این رهیافت، بر خلاف رهیافت کشاورزی رایج که فقط متکی بر یک ستون به نام تولید است، بر ۴ ستونِ تولید، ثبات عملکرد، پایداری اکولوژیک و برابری اجتماعی استوار است.

به عبارت دیگر، در رهیافت اگرواکولوژیک، سامانهٔ کشاورزی زمانی پایدار است که از ۶ مولفه (ستون) برخوردار باشد: "از نظر اقتصادی سودمند، از بعد سیاسی قابل قبول، از منظر فناوری کشاورزی بوم‌سازگار، از بعد مدیریتی قابل اجرا، از نظر زیست‌محیطی سالم و از بعد اجتماعی نیز قابل پذیرش و پایا باشد" (مهدوی دامغانی، ۱۳۸۴). رهیافت اگرواکولوژیکی در این پروژه به عنوان اساس کار تیم اجرایی در نظر گرفته شده به این مفهوم است که برای اجرای «پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه» که مورد درخواست ستاد بوده است، ابتدا آنالیز اگرواکوسیستمی صورت می‌گیرد که طبق تعریف، ما نظام کشاورزی منطقه را نه به عنوان صرفاً بخشی اگروتکنیکال، بلکه پیوستاری از ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در نظر می‌گیریم.

در مراحل اجرای کار، تیم اجرای این پروژه به ۲ نکته اصرار داشته و تاکید ورزیده است:

۱) در این پروژه قرار نبود چرخ از ابتدا اختراع شود؛ تیم مجری بنا نبود پژوهشگر صِرف در این پروژه باشد: اطلاعات و داده‌های فراوانی توسط ستاد در سال‌های گذشته تولید شده است که از آنها، پس از اعتبارسنجی و واسنجی در تحلیل‌ها و مباحث استفاده شد (به عنوان نمونه؛ در بخش مطالعات نوسانات اقلیمی، اطلاعات بخش ۴-۳ : کمّی کردن نوسان‌های اقلیمی سالانه؛ بخش ۵-۳: بررسی گیاهان جایگزین در منطقه، بخش ۴: بررسی وضعیت اگرو اقتصادی حوضه؛ بخش ۵: تعیین شرایط بهینه با توجه به بالاترین درآمد خالص). هر جا و در هر حوزه که اطلاعات کافی وجود نداشت (در مباحث

مختلف الگوی کشت، تغییر اقلیم، مدل‌های رفتاری ذینفعان، مدل مفهومی مشارکت جامعهٔ مدنی، ...)، پس از آنالیز خلأ توسط تیم، پژوهش‌های تکمیلی طراحی و اجرا شده است.

۲) در این پروژه قرار نیست فقط نسخه‌نویسی و نظریه‌پردازی صرف شود؛ کل این پروژه دارای ۳ فاز است؛ در فاز نخست (مجموعه حاضر) ضمن مطالعهٔ مجموعه فعالیت‌های انجام‌شده در مجموعهٔ ستاد احیاء و انجام پژوهش‌های تکمیلی (فقط در صورت نیاز)، یک تحلیل اگرواکولوژیک ارائه شده است. بنابراین خروجی فاز اول پروژه عبارت است از تدوین بستهٔ راهکارهای اگرواکولوژیک در طراحی الگوی کشت و مدیریت پایدار آب و مدیریت ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی. فازهای دوم و سوم این پروژه، اجرا و نظارت بر حسن اجرای نسخه‌ای خواهد بود که در فاز اول به دست آمده و به ستاد ارائه شده است. به عبارت دیگر، تیم راهبری این پروژه در فاز دوم قرار است در یک پایلوت، که با هماهنگی ستاد احیاء دریاچه ارومیه انتخاب می‌گردد ضمن به‌کارگیری یافته‌ها و دستاوردهای فاز اول این پروژه و همچنین مجموعه اطلاعات و داده‌های موجود در ستاد، در تصمیم‌سازی‌ها یاریگر و پشتیبان ستاد باشد. در فاز سوم نیز تیم مجری به عنوان ناظر و پایش‌کنندهٔ اجرای صحیح دستاوردها و برنامهٔ اجرایی عمل خواهد کرد.

ساختار گزارش نهایی

گزارش نهایی این پروژه در ۸ فصل و بر اساس هفت بند اصلی شرح خدمات تنظیم و ندوین شده است. این ۷ بند به شرح زیر است:

۱- کمّی کردن وضعیت آگروکلایمت حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۲- بررسی وضعیت اگرواکولوژیکی و تناسب بهره‌وری موضوعات کشاورزی

۳- تخمین اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در حوزه آبریز دریاچه ارومیه

۴- بررسی وضعیت اگرواقتصادی حوضه به منظور تعیین هزینه و درآمد خالص محصولات کشاورزی

۵- تعیین شرایط بهینه با توجه به بالاترین درآمد خالص با در نظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب

۶- شناسایی محصولات جایگزین کشاورزی با توجه به شرایط تعیین شده با هدف کاهش وابستگی به آب

۷- تعیین گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، و

۸ – نتیجه‌گیری و جمع‌بندی دستاوردها

در گزارش نهایی تلاش شده است مطالب ارائه‌شده دقیقاً منطبق بر همان ترتیب ارائه‌شده در شرح خدمات باشد. با این حال، گاه تسلسل مطالب و دیگر ضرورت‌ها ایجاب کرد تا برخی مطالب در فصول دیگری از گزارش نهایی قید شوند.

۱

کمّی کردن وضعیت اگروکلایمت حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

۱-۱ مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک برای تبیین جامع‌نگر وضعیت تغییرات هر یک از بخش‌ها

شاخص‌های زراعی-اقلیمی که منشأ دمایی دارند، همانند درجه روز رشد[۱]، واحد هلیوترمال[۲]، واحد نوری دمایی[۳]، شاخص نوری دمایی[۴]، کارایی مصرف واحد هلیوترمال[۵] و کارایی مصرف دما[۶] برای بررسی فنولوژی گیاهان و اندازه‌گیری رشد و عملکرد محصول استفاده می‌شوند. از آنجا که مرحله فنولوژیک رشد در هر سال ثابت نبوده و ممکن است بـا تقویم زمانی ثابت قابل ارائه نباشد، بنابراین استفاده از تقویم حرارتی می‌تواند برآورد دقیق‌تری را از مراحل فنولوژیک رشد ارائه دهد. شاخص حرارتـی که با واحد درجه روز رشد بیان شده و مبین تجمع حرارت برای رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژیک رشد است به طور گسترده‌ای در مطالعات مربوط به بررسی روابط اگروکلایمت در مناطق مختلف استفاده می‌شود (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از شاخص حرارتی در هر اقلیم و در هر مقیاس زمانی امکان‌پذیر است. ایـن شاخص در موضوعات کشـاورزی، منابع طبیعی، حشره‌شناسی و حتـی صنعت گردشگری نیـز کاربرد دارد. بـا ایـــن شاخص می‌توان پاسخ و واکنش فنولوژیک گونه‌های مختلف زراعی و باغی را در سامانه‌های کشاورزی بررسی و با الگوبرداری از آن نسبت بـــه کشت و استقرار گیاهان زراعی مختلف در شرایط اقلیمی مناسب اقدام و زمان برداشت گیاه را با دقت بالایی پیش‌بینی کرد.

همه مراحل نموی را می‌توان با استفاده از درجه روز رشد دقیق‌تر از تقویم زمانی مطالعه نمود. درجه روز رشد به‌منظور ارتباط بین مدت رشد و درجه دما پیشنهاد شده است. این شاخص بر این پایه

1- Growth degree days (GDD)
2- Heliothermal unit (HTU)
3- Photothermal unit (PTU)
4- Photothermal index (PTI)
5- Heliothermal use efficiency (HTUE)
6- Thermal use efficiency (TUE)

استوار است که یک ارتباط مستقیم و خطی بین دما و رشد وجود دارد. بر همین اساس و از دیرباز تاثیر دما بر فنولوژی و عملکرد محصول از راه درجه روز رشد تجمعی گزارش شده است. شاخص‌های زراعی-اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژی توسط امگین (۲۰۱۱) در برنج، کومار و همکاران (۲۰۱۴) در گندم و ماش و ورتینگتون و هاچینسون (۲۰۰۵) در سیب‌زمینی بررسی شده‌اند.

برای درک بیشتر مبانی فیزیولوژیکی عملکرد گیاهان زراعی نیاز به بررسی کمّی مولفه‌های رشد جامعه

گیاهی است. مجموع روش‌هایی که به‌منظور بررسی کمّی این مولفه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به آنالیز رشد گیاهان زراعی[1] معروف است. از متداول‌ترین شاخص‌هایی که توسط پژوهشگران مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص را نام برد. شاخص‌های زراعی- اقلیمی، خاکی، گیاهی و هیدرولوژیک با استفاده از فرمول‌های زیر اندازه‌گیری می‌شوند:

درجه روز رشد (GDD)

$$GDD = \Sigma n\ [(T_{max} + T_{min})/2] - T_b$$

که در آن GDD درجه روز رشد، n تعداد روزهای رشد، T_{max} بیشینه دمای روزانه، T_{min} کمینه دمای شبانه وT_b دمای پایه (درجه سلسیوس) است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

واحد هلیوترمال (HTU)

$$HTU = \Sigma GDD \times \text{Duration of sun shine hours}$$

برحسب ساعت در درجه روز رشد و Duration of sun shine hours تعداد ساعت آفتابی است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

کارایی مصرف واحد هلیوترمال (HTUE)

$$HTUE = Yield / HTU$$

برحسب کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد است که در آن Yield عملکرد گیاه زراعی (کیلوگرم در هکتار) است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

1- Crop growth analysis

کارایی مصرف دما (TUE)

$$TUE=Yield/\Sigma GDD$$

بر حسب گرم ماده خشک در متر مربع در درجه روز رشد و کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد، Yield عملکرد ماده خشک بر حسب گرم در متر مربع و یا عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

واحد نوری دمایی (PTU)

$$PTU=\Sigma GDD\times Day\ length$$

بر حسب ساعت در درجه روز رشد، Day length طول روز بر حسب ساعت است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

شاخص نوری دمایی (PTI)

$$PTI=\Sigma GDD/Growth\ days$$

بر حسب درجه روز رشد در روز، Growth days تعداد روز در هر مرحله رشد است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

شاخص‌های رشدی که برای آنالیز رشد گیاهان زراعی استفاده می‌شوند نیز با بهره‌گیری از روابط زیر محاسبه خواهند شد:

سرعت رشد اندام هوایی (HGR)

$$HGR1=(1/GA)\ (H2-H1)/(T2-T1)$$

برحسب گرم در روز در مترمربع، H1 و H2 به ترتیب وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان T1 و T2 و GA سطح زمین پوشیده شده توسط گیاه است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

سرعت رشد محصول (CGR)

$$CGR3= (1/GA) (W2-W1)/(T2-T1)$$

برحسب گرم در روز در مترمربع، W1 و W2 به ترتیب وزن خشک گیاه در زمان T1 و T2 (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰).

سرعت رشد نسبی گیاه (RGR)

$$RGR4= (lnW2-lnW1)/(T2-T1)$$

که برحسب گرم بر گرم در روز محاسبه می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰).

به عنوان نمونه، در جدول ۱ کاربرد شاخص درجه روز رشد (GDD) و در جدول ۲ واحد هلیوترمال برای مطالعه مراحل مختلف فنولوژی (فنوفازی) و آنالیز رشد سیب‌زمینی نشان داده شده است.

جدول ۱ مدت و درجه روز رشد مورد نیاز در مراحل مختلف فنولوژی برخی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی (دارابی، ۱۳۹۶)

نژادگان Genotype	رشد و گسترش جوانه‌ها Sprout development		رشد سبزینه‌ای Vegetative growth		ژوخه‌زایی Tuber initiation		حجیم شدن ژوخه Tuber bulking		مجموع Total
	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD
397082-10	361	19	205.1	15	158	15	705.3	87	1429.4
خاوران Khavaran	330.2	17	214.9	15	155.3	15	729	89	1429.4
سانته Sante	330.2	17	214.9	15	155.3	15	729	89	1429.4
جاوید Javid	317.1	16	219.5	15	150	15	724.8	90	1429.4
397031-7	345	18	211.2	15	154.5	15	718.7	88	1429.4

جدول ۲ ساعت‌های آفتابی و واحد هلیوترمال (ساعت‌های آفتابی در درجه روز رشد) مورد نیاز در مراحل مختلف فنولوژی برخی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی (دارابی، ۱۳۹۶)

نژادگان Genotype	رشد و نمو جوانه‌ها Sprout growth and development		رشد سبزینه‌ای Vegetative growth		ژوخه‌زایی Tuber initiation		حجیم شدن ژوخه Tuber bulking		مجموع Total
	BSH	HTU	BSH	HTU	BSH	HTU	BSH	HTU	HTU
397082-10	9.23	3332.03	7.71	1581.32	6.26	1218.18	4.95	3491.24	10734.9
Khavaran خاوران	9.11	30008.1	7.80	1676.22	7.49	1211.34	4.87	3550.22	10734.9
سانته Sante	9.11	30008.1	7.80	1676.22	7.49	1211.34	4.87	3550.22	10734.9
جاوید Javid	9.03	2663.41	7.89	1731.86	7.99	1198.50	4.85	3602.58	10734.9
397031-7	9.18	3167.10	7.73	1632.58	6.98	1194.29	4.90	3521.63	10734.9

شاخص‌های گیاهی

سبزینگی گیاه تابعی از موارد متعددی است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- ✓ میزان سطح برگ
- ✓ مواد و ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه
- ✓ هندسه تاج پوشش
- ✓ میزان کلروفیل موجود در گیاه

شاخص‌های سبزینگی مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی هستند که برای برآورد میزان فتوسنتز، به عنوان عامل اصلی آگاهی از وضعیت گیاه، استفاده می‌شود. در شاخص‌های سبزینگی، شاخص‌های ابرطیفی معمولاً برای استفاده از داده‌های اسپکترومتری زمینی، هوایی و ماهواره‌ای به کار برده می‌شود که از آنها به طور گسترده‌ای در مطالعات در مقیاس منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی و در سطح حوضه آبخیز و چشم‌انداز استفاده می‌شود. این شاخص‌ها برای مطالعه سنجش سلامت گیاه در زمین‌های زراعی و برآورد تولید محصول نیز بسیار مفید و کاربردی است. به عبارت دیگر از این شاخص‌ها برای مطالعه و مدیریت سامانه‌های کشاورزی و آنالیز آنها به همراه تغییراتی که در بازه‌های زمانی مختلف می‌توانند داشته باشند استفاده می‌شود.

بسیاری از شاخص‌های ابرطیفی گیاه، مانند شاخص‌های چند طیفی از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده نموده‌اند که در بازه ۶۹۰ تا ۷۴۰ نانومتر است. این بازه بازه‌ای است که در آن به واسطه وجود کلروفیل در گیاه، بیشترین جذب و بازتاب امواج الکترومغناطیسی در رفتار طیفی گیاه ایجاد می‌شود. باند مادون قرمز نزدیک در مقایسه با باند قرمز از طول موج و میزان نفوذ بیشتری برخوردار است، درنتیجه اطلاعات بیشتری را در ارتباط با ترکیبات و ساختارهای درونی گیاه در اختیار کاربران قرار می‌دهد. استفاده از باند قرمز (لبه قرمز) امکان شناسایی بسیاری از تغییرات کوچک در پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد. با توجه به این که در سنجش از دور ابرطیفی این شناسایی با دقت بیشتری صورت می‌گیرد، لذا راحت‌تر و دقیق‌تر می‌توان تغییرات ایجادشده در پوشش‌های گیاهی را مدل‌سازی نمود.

مهم ترین شاخص‌های گیاهی طیفی و ابرطیفی که در مطالعات بررسی‌های اگروکلایمت به کار می‌آیند و در پژوهش‌ها کاربرد گسترده‌تر و عملیاتی دارند عبارتند از (احراری، ۱۳۹۵):

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی Normalized Difference Vegetation Index

این شاخص (NDVI) شاخص گرافیکی ساده‌ای است که در تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های سنجش از دور و ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی یک منطقه کاربرد دارد. مهم‌ترین کاربردهای این شاخص در مطالعه رفتار زمانی پوشش گیاهی، مدل‌سازی آب و هوایی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی در سطح جهانی، پایش محصولات کشاورزی، مطالعات بیابان‌زدایی و خشکسالی، حفاظت محیط زیست، بررسی تعادل میزان انرژی و آب در سطح جهانی است (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹).

دامنه تغییرات این شاخص بین ۱+ و ۱- است: مقادیر منفی (اعداد نزدیک به ۱-) نشان‌دهنده پهنه‌های آبی است. مقادیر نزدیک به صفر (بین ۰،۱- تا ۰،۱+) معمولاً نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی است. مقادیر پایین و مثبت شاخص (حدود ۰/۲ تا ۰/۴) نشان‌دهنده پوشش درختچه‌ای و علفزار و مقادیر بالای این شاخص (اعداد نزدیک به ۱+) نشان‌دهنده جنگل‌های بارانی مناطق گرم و استوایی است. تهیه اطلاعات مربوط به شاخص‌های پوشش گیاهی در مقیاس جهانی از سال ۱۹۸۱ و به کمک داده‌های رادیومتر پیشرفته با وضوح بسیار بالا (AVHRR) ماهواره اداره ملی اقیانوسی و جوی NOAA امکان‌پذیر شد. بعدها به کمک ماهواره‌هایی با قدرت تفکیک پایین‌تر و سنجنده‌های توسعه‌یافته‌تری مانند VEGETATION ماهواره اسپات و سنجنده تابش‌سنج طیفی تصویربرداری با

وضوح متوسط ماهواره ترا (MODIS) تهیه اطلاعات مربوط به شاخص‌های پوشش گیاهی برای سطوح جهانی و ملی توسعه بیشتری یافت. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$NDVI_{MODIS} = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} = \frac{Band2-Band1}{Band2+Band1}$$

شاخص Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index (MCARI)

این شاخص برای برآورد فراوانی کلروفیل در گیاه استفاده می‌شود. این شاخص در سال ۲۰۰۰ برای کاهش میزان خاک پس‌زمینه و سطوح غیر فتوسنتزی تصحیح شده است و از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MCARI = [(\rho_{700} - \rho_{670}) - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550})] * (\rho_{700}/\rho_{670})$$

شاخص Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index Improved (MCARI2)

این شاخص مانند شاخص MCARI است، با این تفاوت که برآورد شاخص سطح برگ را بهتر انجام می‌دهد. در این شاخص از ضریب فاکتور تعدیل خاک استفاده شده و در عین حال حساسیت آن نسبت به شاخص سطح برگ حفظ و در برابر اثر کلروفیل مقاوم است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MCARI2 = \frac{1.5[2.5(\rho_{800}-\rho_{670})-1.3(\rho_{800}-\rho_{550})]}{\sqrt{(2\times\rho_{800}+1)^2-(6\times\rho_{800}-5\times\sqrt{\rho_{670}})-0.5}}$$

شاخص Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (MRENDVI)

این شاخص نسخه اصلاح‌شده لبه قرمز شاخص NDVI است که بازتاب آینه‌ای سطح برگ را تصحیح نموده است. این شاخص از حساسیت بسیار بالایی نسبت به لبه قرمز و تغییرات آن برخوردار است. مهم‌ترین کاربردهای این شاخص در زمینه کشاورزی، پایش جنگل و تنش‌های گیاهی است و از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MRENDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2 \times \rho_{445}}$$

شاخص Modified Red Edge Simple Ratio (MRESR)

این شاخص نسخه تغییریافته شاخص Simple Ratio است. در این شاخص از باندهای لبه قرمز استفاده شده و اثر بازتاب آینه‌ای برگ گیاهان در آن نیز تصحیح شده است. کاربرد این شاخص در زمینه تنش گیاهی در زمین‌های زراعی، پایش جنگل‌ها است. مقادیر به‌دست‌آمده در تصویر این شاخص از ۰ تا ۳۰ متغیر است. معمولاً پوشش گیاهی سبز در این تصویر از بازه مقادیر بین ۲ تا ۸ برخوردار است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MRESR = \frac{\rho_{750} - \rho_{445}}{\rho_{705} - \rho_{445}}$$

شاخص Modified Triangular Vegetation Index (MTVI)

این الگوریتم شاخص TVI را برای برآوردهای شاخص سطح برگ، از طریق جایگزین کردن طول موج ۷۵۰ نانومتر با ۸۰۰ نانومتر بهینه‌سازی می‌کند. محدوده ۷۵۰ نانومتر به شدت به واسطه تغییرات برگ و ساختار تاج‌پوشش تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MTVI = 1.2[1.2(\rho_{800} - \rho_{550}) - 2.5(\rho_{670} - \rho_{550})]$$

شاخص Modified Triangular Vegetation Index– Improved (MTVI2)

این الگوریتم مشابه شاخص MTVI است، اما به شکل بهتری به برآورد شاخص سطح برگ کمک می‌کند. این شاخص با حفظ ویژگی‌های خاک پس‌زمینه نسبت به LAI از حساسیت کافی برخوردار بوده و در برابر اثر کلروفیل مقاوم است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$MTVI2 = \frac{1.5[1.2(\rho_{800} - \rho_{550}) - 2.5(\rho_{670} - \rho_{550})]}{\sqrt{(2 \times \rho_{800} + 1)^2 - (6 \times \rho_{800} - 5 \times \sqrt{\rho_{670}}) - 0.5}}$$

شاخص Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (RENDVI)

این الگوریتم نسخه اصلاح شده شاخص NDVI برای داده‌های ابرطیفی است. کاربرد شاخص RENDVI برای پایش جنگل و زمین‌های زراعی و تنش‌های آنها است. این شاخص متفاوت از NDVI است و در آن از پیک جذب و بازتاب امواج قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده نشده است. این الگوریتم از حساسیت بسیار بالایی نسبت به لبه قرمز و اثرات آن در رفتار طیفی پوشش گیاهی برخوردار است و از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$RENDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} - \rho_{705}}$$

شاخص Transformed Chlorophyll Absorption Reflectance Index (TCARI)

این الگوریتم به عنوان یکی از چندین شاخص CARI، نشان‌دهندهٔ افزونگی کلروفیل در گیاه است. این شاخص متاثر از بازتاب خاک، به ویژه در مناطقی است که شاخص سطح برگ در آنها از مقدار پایینی برخوردار است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$TCARI = 3[(\rho_{700} - \rho_{670}) - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550})(\frac{\rho_{700}}{\rho_{670}})]$$

شاخص Triangular Vegetation Index (TVI)

این شاخص بر اساس مثلث فرضی فضای طیفی که سه راس آن از ۱) پیک بازتاب باند سبز، ۲) کمترین جذب کلروفیل و ۳) جناح‌های مادون قرمز نزدیک تشکیل شده ایجاد گردیده است. زمانی که افزایش کلروفیل باعث افزایش جذب در محدوده قرمز می‌شود بازتاب در مادون قرمز نزدیک افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه به مساحت مثلث نیز افزوده می‌گردد. این شاخص برای برآورد شاخص سطح برگ مناسب است، با این حال نسبت به افزایش کلروفیل با افزایش تراکم پوشش گیاهی حساس است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$TVI = 0.5[120(\rho_{750} - \rho_{550}) - 200(\rho_{670} - \rho_{550})]$$

شاخص Vogelmann Red Edge Index 1 (VREI1)

این شاخص از یک حساسیت ترکیبی نسبت به کلروفیل برگ گیاه، سطح برگ‌های تاج‌پوشش و آب موجود در آن برخوردار است. این شاخص در مطالعات فنولوژی گیاهی و پایش چرخه آن و مدل‌سازی بهره‌وری پوشش گیاهی کاربرد دارد؛ بازه مقادیر این شاخص بین ۰ تا ۲۰ متغیر بوده و معمولاً پوشش گیاهی در آن از مقادیر بین ۴ تا ۸ برخوردار است و از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$VREI1 = \frac{\rho_{740}}{\rho_{720}}$$

شاخص Vogelmann Red Edge Index 2 (VREI2)

این الگوریتم نیز به صورت ترکیبی نسبت به اثرات کلروفیل موجود در گیاه، سطح برگ تاج‌پوشش و رطوبت و آب موجود در گیاه حساس است. بازه مقادیر این شاخص مانند شاخص پیشین بین ۰ تا ۲۰ متغیر بوده و معمولاً پوشش گیاهی در آن از مقادیر بین ۴ تا ۸ برخوردار است و از رابطه زیر به دست می‌آید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$VREI2 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{726}}$$

شاخص‌های خاکی

کیفیت خاک شاخصی از خاک است که بیانگر توانایی و عملکرد آن در اکوسیستم طبیعی برای رشد و نگهداری گیاهان و حیوانات، بهره‌وری آنها، حفظ و نگهداری آب و کیفیت هوا و سلامت انسان‌ها و دیگر کاربری‌های مرتبط است. معمولاً دو واژه کیفیت و سلامت خاک به جای یکدیگر استفاده می‌شوند، در حالی که بین مفهوم این دو کلمه تفاوت وجود دارد. «کیفیت خاک»[1] در واقع به کیفیت عملکرد آن به عنوان بستر تولید و فعالیت‌های زیستی آن توجه دارد؛ اما «سلامت خاک»[2] بر تجدیدناپذیر بودن آن به عنوان یک محیط و منبع پویا تاکید می‌کند و با جنبه‌های اثرگذار بر فعالیت موجودات زنده و محیط زیست مرتبط است. خاک سالم باید مقاوم به تخریب، دارای عمق کافی، زهکشی خوب، جمعیت عظیمی از موجودات زنده مفید، دارای مقادیر کافی و متعادل از عناصر غذای ضروری، فاقد عناصر و مواد شیمیایی سمی بوده و در مجموع محیطی مناسب برای رشد گیاه و دیگر موجودات زنده فراهم آورد. حفظ و بهبود سلامت خاک علاوه بر افزایش تولید و بهره‌وری سامانه‌های کشاورزی موجب کمینه‌سازی مصرف نهاده‌های شیمیایی کشاورزی و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید می‌شود. سلامت خاک را می‌توان برایندی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی دانست.

به دلیل تنوع گسترده در استفاده از منابع خاک، مفهوم کیفیت و سلامت خاک بستگی به هدف استفاده از آن دارد. به عنوان مثال در کشاورزی بیشتر به تولید محصول و موجودات خاک توجه می‌شود. کیفیت و سلامت خاک را نمی‌توان به طور مستقیم ارزیابی کرد، اما با استفاده از یک‌سری ویژگی‌های خاک به عنوان شاخص‌های اندازه‌گیری سلامت خاک و کیفیت خاک می‌توان این ارزیابی را انجام داد. به طور کلی کیفیت و سلامت خاک ارتباط و اثرات متقابل قابل‌توجهی با یکدیگر دارند و ارزیابی آنها می‌تواند با استفاده از یک‌سری شاخص‌های زیستی، شیمیایی و فیزیکی صورت گیرد.

شاخص‌های زیستی. شاخص‌های زیستی (بیولوژیک) تاثیر زیادی بر کیفیت و سلامت خاک دارند. شاخص‌های زیستی، کارکردهای پویایی از خاک هستند که به نوع مدیریت زمین، مداخلات طبیعی و آلودگی‌های شیمیایی بسیار حساس هستند. موجودات زنده خاک به تغییرات محیطی و مدیریت زمین پاسخ سریع دارند و می‌توانند به عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرند. البته محدودیت‌هایی برای استفاده مستقیم از موجودات زنده به عنوان شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک

1- soil quality
2- soil health

وجود دارد و در نتیجه از یک‌سری ویژگی‌های زیستی پویا، مانند تنفس خاک و برخی فعالیت‌های آنزیمی برای اندازه‌گیری فرایندهای غیر مستقیم انجام‌شده توسط این موجودات زنده استفاده می‌گردد.

برخی از مهم‌ترین شاخص‌های زیستی که به طور معمول در ارزیابی سلامت و کیفیت خاک استفاده می‌شوند شامل مواد آلی خاک، تنفس میکروبی، آنزیم‌های خاک، زیست‌توده (بیومس) میکروبی، جمعیت میکروبی و نیتروژن معدنی است. مواد آلی خاک نقشی کلیدی در کیفیت خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارند؛ همه خاک‌ها دارای گروهی از آنزیم‌ها هستند که تعیین‌کننده فرایندهای متابولیک خاک بوده و از طرفی به نوبه خود به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نیز وابسته‌اند. آنزیم‌های خاک نقش مهمی در اکولوژی خاک، فرایندهای تجزیه مواد آلی، آزادسازی عناصر غذایی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حاصلخیزی و سلامت خاک ایفا می‌کنند. از بین این آنزیم‌ها می‌توان آمیلاز، B-گلوکوزیداز، سلولاز، کیتیناز، دهیدروژناز، فسفاتاز و اوره‌آز را نام برد. بیومس میکروبی نیز به عنوان بخشی از مواد آلی خاک، شامل ریزموجودات کوچک‌تر از ۱۰-۵ میکرون هستند. جمعیت میکروبی نقش مهمی در فرایندهای اکوسیستم از جمله چرخه کربن، آزادسازی و تحرک عناصر و مواد غذایی، تولید گاز ها و تجزیه و تخریب آلاینده‌ها دارند. بیومس میکروبی یک شاخص حساس از تغییرات کمی و کیفی مواد آلی خاک است و می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی از کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرد.

یکی دیگر از شاخص‌های کیفیت خاک که برای تخمین بیومس میکروبی می‌توان بهره گرفت، تنفس میکروبی است؛ تنفس میکروبی میزان تولید دی اکسید کربن در خاک است که در اثر تنفس موجودات زنده خاک، شامل ریشه گیاهان، محیط رشد ریشه، ریزموجودات خاکزی و جانوران خاک است. میزان تنفس خاک خود به مقدار و کیفیت عوامل مختلفی، مانند میزان ماده آلی خاک، دما، رطوبت، شوری، pH و ساختمان خاک، کاشت، فعالیت میکروبی، بیومس و مواد غذایی قابل دسترس بستگی دارد و تغییر در هر یک از این عوامل بر تنفس خاک نیز تاثیر می‌گذارد.

شاخص‌های شیمیایی. شاخص‌های شیمیایی خاک و کمیت و کیفیت آنها روی بسیاری از فرایندهای محیط تاثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، pH خاک بر حلالیت و پایداری فلزات سنگین و همچنین عناصر غذایی آهن، روی، منگنز، مس و فسفر تاثیر قابل توجهی دارد و سمیت بسیاری از فلزات سنگین را کنترل می‌کند. برای بهینه‌سازی تولید محصولات کشاورزی، خاک باید عناصر و مواد غذایی را در مقادیر کافی و متعادل برای گیاهان فراهم کند که این امر معمولاً از طریق اضافه کردن کودهای شیمیایی و دیگر مواد آلی به شکل کود و کمپوست صورت می‌گیرد. شاخص‌های شیمیایی اطلاعات زیادی را در

ارتباط با وضعیت تعادلی بین محلول خاک و محل تبادلات آن، سلامت گیاه، نیاز غذایی گیاهان، سطح آلودگی خاک و توانایی جذب آنها توسط گیاهان و دیگر موجودات زنده خاک در اختیار قرار دهند. شاخص‌های شیمیایی نیز مانند شاخص‌های فیزیکی و زیستی به نوع مدیریت خاک و تنش‌های محیطی حساس هستند و می‌توان آنها را به طور مستقیم اندازه گرفت.

شاخص‌های فیزیکی. شاخص های فیزیکی اطلاعات مفیدی را در ارتباط با خصوصیات هیدرولیکی خاک، از جمله نفوذ و نگهداری آب در خاک و همچنین وضعیت تهویه‌ای آن در اختیار می‌گذارند. این شاخص‌ها به طور مستقیم و غیر مستقیم بر قابلیت جذب عناصر غذایی، حجم و عمق توسعه ریشه و بنابراین وضعیت رشدی گیاه تاثیر دارند. مناسب بودن خاک برای فعالیت‌های زیستی و رشد گیاه خود تابعی از خصوصیات و شاخص‌های فیزیکی خاک است. مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک در جدول ۳ خلاصه شده است.

جدول ۳ مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک برای بررسی ویژگی‌های اگروکلایمت (سرچشمه‌پور و همکاران، ۱۳۹۵)

شاخص های فیزیکی	شاخص‌های شیمیایی	شاخص‌های بیولوژیکی
پایداری خاکدانه	pH	بیومس میکروبی
توزیع اندازه ذرت خاکدانه	نیتروژن و کربن آلی	پتانسیل معدنی شدن نیتروژن
خلل و فرج	هدایت الکتریکی	تنفس خاک
عمق پروفیل	غلظت فلزات سنگین	جمعیت میکروبی
نفوذ	ظرفیت تبادل کاتیونی	آنزیم های خاک
تراکم	غلظت عناصر غذایی	جمعیت میکوریز

امنیت خاک. امنیت خاک به حفظ و بهبود منابع خاک جهانی تاکید دارد که در نهایت منجر به تامین غذا و آب‌های شیرین و آشامیدنی شده و به نوبه خود سهم بزرگی در پایداری اقلیم و چرخه‌های انرژی، حفظ تنوع زیستی و عملکرد و پایداری اکوسیستم‌ها دارد. بنابراین امنیت خاک تاثیر زیادی بر محیط زیست و اکوسیستم دارد. یک خاک ایمن می‌تواند آب و هوای منطقه، ویژگی‌های اکوسیستم، دستاوردهای تنوع زیستی و نهایتاً چرخه تولید مواد غذایی را تغییر دهد.

کمیت و کیفیت مواد غذایی تولیدی نیز وابستگی زیادی به خاک دارد. امروزه کمبود آب یک تهدید جدی برای جهان است و مطالعات نشان داده که خاک و خصوصیات آن در حفظ و نگهداری آب تاثیر زیادی دارد. کارکردهای خاک در چرخه آب، تصفیه آن، حفظ آن و تهیه آب آشامیدنی انسان و سایر موجودات و تولید بیومس در اکوسیستم‌ها نیز قابل توجه است. خاک هسته اصلی تولید مواد غذایی است و به طور موثری بر دسترسی و کیفیت آن تاثیر می‌گذارد. امروزه استفاده بی‌رویه از منابع تجدید ناپذیر طبیعی سبب افزایش غلظت دیاکسید کربن شده و در نهایت بر روی سرعت فتوسنتز، سرعت تجزیه مواد آلی، تغییر الگوی بارش و در نتیجه آن بروز خشکسالی و تغییر در وضعیت اراضی زراعی تاثیر گذاشته است. یک خاک با شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی مناسب می‌تواند با افزایش تولید بیومس به عنوانی یک منبع فعال کربن و تثبیت و نگهداری آن، میزان گازهای گلخانه‌ای و پیامدهای آن را کاهش دهد. مطالعات نشان داده که کارکردهای خاک اثرات مثبتی بر تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی جهانی دارد. بنابراین خاک و شاخص‌های کیفیت، سلامت و امنیت آن از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده و با اجرای مدیریت‌های صحیح مانند مدیریت حاصلخیزی خاک با کاربرد کودهای آلی، مدیریت آبیاری با بهره‌گیری از سامانه‌های نوین آبیاری، رعایت تناوب زراعی جهت حفظ و بهبود حاصلخیزی و تنوع زیستی خاک، مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها می‌توان کیفیت، سلامت و امنیت آن را حفظ نمود. شاخص‌های کیفیت، سلامت و امنیت خاک نیز باید به نحوی انتخاب شوند که از نظر پذیرش انسانی، قابلیت اندازه‌گیری و قابلیت دسترسی برای کشاورزان از سادگی کافی برخوردار بوده، به تغییرات ناحیه‌ای مناطق حساس باشند و از قابلیت پاسخ‌گویی نسبت به ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی برخوردار باشد. در جدول ۴ میانگین کمّی شاخص‌های گوناگون خاکی برای کاربری‌های مختلف، با تاکید بر تولید محصولات کشاورزی نشان داده شده است.

جدول ۴ مقایسه میانگین کمّی شاخص‌های خاکی برای کاربری‌های گوناگون (محقق و همکاران، ۱۳۹۵)

متغیر	واحد تغییر	نوع کاربری				
		باغ	کشت آبی	کشت دیم	مرتع ضعیف	مرتع خوب
Sand	%	۲۱/۳۰۰c*	۲۹/۲۰۰b	٤۱/۲۰۰a	٤٤/۷۰۰a	٤۳/٤۰۰a
Silt	%	۳۷/۰۰۰ab	۳۵/۵۰۰b	٤۰/٦۰۰a	۳۹/۵۰۰ab	٤۰/۹۰۰a
Clay	%	٤۱/٦۰۰a	۳٤/۸۰۰b	۱۷/۵۰۰C	۱۵/٦۰۰c	۱۵/۳۰۰c
ρ_b	Mg m^{-3}	۰/۹۷۰d	۱/۱۳۰C	۱/۷۵۰a	۱/۷۷۰a	۱/۳۱۰b
porosity	----	۰/٦۳۰a	۰/۵۷۰b	۰/۳۳۰d	۰/۳۳۰d	۰/۵۰۰c
OC	%	۲/٤۵۰a	۱/۸۵۰b	۰/٤٤۰d	۰/۵۳۰d	۱/۰٤۰c
POCmac	g kg^{-1}	۱/۸۰۰a	۰/۸۲۰b	۰/۱۰۰C	۰/۲۳۰c	۰/۷٦۰b
POC mic	g kg^{-1}	۰/۱۵۰b	۰/۲۷۰a	۰/۱۲۰b	۰/۱٦۰b	۰/۳۰۰a
POC mac/mic	-----	۱۲/٤۰۰a	۳/۳۵b۰	۰/۸۹۰d	۱/٤۸۰d	۲/۵۸۰c
SI	%	۵/٤۱۳a	٤/۵٤۳b	۳/۲۰۳c	۱/۳۱۰ d	۰/۲۰۳c
WSA	%	٤۵/۵۳a	۳۵/۰۵۰b	۳۰/٤۲۳b	۱۱/٤٦۰c	۱۰/۳۲۰a
MWD	mm	۲/۲۰۳a	۱/۱۰۰b	۰/۱۷۰C	۰/٤۱۰d	۰/٦٤۰c
MacPore	cm^3 cm^{-3}	۰/۰۰٦C	۰/۰۱۱a	۰/۰۰۸abc	۰/۰۰۵c	۰/۰۰۹ab
Air content	----	۰/۱۰۰b	۰/۲۰۰a	۰/۰۸۰bc	۰/۰۵۸c	۰/۰۸۰bc
AWC	cm^3 cm^{-3}	۰/۱۰۷b	۰/۱۲۲a	۰/۰۸۷C	۰/۰۹۷c	۰/۱۰۲bc
RWC	cm^3 cm^{-3}	۰/۸۲۰ab	۰/٦٤۰C	۰/۸۳۰ab	۰/۸۸۰a	۰/۸۰۹b
□eff	cm^3 cm^{-3}	۰/۰۸۱C	۰/۱۹۰a	۰/۰۹۳C	۰/۰۹۱c	۰/۰۱۵b
S	cm^{-1}	۰/۰۵۳b	۰/۰۷۸a	۰/۰۳۱cd	۰/۰۲۵d	۰/۰۳۹c
pH	----	۷/۰۵۰b	۷/۵۷۰a	۷/٦۰۰a	۷/۵۲۰a	۷/۵٤۰a
EC	dS m^{-1}	۰/٦۲۰a	۰/۲۸۰b	0/۲۱۰c	۰/۲۱۰c	۰/۲۲۰c
N	%	۱/٦۵۰a	۱/۷٤۰a	0/٦۵۰b	۰/۲٦۰c	۰/۳۵۰c
P	mgkg^{-1}	۷۱/۳۰۰b	۹۲/۲۰۰a	۱٦/۳۰۰e	۳۵/٤۸۰d	٤۵/۵۰۰c
Fe	(%)	۹/۹۰۷a	۷/۰۱۰b	۳/٤۰۵e	۵/۳۲۰d	٦/۳۸۰a
Mn	mgkg^{-1}	۳۸/۹۰۰b	۳۳/۳۰۰C	۵۵/٤۰۰a	۳۰/۲۰d	۳۲/۷۰۰a
Zn	mgkg^{-1}	۳۱/۹۰۰b	۵۳/۰۵۰a	۲۷/۰۱۰C	۱٤/۱۱۰d	۱۵/۷۹۰d
Cd	mgkg^{-1}	۰/۰۱٦d	۰/۰۵۷b	۰/۰۷۹a	۰/۰۲۷cd	۰/۰۳۵c
Pb	mgkg^{-1}	۰C	۰C	۰C	۰/۱۳۰b	۰/۲۱۰a
Cu	mgkg^{-1}	۱۳۹b	۲۱٦a	۷۰/۹۰۰C	٤٦/۱۰۰d	۷٦/٤۰۰c
Co	mgkg^{-1}	۷/۹۱۰a	۳/٤۹۰d	۵/۹٤۰C	٦/۸۵۰b	٦/۹۳۰b

ρ_b: وزن مخصوص ظاهری، porosity:تخلخل، OC: کربن آلی،POCmac : کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر، POCmic: کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر، POC mac/mic: نسبت خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه-ها، MacPore: خلل و فرج درشت خاک، AC: گنجایش هوایی، AWC: گنجایش آب قابل استفاده، RWC: گنجایش نسبی آب، □eff: تخلخل مؤثر خاک، *S*: شاخص دکستر، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته N: نیتروژن، P: فسفر، Fe: آهن، Mn: منگنز، Zn: روی، Cd: کادمیم، Pb: سرب، Cu: مس و Co:کبالت.

* حروف یکسان در هر ردیف به مفهوم عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف غیر یکسان به معنی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

۱-۲ بررسی عدم قطعیت تغییرپذیری اقلیمی در کوتاه‌مدت در نظام‌های زراعی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

در مورد قطعیت و عدم قطعیت (بی‌یقینی) نقش تغییر اقلیم در بحران دریاچه ارومیه سخن بسیار رفته است؛ حتی در محافل پژوهشی و دانشگاهی و در گفتمان رسمی علمی نیز در این مورد تعارضات و تناقض‌های بسیاری دیده می‌شود. برخی این پرسش کلیدی را که «اساساً آیا در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه تغییر اقلیمی محسوسی رخ داده است که موجب بروز بحران کنونی شود» بی‌اساس می‌دانند و معتقدند قطعاً تغییر اقلیم در این منطقه رخ داده است و بر این باورند که تغییر اقلیم در همه مناطق دنیا رخ داده و حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نیز از این امر مستثنا نبوده است. برخی دیگر اما هنوز بر این باورند که نمی‌توان با قطعیت در مورد بروز تغییرات اقلیمی در جهان به طور عام و در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه به طور خاص اظهار نظر کرد؛ این گروه با تردید علمی به موضوع وقوع تغییر اقلیم نگاه می‌کنند.

بنابراین باید برای اظهار نظر قطعی و رسمی در این مورد بر پایهٔ مستندات، سنجه‌ها، پایش‌ها و مشاهدات سخن گفت. یکی از گزارش‌های رسمی که در این زمینه وجود دارد مطالعه حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) است که در آن از نقش ۱۰ درصدی کاهش بارش‌ها در کاهش تراز دریاچه ارومیه سخن رفته است. این نتایج بر اساس یک کار پژوهشی به دست آمده است که به طور مفصل در بند ۲-۳ گزارش حاضر (بررسی وقوع پدیده تغییرات آب‌وهوایی در اکوسیستم‌های کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه) مورد بررسی قرار گرفته است. یکی دیگر از مطالعات پژوهشی ارزشمند دیگری که در این زمینه به انجام رسیده است مقالهٔ «نقش عوامل اقلیمی و انسان‌زاد در خشک شدن دومین دریاچه شور در قرن بیستم» به قلم چودری و همکاران (۲۰۱۸) است که برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد نگارندهٔ ارشد در دانشگاه ایالتی میشیگان است و در آن موضوع تغییرپذیری اقلیمی و قطعیت و عدم قطعیت آن به تفصیل بررسی شده است. در ادامه مهم‌ترین نتایج حاصل از این پژوهش ذکر می‌شود که ما را یاری می‌کند تا به درک عمیق و صحیحی از وقوع، چرایی و چگونگی تغییرات اقلیمی احتمالی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه دست یابیم.

مستندات پیشین همگی حاکی از آن است که فعالیت‌های شدید انسانی، به ویژه آبیاری در کنار خشکسالی‌های طولانی در حوضه دریاچه سبب خشک شدن دریاچه شده است. چودری و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی، بازدیدهای میدانی و یک مدل هیدرولوژیکی با قابلیت ارزیابی اثرات انسان (HiGW-MAT)، که در ادامه به تفصیل به شرح آن خواهیم

پرداخت، تغییرات طبیعی و انسان‌زاد در هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را طی بازهٔ ۲۰۱۰-۱۹۸۰ بررسی کردند. بر اساس داده‌های دورسنجی، از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶، سطح زمین‌های کشاورزی و سطح اراضی شهری در این حوضه به ترتیب ۹۸ و ۱۸۰٪ افزایش یافته است که این امر کاملاً مرتبط و موثر بر کاهش ۸۶ درصدی سطح دریاچه بوده است. نتایج همین مطالعه نشان داد سرعت کاهش حجم آب دریاچه بیش از سرعت تخلیهٔ حوضهٔ آبخیر منطقه بوده است؛ به عبارت دیگر، مقایسه جریان ورودی آب به دریاچه از دو شبیه‌سازی- با و بدون فعالیت انسانی- نشان میدهد فعالیت‌های انسان‌زاد طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ موجب کاهش سالانهٔ ۱/۷۴ میلیارد متر مکعبی جریان آب در حوضهٔ آبریز دریاچه شده است که معادل ۸۶٪ کاهش حجم دریاچه در طول این دورهٔ مطالعاتی است. بررسی‌های این پژوهش نشان داد تقاضای آب آبیاری در این دوره تقریباً سه برابر شده است که همین امر سبب ازدیاد برداشت از رودخانه‌ها می‌گردد. این نتایج آشکارا نشان میدهد که خشک شدن دریاچه ارومیه صرفاً به دلیل خشکسالیهای طولانی مدت نیست، بلکه به دلیل اثرات مستقیم انسان‌زاد است که موجب تغییرات قابل توجهی در کاربری زمین، جریان و ذخیرهسازی آب در حوضه شده است. با این حال، این نتایج ضرورتاً به این معنی نیست که فقط عوامل انسان‌زاد و مصارف کشاورزی و شهری عامل بحران دریاچهٔ ارومیه بوده‌اند. اکنون به این پرسش ابتدای این نوشتار می‌رسیم که آیا در این منطقه با تغییرات اقلیمی نیز روبرو بوده‌ایم و درجهٔ قطعیت این تغییرات چگونه است؟

هنگامی که در مقیاس جهانی به این موضوع ورود شود ملاحظه می‌کنیم فعالیت‌های انسان در حوزهٔ مدیریت منابع آب به شدت بر الگوی طبیعی جریان آب و ذخایر آن اثر گذاشته است. به عنوان مثال، شواهد به روشنی نشان می‌دهد که بیش از ۴۰٪ چشماندازهای طبیعی به شدت تغییر یافته‌اند (Foley *et al.*, 2005; Ramankutty *et al.*, 2008) و از منظر آب، ذخایر آب زیرزمینی در بزرگترین سامانه‌های آبخوان جهان در حال کاهش است. در مقیاس جهانی، تغییر آب و هوا آشکارا بر کاهش منابع آب تاثیر گذاشته است، اما به نظر می‌رسد در حال حاضر این برهمکنش فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی است که با هم‌افزایی خود به عامل اصلی تغییرات مشاهدهشده در بسیاری از مناطق جهان تبدیل شده‌اند (Carpenter *et al.*, 2011; Rockström *et al.*, 2009; Sanderson *et al.*, 2002; Steffen *et al.*, 2007; Wisser *et al.*, 2010). در مورد کاهش تراز آب دریاچهٔ ارومیه و بحران ناشی از آن به طور خاص نیز باید گفت این پدیده به عوامل مختلفی، از جمله عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسان‌زاد ارتباط داده می‌شود (Abbaspour and Nazaridoust, 2007; AghaKouchak et al., 2015; Arkian et al., 2016; Delavar et al., 2007; Delju et al., 2013; Fathian et al., 2014; Hassanzadeh et al., 2012; Madani, 2014; Zeinoddini et al., 2015).

در حالی که برخی مطالعات بر این باورند که تأثیرات فزایندهٔ فعالیت‌های مدیریت منابع آبِ انسان‌زاد عامل اصلی کاهش تراز آب دریاچه ارومیه بوده است (مانند AghaKouchak et al., 2015; Alizade et al., 2018; Hassanzadeh et al., 2012; Shadkam et al., 2016; Zeinoddini et al., 2015)، گروه دیگری نیز در میان پژوهشگران بر این نظر بوده‌اند که عمدتاً عوامل اقلیمی، به ویژه بارندگی و درجه حرارت موجب این تغییرات تراز و حجم آب دریاچهٔ ارومیه شده‌اند (مانند Arkian et al., 2016; Delavar et al., 2007; Delju et al., 2013; Fathian et al., 2014). از این رو، پرسش اولیهٔ این بحث به قوت خود باقی مانده است. در یک مطالعه (دلجو و همکاران، ۲۰۱۳) داده‌های هواشناسی از چهار ایستگاه هواشناسی در حوضه دریاچه در بازهٔ ۲۰۱۰-۱۹۶۵ حاکی از ضریب همبستگی ۰/۶۹ بین تغییرات بارش و سطح دریاچه بود. این ضریب همبستگی در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۰ بالاتر بود؛ داده‌های دیگر در همین زمینه نشان می‌دهد طی بازهٔ ۲۰۰۵-۱۹۶۴، میانگین بارش‌های این حوضهٔ آبریز ۹/۲٪ کاهش و میانگین دمای بیشینه ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است.

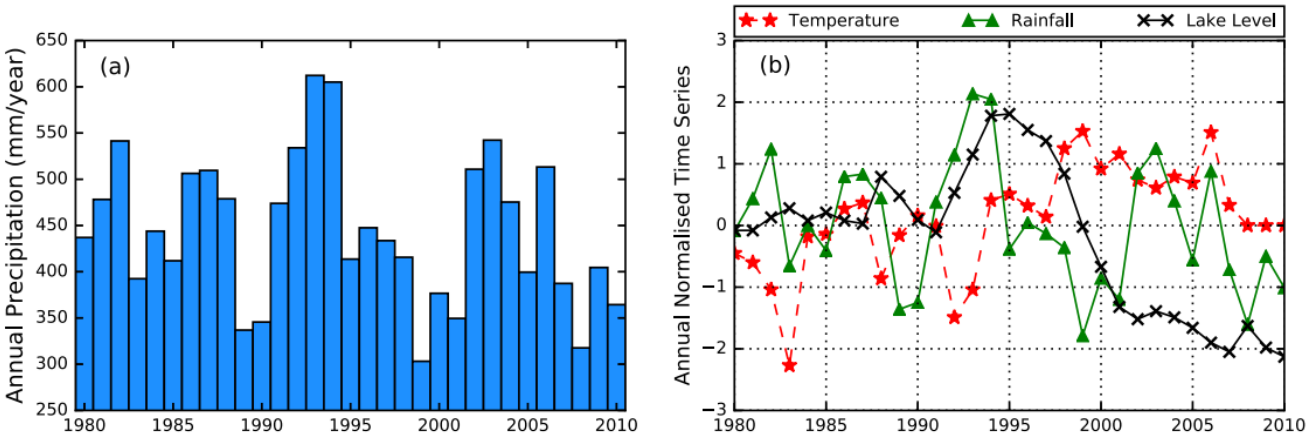
دلاور و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از رهیافت‌های بودجه آب، رگرسیون چندگانه و شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقیاس ماهانه نتیجه‌گیری کردند که کاهش بارندگی اثرات بیشتری بر تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه نسبت به کاهش جریان ورودی به آن داشته است که به نوعی نمایانگر آن است که تغییرات اقلیمی نقش پررنگ‌تری نسبت به عوامل انسان‌زاد (از جمله سدسازی و مصارف آب کشاورزی) در کاهش تراز آب دریاچه ارومیه داشته است. با این حال، فتحیان و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعهٔ روندهای سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی- آبی در حوضهٔ دریاچه ارومیه در بازهٔ زمانی ۲۰۰۷-۱۹۶۰ چنین اظهار داشتند که کاهش تراز آب دریاچه ناشی از هر دو عاملِ افزایش دمای حوضه و بیش‌بهره‌برداری از منابع آب است. عباسپور و ناظری‌دوست (۲۰۰۷) با استفاده از یک مدل هیدرودینامیکی نشان دادند نقش جریان ورودی از رودخانه‌ها به دریاچه در تعادل آب آن پررنگ‌تر از عوامل اقلیمی بوده است. علیزاده و همکاران (۲۰۱۸) نیز با مطالعهٔ جریان ورودی آب دریاچه نتیجه گرفتند که عوامل انسان‌زاد عامل ۸۰٪ کاهش تراز آب دریاچه بوده است. این در حالی است که بررسی‌های شادکام و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات آب و هوایی را به عنوان عامل اصلی کاهش تراز آب دریاچه دانسته و عوامل انسان‌زاد، از جمله آبیاری را دارای نقش کم‌اهمیت‌تری قلمداد نموده است.

مطالعات پیش‌گفته بینش ارزشمندی را در مورد تغییرات پیوسته و پویا در تعادل آب دریاچه ارومیه و حوضهٔ آبریز آن در اختیار مخاطب قرار داده است. برخی پژوهشگران، مانند آقاکوچک و همکاران (۲۰۱۵) تاکید کرده‌اند که بیش از تکیهٔ صرف بر انتساب این نوسانات به خشکسالی ممتد و تغییرات

اقلیمی، باید به ارزیابی مستقیم بودجهٔ آب دریاچه و کمّی کردن اثرات عوامل انسان‌زاد بر چرخهٔ آب حوضه پرداخته شود. بر همین اساس بود که چودری و همکاران (۲۰۱۸) به دنبال آن بودند تا در یک مطالعهٔ تلفیقی به دنبال آن بودند تا نشان دهند چگونه تغییرات آبوهوایی و بهره‌برداری انسانی از منابع زمین و آب در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه طی بازهٔ زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ به کاهش تراز آب و تشدید خشک‌شدگی آن منجر شده است.

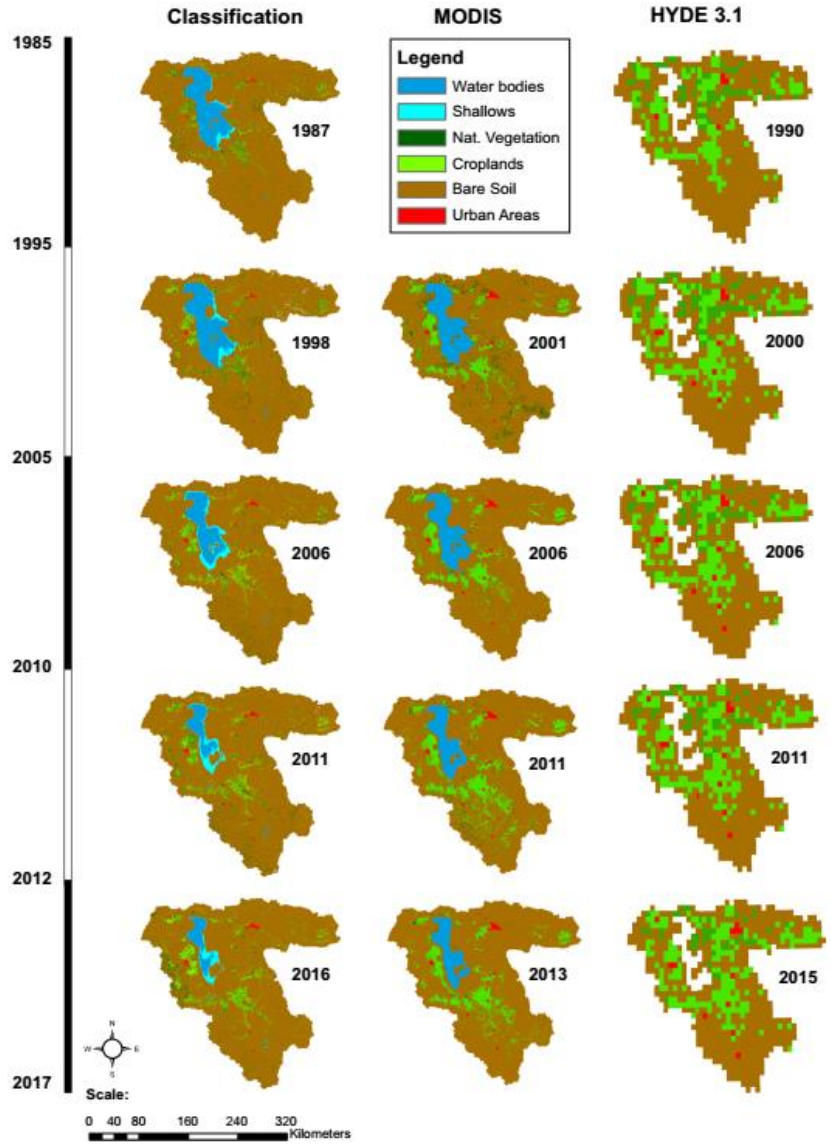
دریاچهٔ ارومیه از نظر شیمی و ریخت‌شناسی مورفولوژی شباهت‌های فراوانی به گریت‌سالت‌لیک ایالات متحده و بحرالمیت خاورمیانه دارد (علیزاده و همکاران، ۲۰۱۷). مستندات نشان می‌دهد مساحت دریاچه طی دهه‌های پایانی قرن بیستم بین ۵۲۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع بوده است (توریان و همکاران، ۲۰۱۵). بر پایهٔ اطلاعات بارندگی از سال ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱، متوسط بارش سالانهٔ حوضه ۳۵۲ میلیمتر بوده است (فرجزاده و همکاران، ۲۰۱۴)؛ دمای هوای این منطقه معمولاً بین صفر تا ۲۰- درجه سانتیگراد در زمستان و تا ۴۰ درجه سانتیگراد در تابستان است (ایمانی‌فر و محبی، ۲۰۰۷). بیشینه و میانگین عمق دریاچه به ترتیب ۱۶ و ۵ متر است؛ حوضهٔ تحت پوشش دریاچه نیز ۵۲ هزارکیلومتر مربع است که از طریق ورودی سیزده رودخانه اصلی به دریاچه تشکیل می‌شود (علیپور، ۲۰۰۶). بیش از ۳۰ دهانه سد در این سامانه‌های رودخانه‌ای ساخته شده‌اند تا آب را برای کشاورزی و سایر مصارف آبرسانی کند. علویان، مهاباد، نهاوند و زرینه‌رود برخی از مهم‌ترین سدهای این حوضه هستند که در مجموع ظرفیتی اندکی بیش از یک میلیارد متر مکعب دارند (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

در مطالعهٔ چودری و همکاران، تجزیه و تحلیل سری‌های بارش سالانه طی بازهٔ زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ در دریاچه ارومیه نشان‌دهندهٔ روند کاهشی بارش سالانه بود (شکل ۱-a). بالاترین بارش سالانه در سالهای ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ به ترتیب با ۶۱۲ و ۶۰۵ میلیمتر بوده است و پس از آن سال‌های نسبتاً خشک دیده می‌شود. کمترین میزان بارش در این بازهٔ زمانی در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ با ۳۰۰ میلیمتر ثبت شده است. در سالهای ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰، سال‌های کم بارش با بارندگی حدود ۳۵۰ میلیمتر مشاهده می‌شود. اثر بارشهای بالا در سال ۱۹۹۴ بر تراز دریاچه در سال ۱۹۹۵ بازتاب یافته است.



شکل ۱ بارش سالانه در حوضه آبریز ارومیه (A) و سری زمانی سالانهٔ نرمالشدهٔ میانگین سطح دریاچه، بارش و دما در حوضه آبریز دریاچهٔ ارومیه طی بازهٔ ۲۰۱۰-۱۹۸۰ (B) (چودری و همکاران، ۲۰۱۸).

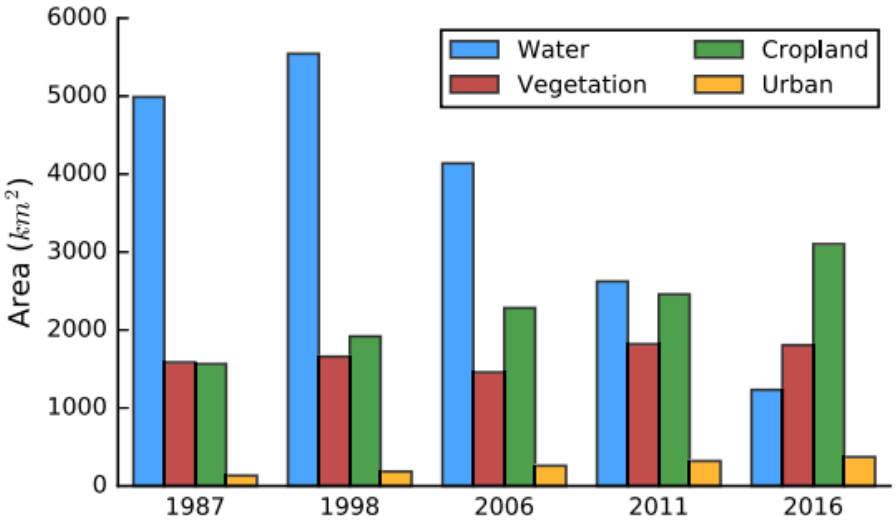
تغییرات کاربری زمین در بازهٔ زمانی مورد مطالعه، به ویژه با تمرکز بر توسعه کشاورزی در حوضهٔ آبریز و کاهش سطح دریاچه با تفکیک مکانی ۳۰ متر در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ بررسی شده و در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ الگوهای فضایی تغییرات کاربری زمین در حوضه دریاچه ارومیه بر اساس طبقه‌بندی تصاویر به ترتیب زمانی با لندست و مقایسه آن با سایر داده‌های کاربری جهانی زمین، مانند HYDE 3.1 و MODIS. ماهواره MODIS در سال ۲۰۰۰ راه اندازی شد و بنابراین هیچ تصویری از آن از پیش از سال ۲۰۰۱ وجود ندارد. رده‌هایه کاربری زمین برای مطابقت با کلاس‌های مورد استفاده در این مطالعه ویرایش شده است (چودری و همکاران، ۲۰۱۸).

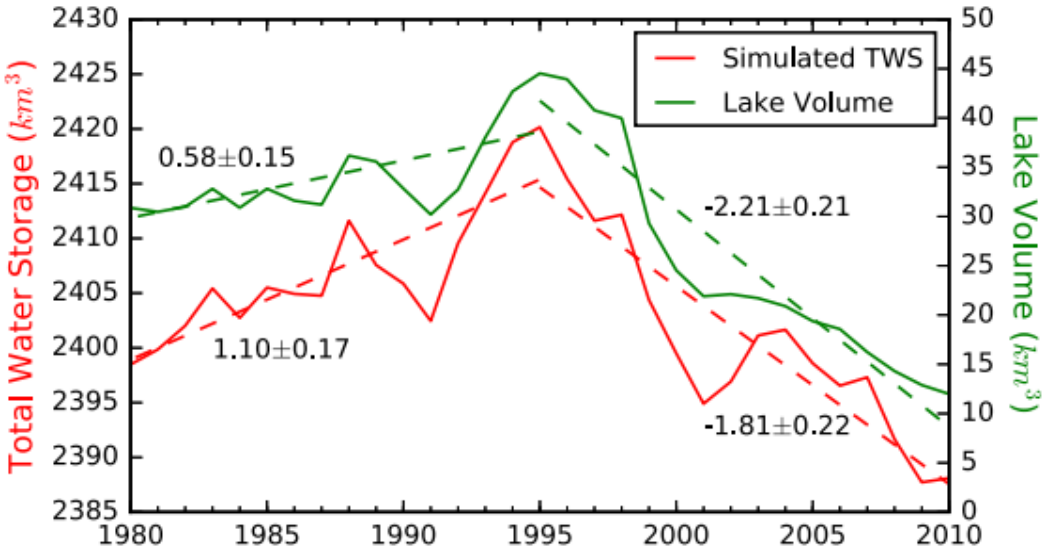
بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶، تغییر قابل‌توجهی در کاربری‌های گوناگون زمین در حوضه دریاچه ارومیه دیده می‌شود. مقدار کاهش آب‌های سطحی در کل حوضه دریاچه حدود ۷۷٪ است که سبب کاهش ۸۶ درصدی سطح دریاچه ارومیه بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ شده است (شکل ۳). مقدار کمّی این کاهش همسو با مقادیر گزارش‌شده در دیگر گزارش‌ها (از جمله آقاکوچک و همکاران، ۲۰۱۵) است. همانطور که در شکل ۳ دیده میشود، طی این بازهٔ زمانی سطح زمین‌های کشاورزی و شهری به شدت

افزایش یافته است (به ترتیب ۹۸ و ۱۸۰٪). خاطرنشان می‌شود برای این تجزیه و تحلیل‌ها در مجموع ۱۱۷۰ نقطه مرجع برای ارزیابی دقیق استفاده شدند که دقت کلی ۸۱/۶۲ درصد و ضریب همبستگی ۰/۷۶ به دست آمد.



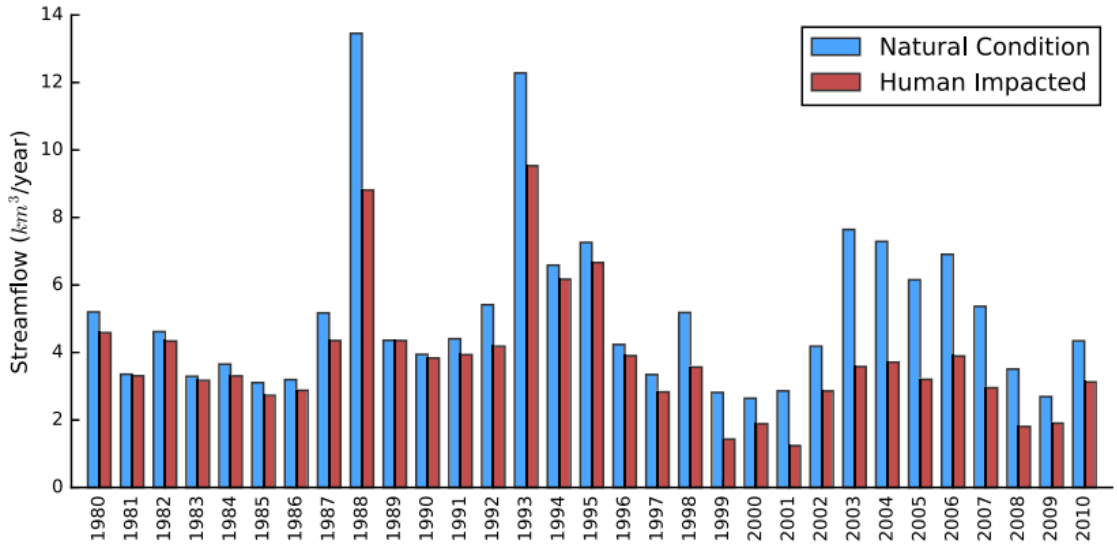
شکل ۳ تغییرات کاربری و پوشش سطح زمین در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در بازهٔ زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ (چودری و همکاران، ۲۰۱۸).

در شکل ۴ تغییرات زمانی کل ذخیرهٔ آب (TWS) دریاچه با استفاده از مدل HiGW-MAT برای کل بازهٔ زمانی دوره مدل‌سازی (سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰) نشان داده شده است که حاکی از نوسان شدید این عامل است.



شکل ۴ مقایسه تغییرات مشاهده‌شدهٔ حجم دریاچه و کل مقدار آب آن با استفاده از مدل HIGW-MAT (چودری و همکاران، ۲۰۱۸).

شبیه‌سازی جریان ورودی رودخانه‌ها به دریاچه ارومیه، با و بدون تاثیرات انسان‌زاد از مدل HiGW-MAT در شکل ۵ نمایش داده شده است. در هر دو شبیه‌سازی، تغییرات سالانه جریان رودخانه بیشتر تحت تاثیر تغییرات عوامل اقلیمی قرار دارد. تفاوت در جریان از دو شبیه‌سازی در سالهای پس از ۱۹۹۸ افزایش یافته که مربوط به افزایش فعالیتهای انسانی، یعنی کشاورزی و سدسازی) در حوضه آبریز است. این نتایج شبیه‌سازی نشان میدهد در سالهای اخیر فعالیت‌های انسان‌زاد در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه بسیار سنگین بوده است که می‌توان آن را ناشی از افزایش تقاضای آبیاری و ساخت سد در حوضه دانست. نتایج نشان داده است که هر دو گروه عوامل ناشی از تغییر اقلیم و عوامل انسان‌زاد در تغییرات حجم دریاچه ارومیه در طول سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ نقش داشته‌اند؛ در این میان، کاهش شدید مقدار آب دریاچه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ عمدتاً ناشی از فعالیتهای مدیریت آب (انسان‌زاد)، و نه تغییر اقلیم، بوده است.



شکل ۵ جریان ورودی سالانه به دریاچه ارومیه تحت شرایط طبیعی و شرایط متاثر از فعالیت‌های انسان‌زاد در مدل HIGW-MAT (چودری و همکاران، ۲۰۱۸).

تجزیه و تحلیل تغییر کاربری زمین در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که شتاب در فعالیت‌های انسانی در حوضه عمدتاً به دلیل گسترش زمین‌های کشاورزی است که به مقدار ۹۸٪ افزایش یافته و باعث افزایش ۳ برابری نیاز آب شده است. علاوه بر این، با استفاده از نتایج دو نسخه از مدل هیدرولوژیک (با و بدون فعالیت‌های انسانی) مشخص می‌شود که فعالیت انسانی عامل ۸۶٪ کاهش جریان ورودی از رودخانه‌ها به دریاچه (معادل ۲/۸ میلیارد متر مکعب) طی سال‌های مورد مطالعه بوده است. از آنجا که انتظار می‌رود فعالیت‌های انسانی در دست‌ورزی و مدیریت آب و نیز تغییرات اقلیمی در آینده تشدید شود، می‌توان پیش‌بینی کرد فرایند خشک شدن دریاچه تسریع گردد، مگر آنکه اقدامات خاصی در جهت احیاء انجام شود. بنابراین، مدیریت پایدار منابع آب در حوضه آبریز، کلید پایداری دریاچه در دهه‌های آتی است.

در مجموع، نتایج حاصل از این گروه از مدل‌های هیدرولوژیکی جهانی چنین می‌نمایاند که استفاده از ماژول‌های تاثیرگذار بر محدودیت‌های انسانی و عوامل تغییرات اقلیمی قادر است ما را در ارزیابی بهتر اثرات برنامه‌ها و سیاست‌های فعلی ستاد احیاء دریاچهٔ ارومیه و نیز تدوین سناریوهای مدیریت یکپارچه و پایدار منابع آب دست یافت. بدیهی است به کاربرد مدل‌سازی منطقه‌ای با وضوح بیشتر و دقیق‌تر نیاز است تا بتوان پایش منطقه‌ای و ارزیابی دقیق‌تری از دستاوردها و موفقیت‌های این سیاست‌ها انجام داد.

***

در موضوع قطعیت و عدم قطعیت وقوع تغییرات اقلیمی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه باید به نکتهٔ مهم دیگری نیز پرداخت که در سال‌های اخیر مورد تردید و بحث گوناگون میان متخصصان و صاحب‌نظران مختلف بوده است. برخی افراد در سال‌های اخیر این ادعا را طرح کرده‌اند که در بحران دریاچهٔ ارومیه، موضوع «بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی» نقش و تاثیر مشخص و قابل اعتنایی بر حجم آب و تراز دریاچه ارومیه نداشته و ندارد. این در حالی است که گروه دیگری از متخصصان عمیقاً بر این باورند که رابطهٔ مستقیم و اثرگذاری میان آب‌های زیرزمینی و تراز آب دریاچه وجود دارد. پاسخ به این پرسش می‌تواند به ما به شکل مستقیم در فهم قطعیت یا عدم قطعیت تغییر اقلیم در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه کمک کند. در این زمینه، پژوهش ارزشمندی توسط واحددوست و آکسوی (۲۰۱۸) با عنوان «برهمکنش آب‌های زیرزمینی با دریاچه ارومیه در ایران» انجام شده است که به دنبال کمّی کردن مقدار برهمکنش آب‌های زیرزمینی و حجم آب دریاچه ارومیه بوده است.

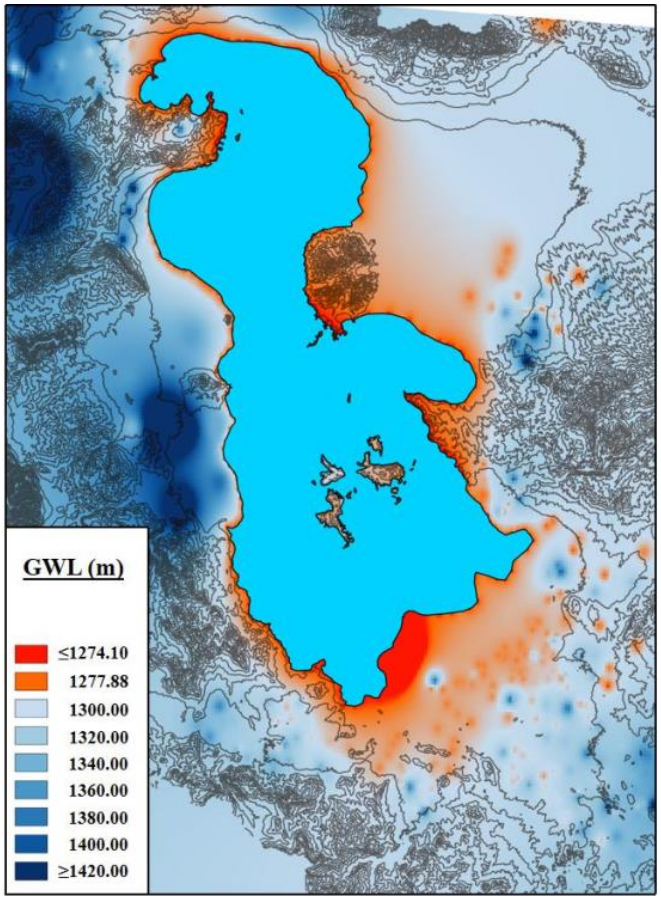
به خوبی مشخص شده است که سفرههای آب زیرزمینی اطراف دریاچه‌های شور از منابع مهم آب هستند که به دلیل همین مجاورت با آب‌های شور به طور پیوسته در معرض مشکلاتی ویژه، از جمله نفوذ آب شور و آلودگی روبه‌رو هستند. از سوی دیگر، آبخوان‌های این مناطق به دلیل ساختار پیچیده به راحتی قابل بررسی نبوده و کمّی‌سازی برهمکنش‌های آنها با دیگر پدیده‌ها دشوار است. با وجودی که دریاچه ارومیه به طور گسترده‌ای از نظر عوامل موثر بر سطح و تراز آب آن مورد مطالعه قرار گرفته است، با این حال مطالعات آب‌های زیرزمینی در حوضه دریاچه ارومیه بسیار محدود بوده است. در یکی از این مطالعات، ضرغامی (۲۰۱۱) دریافت که سطح آب‌های زیرزمینی در بخش‌هایی از این حوضه آبریز، به دلیل استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری تا ۱۶ متر کاهش یافته است. واحددوست و همکاران (۲۰۱۵) نیز به رابطهٔ معنی‌داری میان سطح آب در چاه‌های آب غرب دریاچه و سطح آب دریاچه اشاره کرده‌اند. توریان و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از داده‌های مدل‌ها و ماهواره‌های GRACE، ENVISAT و CryoSat-2 و داده‌های متعدد آب‌های زیرزمینی از نقاط گوناگونِ حوضه به این نتیجه رسیدند که با کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، به ویژه در رودخانه‌های این حوضه، ضریب رواناب (rc)[1] به طور قابل‌توجهی کاهش یافته است؛ این امر در نهایت به تعادل منفی آب، یعنی کاهش سطح آب دریاچه منجر شده است.

امیرعطایی و زینل‌زاده (۲۰۱۶) و باطنی (۲۰۱۷) به بررسی روند مرتبط و خودکار سری زمانی سطح آبهای زیرزمینی در غرب دریاچه ارومیه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بهره‌برداری از

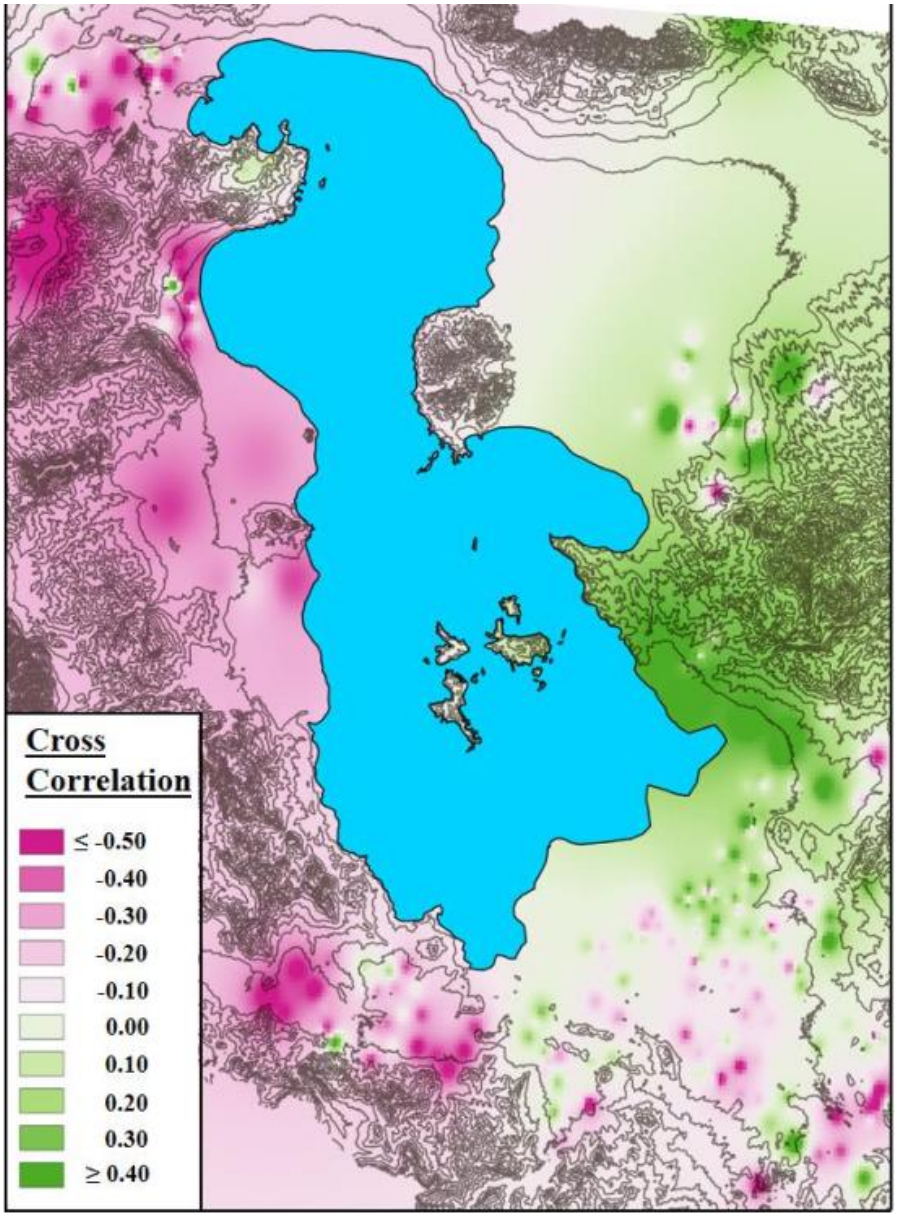
1- run-off coefficient

آب‌های زیرزمینی در فصل‌های مرطوب اهمیتی فراوان در سطح آب دریاچه دارد. در شکل ۶ پراکنش مکانی میانگین سطح آب‌های زیرزمینی نسبت به تراز اکولوژیک آب دریاچه (۱۲۷۴,۱۰ متر) نشان داده شده است؛ در این شکل مشخص است که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های شرقی و جنوبی دریاچه پایین‌تر از تراز اکولوژیک آن است. سطح آب زیرزمینی در قسمتهای شمالی، شرقی و جنوبی حوضه دریاچه ارومیه، در مقایسه با بخش غربی موجب شکل‌گیری و تشدید شیب جریان آبهای زیرزمینی می‌شود که جریان آب زیرزمینی را از غرب به شرق دریاچه ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، آبخوان‌های غربی، به دلیل سطح بالای آب در مقایسه با سطح آب دریاچه، دریاچه را تغذیه می‌کنند. همچنین با تجزیه و تحلیل ساده می‌توان دریافت که آب‌های زیرزمینی در غرب و شرق دریاچه ارومیه هماهنگ با توپوگرافی حوضه و ارتفاعات بلند کوه‌ها، همبستگی معنی‌داری با تراز آب دریاچه دارند (شکل ۷). به طور کلی، سطح آب زیرزمینی در شرق حوضه همبستگی مثبتی با تراز آب دریاچه دارند، در حالی که این همبستگی با غرب حوضه منفی است.

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است، آبخوان آب زیرزمینی غرب دارای سطح آب بالاتر از آبخوان دریاچه و آبهای زیرزمینی شرقی است که سبب جریان آب زیرزمینی می‌شود. حرکت آب از غرب به شرق همبستگی منفی میان آبخوان آب‌های زیرزمینی شرقی و دریاچه به وجود می‌آورد. سطح آب زیرزمینی در بخش غربی به دلیل جریان آب زیرزمینی شرقی به دریاچه کاهش می‌یابد، در حالی که سطح آب دریاچه و سطح آب زیرزمینی شرقی افزایش می‌یابد. هرگونه کاهش در سطح آب‌های زیرزمینی غرب با افزایش سطح آب دریاچه و سطح آبهای زیرزمینی شرقی همراه است؛ به عبارت دیگر، آبخوان دریاچه و آب زیرزمینی در شرق آب دریاچه از آبخوان آب زیرزمینی در غرب تغذیه می‌شود. روشن است که سطح آب در سمت شرق دریاچه ارومیه با دریاچه به طور مشابه رفتار می‌کند؛ بنابراین همزمان با کاهش سطح آب دریاچه، سطح آبخوان آب‌های زیرزمینی شرق حوضه نیز کاهش می‌یابد. بنابراین هر گونه وقفه در جریان آب‌های زیرزمینی شرقی دریاچه موجب حمایت از بودجه آب زیرزمینی حوضهٔ آبریز دریاچه می‌شود (شکل ۷).

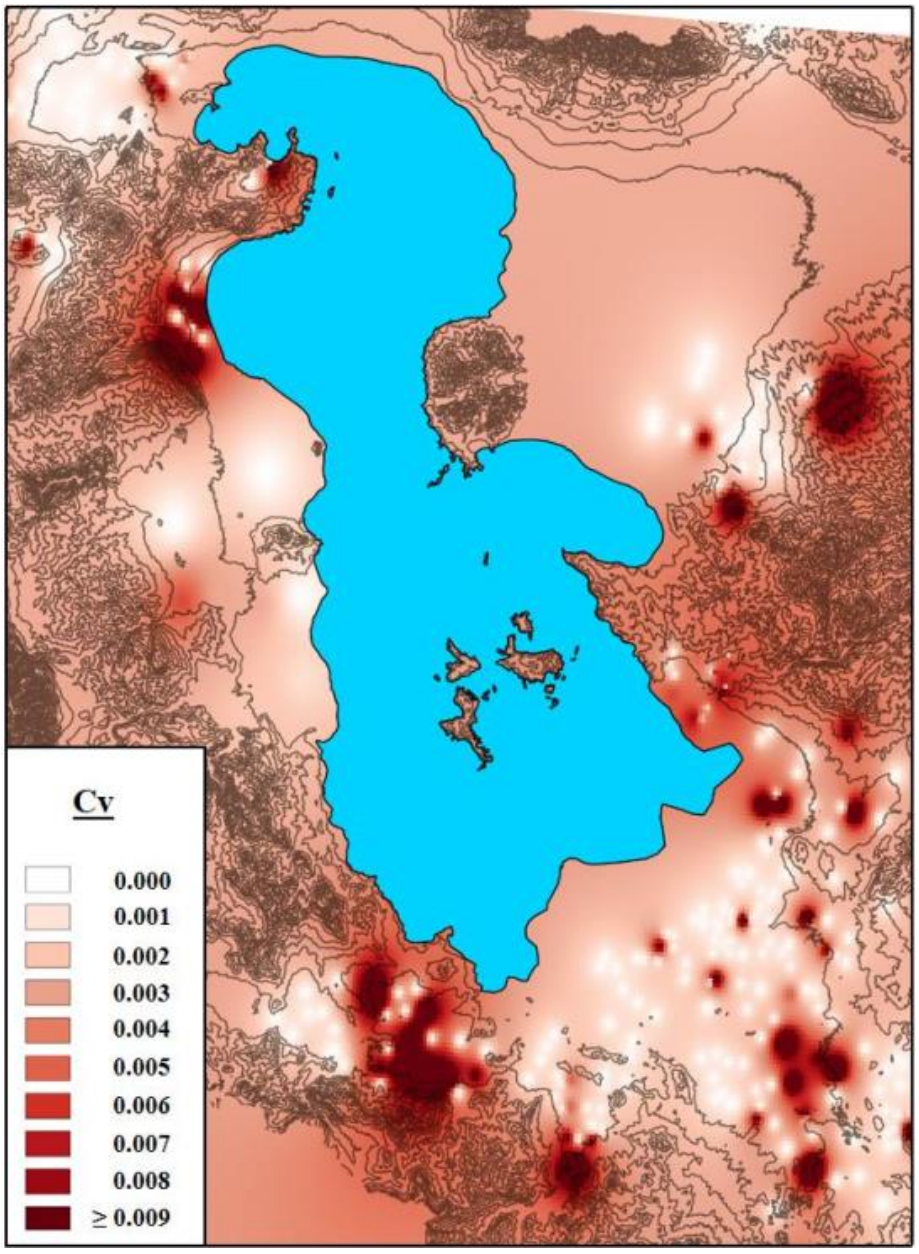


شکل ۶ میانگین سطح آب زیرزمینی چاه‌های اطراف حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (واحددوست و آکسوی، ۲۰۱۸).



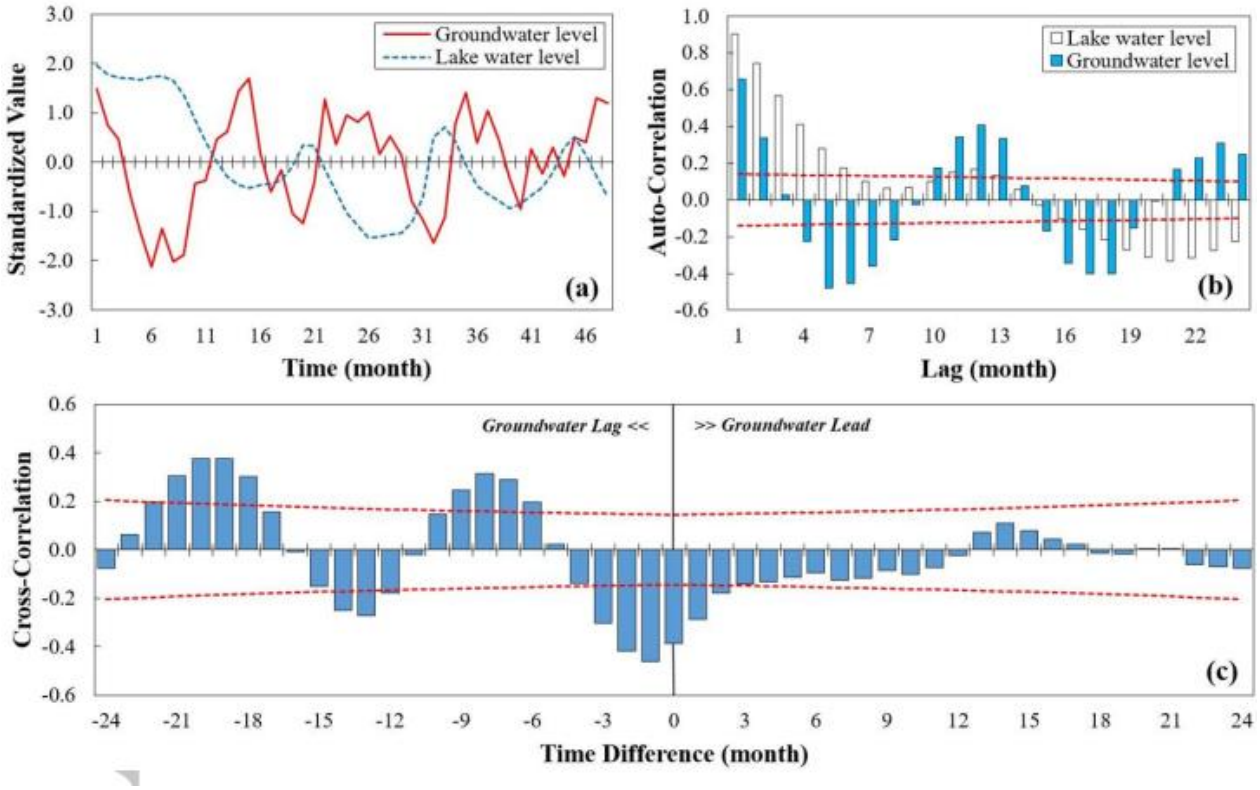
شکل ۷. ضریب همبستگی میان سطح آب زیرزمینی و تراز آب دریاچه (واحددوست و آکسوی، ۲۰۱۸).

در شکل ۸ توزیع مکانی ضریب تغییرات در چاه‌های آب زیرزمینی دریاچه ارومیه نشان داده شده است. تغییرات آب‌های زیرزمینی ذاتاً کُند و تدریجی است. بخش جنوب و شرق حوضه دریاچه ارومیه ضریب تغییرات بالاتری دارد که ناشی از فعالیت‌های انسانی، از جمله آبیاری و استفاده بی‌رویه از آبخوان‌ها است. ضریب تغییرات در غرب کمتر و در جنوب و شرق بیشتر است؛ آشکار است که استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در قسمت‌های جنوبی و شرقی بیشتر است.



شکل ۸. ضریب تغییرات سطح آب در چاههای زیرزمینی اطراف حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (واحددوست و آکسوی، ۲۰۱۸).

تحلیل زمانی ماهانهٔ تراز آب دریاچه و آب زیرزمینی در بازهٔ زمانی اکتبر ۲۰۰۱ تا سپتامبر ۲۰۰۵ در شکل ۹ نشان داده شده است. کاهش سطح آبهای زیرزمینی در اثر نوسانات فصلی نشاندهندهٔ اثرات عوامل اقلیمی ماه پیشین بر سطح آب دریاچه است. به عبارت دیگر، سطح آب زیرزمینی ماه جاری نشاندهندهٔ تاثیر ماه پیشین بر تراز آب دریاچه تحت تاثیر سطح آب زیرزمینی در ماه پیشین است. نتایج این تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی حاکی از برهمکنش میان آبهای زیرزمینی، آبخوان و دریاچه ارومیه است.



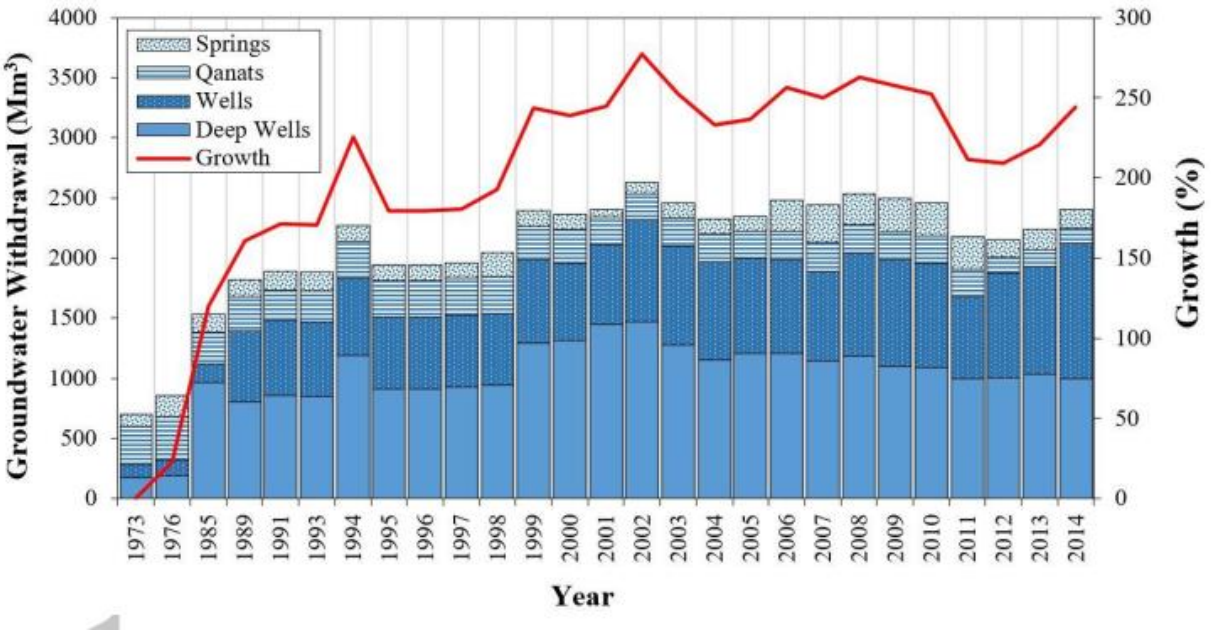
شکل ۹. تجزیه‌وتحلیل زمانیِ (a): سری‌های زمانی استاندارد، (b): ضرایب همبستگی، و (c): ضرائب همبستگی میان متوسط سطح آب‌های زیرزمینی و تراز آب دریاچه ارومیه (واحددوست و آکسوی، ۲۰۱۸).

این نتایج روشن‌گر ۲ نکته است: نخست، تخلیهٔ آب‌های زیرزمینی باید به عنوان یک شاخص در محاسبهٔ تراز دقیق دریاچه و حجم آن در نظر گرفته شود. دوم، با وجودی که تغییرات زمانی و مکانی آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه عملاً در محاسبات در نظر گرفته نشده است، ولی هر نوع صرفه‌جویی در بهره‌برداری از این آب‌ها در عمل سبب تقویت دریاچه ارومیه می‌شود.

در مورد قطعیت یا عدم قطعیت تغییرات اقلیمی در این منطقه نیز باید اظهار داشت نتایج این تحقیق و سایر مطالعات حاکی از همبستگی میان بارش و سطح آب دریاچه است. یافتههای فتحی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده است که سطح آب دریاچه به درجه حرارت بیشتر وابسته است تا بارش. از آنجا که بارش به طور کامل با جریان رودخانه ارتباط ندارد، بنابراین روند کاهشی در جریان ورودی از رودخانه‌ها نشاندهندهٔ کاهش بارش نیست و عوامل دیگر مانند آب‌های زیرزمینی در نتایج حاصل از جریان پایه اثر دارند. در مقیاس ماهانه بیشترین کاهش سطح آب دریاچه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، زمانی است که بارندگی در حوضه دریاچه ارومیه شروع به کاهش می‌کند. این پدیدار نشان

میدهد که جریان آبهای زیرزمینی به ذوب برف وابسته است؛ کمترین تخلیه دریاچه در ماه مرداد و شهریور در تابستان، به روشنی از آب‌های زیرزمینی بوده است.

اثر فعالیتهای انسان‌زاد در دریاچه ارومیه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. داده‌های شرکت ملی مدیریت منابع آب ایران (۲۰۱۵) حاکی از روند افزایشی برداشت از چشمه‌ها، قنات‌ها، چاه‌های سطحی و عمیق و در مجموع منابع آب زیرزمینی در حوضه دریاچه ارومیه بوده است. بر اساس این نتایج مشخص می‌شود برهمکنش میان آبهای زیرزمینی و دریاچه وجود دارد و کاهش تراز آب دریاچه به دلیل استفاده گسترده از آبهای زیرزمینی در مناطق روستایی و شهری است.



شکل ۱۰. رشد سالانه در برداشت آب‌های زیرزمینی از حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (واحددوست و آکسوی، ۲۰۱۸).

به طور خلاصه به منظور درک بهتر اثر آبهای زیرزمینی بر دریاچه ارومیه با تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و زمانی، می‌توان دریافت که آب‌های زیرزمینی اطراف دریاچه، صرف نظر از نوسانات فصلی، بالاتر از تراز اکولوژیک دریاچه قرار دارند. سطح آب چاه‌های بخش شرقی دریاچه ارومیه پایینتر از سطح آب‌های زیرزمینی بخش غربی دریاچه است که سبب جریان آب زیرزمینی شرقی می‌شود. همبستگی متقابل بین سطح آب‌های زیرزمینی و حوضه دریاچه ارومیه به دو بخش تقسیم می‌شود: همبستگی غرب منفی و شرق مثبت است؛ همبستگی منفی با کاهش آب‌های زیرزمینی غربی همراه است، درصورتی که افزایش سطح آب دریاچه با آب‌های زیرزمینی شرقی همبستگی مثبت دارد. به عبارت دیگر، دریاچه

و آب‌های زیرزمینی شرقی با آب‌های زیرزمینی غربی تغذیه می‌شود. بررسی توزیع مکانی ضریب تغییرات آب‌های زیرزمینی در اغلب موارد تغییرات بسیاری را در چاه‌های بخش جنوبی و شرقی دریاچه نشان می‌دهد که به دلیل فعالیت‌های انسان‌زاد از جمله آبیاری در کشاورزی است.

۳-۱ انتخاب کاراترین شاخص‌های اقلیمی-کشاورزی

با وجود تمامی پیشرفت‌های علمی و فناوری در زمینه افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی، کشاورزی به شدت به آب و هوا و اقلیم وابسته است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۵). تردیدی نیست که در وضعیت تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز دستخوش تغییر شده و با ارزیابی تغییر این شاخص‌ها امکان بررسی واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی آینده میسر خواهد شد. طبق یافته‌های IPCC، تأثیر تغییر اقلیم در همه نقاط به یک اندازه نیست. تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی در عرض‌های جغرافیایی پایین و در کشورهای کمدرآمد بیشتر است (IPCC، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۱).

در سال‌های اخیر نقش اقلیم و تغییرات آن بر کشاورزی نظر بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. شن و همکاران (۲۰۰۵) تغییرات مکانی- زمانی شاخص‌های اقلیم کشاورزی آلبرتای کانادا را طی بازه زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های تغییر اقلیم کشاورزی طی دوره مورد مطالعه روند افزایشی از خود نشان می‌دهد و در مجموع تغییر اقلیم به سود کشاورزی آلبرتا بوده است. به نظر می‌رسد که علت اصلی این پدیده افزایش میزان بارش در طول فصل رشد باشد.

برای بررسی اثرات اقلیم و تغییر اقلیم بر رشد و تولید عملکرد گیاهان زراعی باید از شاخص‌های اقلیمی کشاورزی[1] بهره گرفت. می‌دانیم شاخص‌ها یا متغیرهای صرفاً اقلیمی، که به راحتی قابل اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل هستند، ابزار مناسبی برای توصیف روابط پیچیدهٔ میان اقلیم و رشد و تولید عملکرد گیاهان زراعی نیستند. به همین دلیل، شاخص‌های اقلیمی- کشاورزی متعدد و گوناگونی برای بررسی این روابط و برهمکنش‌ها در نظام‌های کشاورزی تدوین شده‌اند. این شاخص‌ها امکان تعریف کمّی منابع موجود را برای نیازهای گوناگون کشاورزی فراهم می‌کنند. در این بخش، مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های اقلیمی- کشاورزی که در سراسر جهان و ایران برای مطالعهٔ اثرات اقلیم و تغییر اقلیم بر نظام‌های کشاورزی استفاده شوند ارائه می‌گردد.

1- agroclimatic index

شاخص‌های مربوط به خشکی. شاخص‌های خشکی با هدف کمّی کردن کمبود (یا فقدان) آب طی چرخهٔ رشد و نمو گیاه تدوین شده‌اند. مساله‌ای که این شاخص‌ها با آن روبرو هستند این که شامل ویژگی‌های فیزیکی و زیستی گیاهان زراعی خاص برای نشان دادن حساسیت‌ها و محدودیت‌های کمبود (فقدان) آب طی دورهٔ رشد رویشی هستند. برخی از این شاخص‌ها از مفاهیم خشکی اقلیمی صحبت می‌کنند که الزاماً در همهٔ موارد به معنی کمبود آب برای گیاه زراعی نیست. یکی از شاخص‌های خشکی، شاخص خشکی هیدرومترولوژیک (IHS)[1] است که از مقادیر معادلهٔ اجزای موازنهٔ آب به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$IHS = \sum_{i=1}^{n} [VBi - VBp]$$

که در آن VBi میانگین واقعی موازنهٔ آب و VBp میانگین چندسالهٔ موازنهٔ آب است. در این معادله، VB اختلاف میان بارندگی و تبخیر و تعرق واقعی بوده و دارای ضریبی است که وابسته به فصل است. این نوع شاخص‌ها منطقه‌محور بوده و عموماً از مقادیر میانگین‌های چندسالهٔ پارامترهای اقلیمی بهره می‌گیرند.

شاخص مازاد بارش. مازاد بارش پدیده‌ای است که در بسیاری از مناطق مشاهده می‌شود و عبارت است از جمع بارش روزانه. علاوه بر این شاخص، شدت بارندگی نیز به عنوان یک شاخص اقلیمی کشاورزی در محاسبات اثرات اقلیم بر کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پارامترهای اصلی مربوط به بارش در جدول ۵ آمده است.

شاخص تنش گرما. تنش گرما یک تابع پیچیده از مقدار دما، دوام و سرعت افزایش دما است. آستانه‌های دمایی برای گیاهان زراعی مختلف بسیار متفاوت بوده و بسته به مرحلهٔ نموی (فنوفازی) گیاه نیز متغیر است. یک آستانهٔ تنش گرما معمولاً به میانگین دماهای روزانهٔ بالاتر از حدی گفته می‌شود که موجب آغاز کاهش رشد گیاه یا خسارت به آن است. معمولاً در مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوایی امکان پیش‌بینی تنش گرمایی برای دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد وجود دارد.

1- Index of Hydrometeorological Drought

شاخص‌های یخبندان. دماهای بحرانی که موجب خسارت یخبندان به گیاه می‌شوند بسته به مدت سرما و نوع گیاه متفاوت هستند. با این حال، شناسایی و تعیین شرایط وقوع یخبندان عموماً به مواردی محدود می‌شود که دما به کمتر از صفر کاهش یابد. یخبندان‌ها عموماً به دو دستهٔ همرفتی و تابشی دسته‌بندی می‌شوند که هر یک، در کنار خسارت عمومی‌ای که وارد می‌کنند، اثرات جداگانه‌ای بر رشد و نمو گیاهان زراعی دارند. عموماً طی رخدادهای یخبندان تابشی خط یخبندان به بیش از ۲-۱ متر بالاتر از سطح زمین نمی‌رسد، در نتیجه فقط گیاهان علفی و کم‌ارتفاع از چنین یخبندانی خسارت می‌بینند.

جدول ۵. کاربردهای شاخص‌های اقلیمی- کشاورزی در مدل‌های آماری و شبیه‌سازی برای براورد فراهمی آب، گرما و یخبندان (ایتزینگر و همکاران، ۲۰۰۸)

شاخص/مدل	نوع کاربرد	بازهٔ زمانی	مقیاس	هدف از کاربرد
خشکی				
محتوای آب خاک سطح‌الارض	F	پنج روزه	منطقه‌ای	براورد مناطق متاثر از خشکی
شاخص خشکی هیدرومترولوژیک	N	هفتگی	ملی	براورد مناطق متاثر از خشکی
NPET	N, P	روزانه	ملی	براورد مناطق و محصولات متاثر از خشکی
موازنهٔ آب	N, P	روزانه، هفتگی، ماهانه، سالانه	محلی تا ملی	براورد مناطق و محصولات متاثر از خشکی
مقدار رطوبت خاک	P	روزانه، هفتگی، ماهانه	محلی، ملی	براورد مناطق متاثر از خشکی
VHI	P, N	ماهانه	ملی	براورد مناطق و محصولات متاثر از خشکی
PDSI	P	بسته به نیاز کاربر	ملی	براورد مناطق متاثر از خشکی
عمق سفرهٔ آب	P	ماهانه	منطقه‌ای	براورد مناطق متاثر از خشکی
فراهمی آب قابل مصرف	P	هفتگی	ملی	فراهمی آب
بارندگی (کل و نوسانات)	P	هفتگی/ ماهانه/سالانه	منطقه‌ای، ملی	براورد مناطق متاثر از خشکی
درصد بارندگی	P	ماهانه	ملی	براورد ثبات بارش ماهانه
مازاد بارش				
مقدار بارندگی	F	ساعتی/ روزانه	ملی، منطقه‌ای، محلی	براورد مناطق تحت تاثیر

شدت بارندگی	F	ساعتی	ملی- حوضه‌ای	براورد مناطق تحت تاثیر
پیش‌بینی بارش بیش از ۲۵ mm	F		ملی	براورد مناطق تحت تاثیر
نقشه‌های SPI	P	ماهانه و ادواری	منطقه‌ای و ملی	براورد مناطق تحت تاثیر
تنش گرما				
شاخص گرما	F	روزانه	منطقه‌ای	روزهای دارای تنش گرما
بیشینه دمای سطح خاک، بالای کانوپی و پوشش زیر پلاستیک	P	ماهانه، دوره رشد	ملی	تعیین تنش گرما برای محصولات و دوره‌های گوناگون
مجموع دما	P	در صورت نیاز	ملی	براورد مناطق تحت تاثیر
درصد دما	P	ماهانه	ملی	براورد دمای هوای ماهانه
یخبندان				
پیش‌بینی یخبندان	F	روزانه	محلی تا محلی	براورد مناطق تحت تاثیر
مدل‌سازی سرمادهی غلات زمستانه	N		حوضه	مقاومت زمستانه
شاخص واحدهای یخبندان	P	نوامبر تا مارس	ملی	وقوع یخبندان

P: پایش گذشته، N: پایش وضع موجود، F: پیش‌بینی آینده

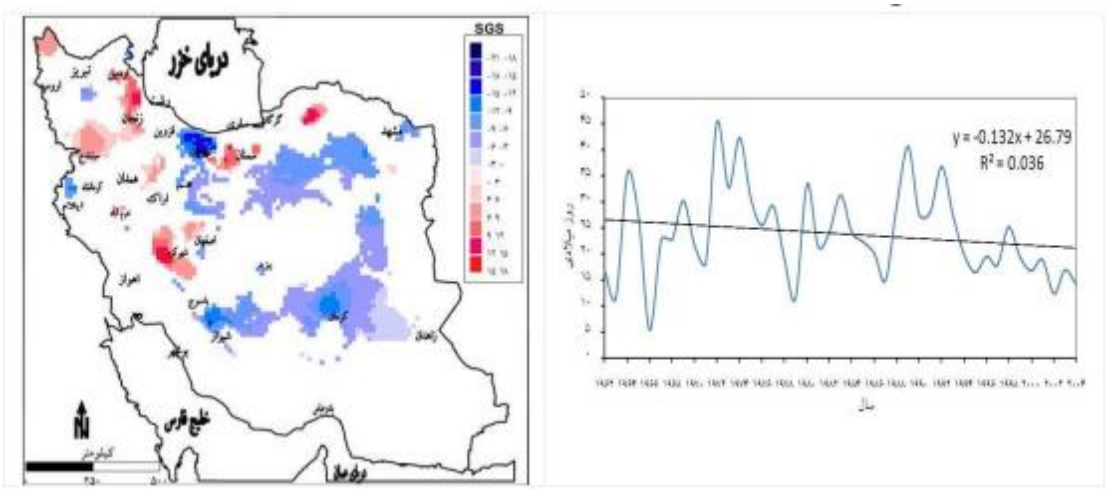
دورهٔ رشد. در پـژوهش‌هـایی کـه در نقـاط مختلـف جهان روی نقش اقلیم و تغییرات آن طی دهه‌های اخیر بر کشاورزی انجام شده است، بیشتر بر طـول فصـل رشـد و تغییرات زمانی- مکانی آن تأکید شده است. دورهای را که طی آن رشد گیاه اتفاق می‌افتد، دوره رشد یا رویش گویند. برای محاسبهٔ دورهٔ رشد روش‌های زیادی توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده است. تغییرات طـول فصـل رشـد سـودمندترین نمایه اقلیمی است که کاربردهای اقلیمی بسیار زیادی دارد. به عنوان مثال، کاهش طول فصل رشد موجب تغییر تقویم کشت وکاهش تولید محصولاتی می‌شود که هنـوز کـاملاً بـه حـد بلـوغ و رشـد نهـایی خـود نرسـیده‌انـد، در حالی که افزایش طول فصل رشد، ممکن است فرصت‌های بیشتری برای کشـت زودتـر، تضـمین رشـد نهـایی و بلوغ و حتی امکان برداشت بیشتر (در صورت فراهمی آب) تامین کند. این نمایه همچنین یکی از شاخص‌های مهم برای شناسایی تغییر اقلیم است که در بیشتر مطالعات تغییر اقلیم به آن اشاره مـی‌شـود.

پژوهشـگران در قـرن بیسـتم عموماً از سـه تکنیـک (فنولـوژی گیـاه، شـاخص ماهواره‌ای پوشش گیاهی (NDVI) و داده‌های اقلیمی (به‌ویژه دمـا) بـرای شناسـایی طـول فصـل رشـد اسـتفاده کـرده‌انـد. تغییرات طول فصل رشد در همه جا یکسان نیست؛ با این که طول فصل رشد در عرض‌های جغرافیایی میانه و پایین افزایش یافته است، ولی به نظر می‌رسد که در برخی مکان‌ها (عرض‌های جغرافیایی بالا و روی بلندی‌ها) طول فصل رشد کاهش یافته است. در مطالعاتی که بـه کمـک داده‌هـای اقلیمـی، به‌ویژه دمـا طـول فصـل شناسایی شده است نیز روش‌ها و بـرآورد آن در کشـورهای مختلـف متفـاوت اسـت. بـرای نمونـه، رابسـون (۲۰۰۲) و اسکاگس و بیکر (۱۹۸۵) در امریکا «دوره بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه» را طول فصل رشد نامگذاری کرده‌اند. برخی دیگر از پژوهشگران از آستانه‌های دمایی در شروع و پایان دوره رشد برای تعریـف آن بهـره بـرده‌انـد. بـرای نمونه، فریچ و همکاران (۲۰۰۲) برای کل کره زمین «دوره‌ای را که دمای روزانه در بـیش از ۵ روز متـوالی بزرگ‌تـر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد تا زمانی که دمای روزانه در بیش از ۵ روز متوالی کوچک‌تر از ۵ درجـه سـانتی‌گـراد باشـد» طـول فصل رشد نامگذاری می‌کنند. بوتسما (۱۹۹۴) برای کانادا فاصله دوره‌ای را کـه میـانگین دمـا ۵ روز متـوالی بـالای ۵/۵ درجه سانتی‌گراد و زیر ۵/۵ درجه سانتی گراد باشد، طول فصل رشد تعریف کرده است. جـونز و بریفـا (۱۹۹۵) شـروع دوره رشد را در روسیه «اولین روزی که چهار روز متوالی دما بالای ۵ درجه سانتی‌گراد باشد» و پایـان آن را «اولین روز از آخرین چهار روز متوالی که دما بالای ۴ درجه سانتی‌گـراد باشـد» تعریـف کـرده‌اند.

در زمینهٔ شاخص اقلیمی- کشاورزی دما، تاو و همکاران (۲۰۰۶) در چین نشان دادند که طی دو دههٔ ۱۹۸۱-۲۰۰۰ تغییرات دما فنولوژی محصولات را تغییر داده و بر عملکرد آنها تأثیر داشته است. یافته‌های لیو و همکاران (۲۰۰۶) نیز به نوعی یافته‌های تاو و همکاران (۲۰۰۶) را تأیید کرده است؛ این پژوهشگران نشان دادند که طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۶۱ در بخش‌های شرقی و مرکزی فلات تبت طول فصل رشد حدود ۱۷ روز افزایش یافته است. لیو و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات مکانی-زمانی دوره رشد اقلیمی چین را طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۵ بررسی کرده و نتایج آنها بیانگر افزایش معنادار زمان، طول و شدت طول دوره رشد طی دوره مورد مطالعه بود. یو و همکاران (۲۰۰۹) اثر دما در دوره رشد را بر عملکرد گندم در چین بررسی کردند و نشان دادند که یک درجه افزایش دما در طول دوره رشد به کاهش حدود ۱۰ درصدی عملکرد گندم منجر خواهد شد. در ایران نیز خیراندیش (۱۳۸۹) اثرات تغییر اقلیم بر طول فصل رشد را در چند نمونه اقلیمی ایران مطالعه کرد که نتایج وی بیانگر افزایش طول دوره رشد در بیشتر پیمونگاه‌هاست.

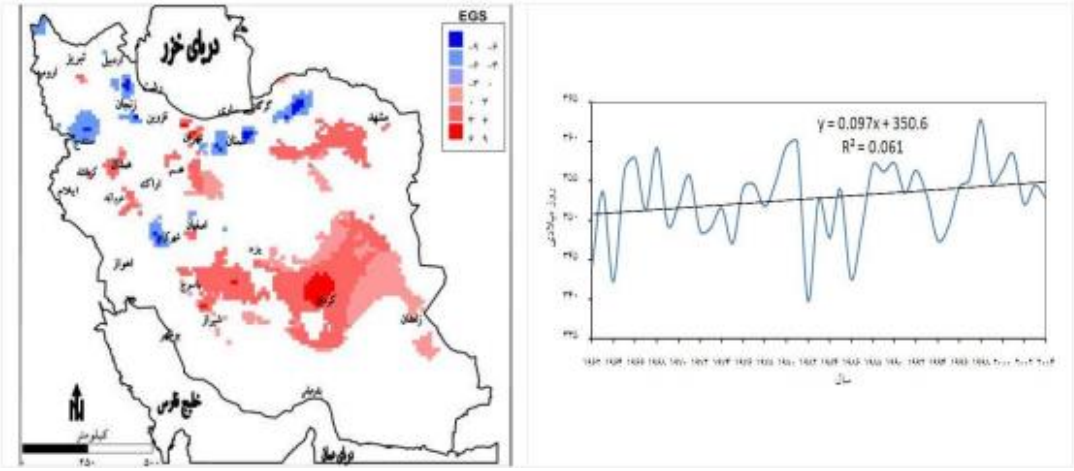
شاخص اقلیمی- کشاورزی دورهٔ رشد دارای اجزائی به شرح زیر است که در مطالعات اثرات تغییر اقلیم بر رشد و تولید عملکرد گیاهان زراعی به کار می‌روند. این اجزا عبارتند از مسعودیان و دارند (۱۳۹۳):

شروع دوره رشد (SGS): اولین روزی از سال که میانگین دمای روزانه دست کم در ۶ روز متوالی دمای بالای ۵ درجه سانتی‌گراد را ثبت کرده باشد. در شکل ۱۱ روند شاخص شروع دوره رشد برای ایران نشان داده شده است.



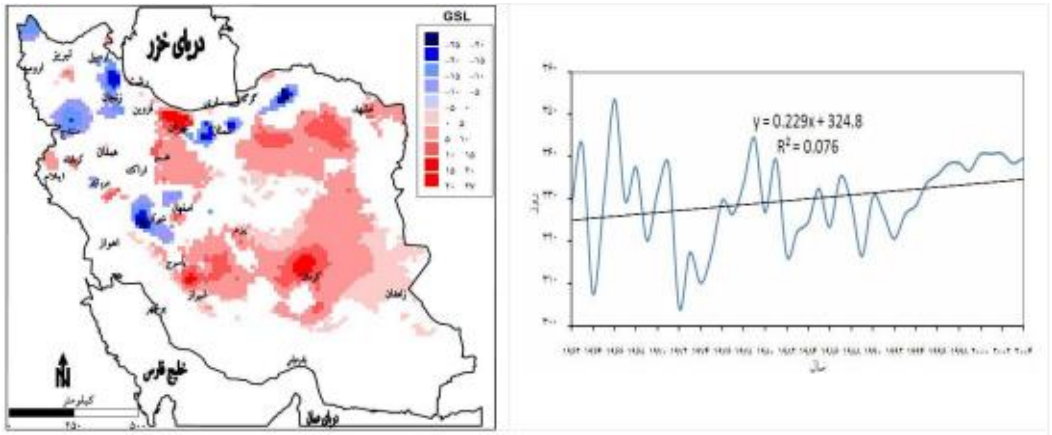
شکل ۱۱. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص شروع دوره رشد (SGS) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳)

پایان دوره رشد (EGS): اولین روزی از سال بعد از اول ژوئیه که دما دست‌کم در ۶ روز متوالی دمـای زیـر ۵ درجـه سانتی‌گراد را ثبت کرده باشد. در شکل ۱۲ روند این شاخص برای ایران نشان داده شده است.



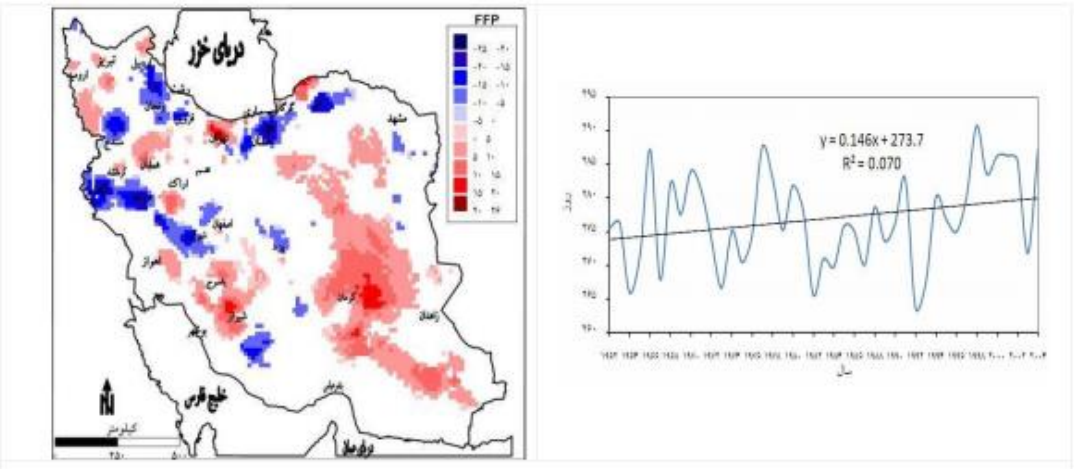
شکل ۱۲. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص پایان دوره رشد (EGS) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳).

طول دوره رشد (GSL) در سال (اول ژانویه تا ۳۱ دسامبر در نیمکره شمالی؛ اول ژوئیه تا ۳۰ ژوئن در نیمکره جنوبی): تعداد روزهایی از سال که بین اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیاپی میانگین دمـای روزانـه بیشـتر از ۵ درجـه سـانتی‌گراد و اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیاپی بعد از اول ژوئیه (اول ژانویه در نیمکره جنوبی) میانگین دمـای روزانـه کوچک‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد. به بیانی دیگر، فاصله بین پایان و شروع دوره رشد، طول دوره رشد نامیده می‌شود. در شکل ۱۳ روند این شاخص برای ایران نشان داده شده است.



شکل ۱۳. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص طول دوره رشد (GSL) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳)

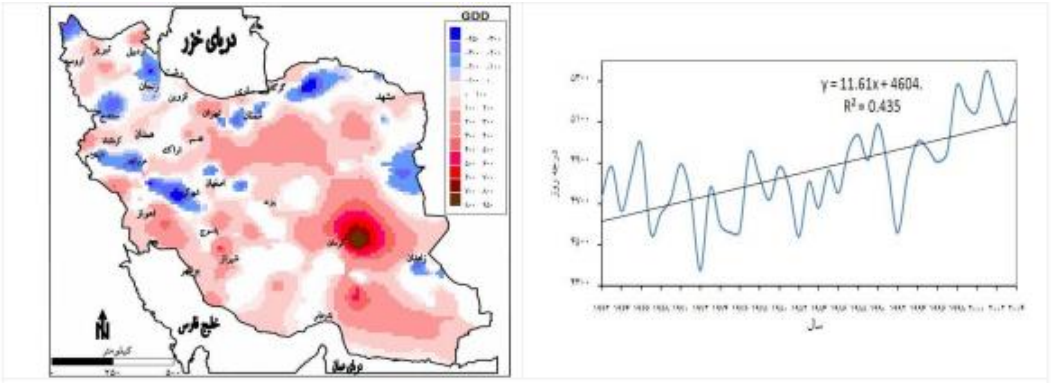
دوره بدون یخبندان[1] (FFP): تاریخ آخرین روزی از سال که کمینه دما برابر با صفر و از آن کوچک‌تر باشد، آخرین یخبندان بهاره[2] (LSF) نام دارد. البته، ممکن است تاریخ این رویداد در فصل تابستان رخ دهد. تاریخ اولین روزی از سال که کمینه دما برابر با صفر و از آن کوچک‌تر باشد اولین یخبندان پاییزه[3] (FFF) نام دارد که ممکن است در اواخر تابستان اتفاق بیفتد. همانند طول دوره رشد، دوره بدون یخبندان (FFP) فاصله زمانی بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه را دوره بدون یخبندان می‌نامند. در شکل ۱۴ روند این شاخص برای ایران نشان داده شده است.



شکل ۱۴. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص دوره بدون یخبندان (FFP) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳)

1- frost free period
2- last spring frost
3- first fall frost

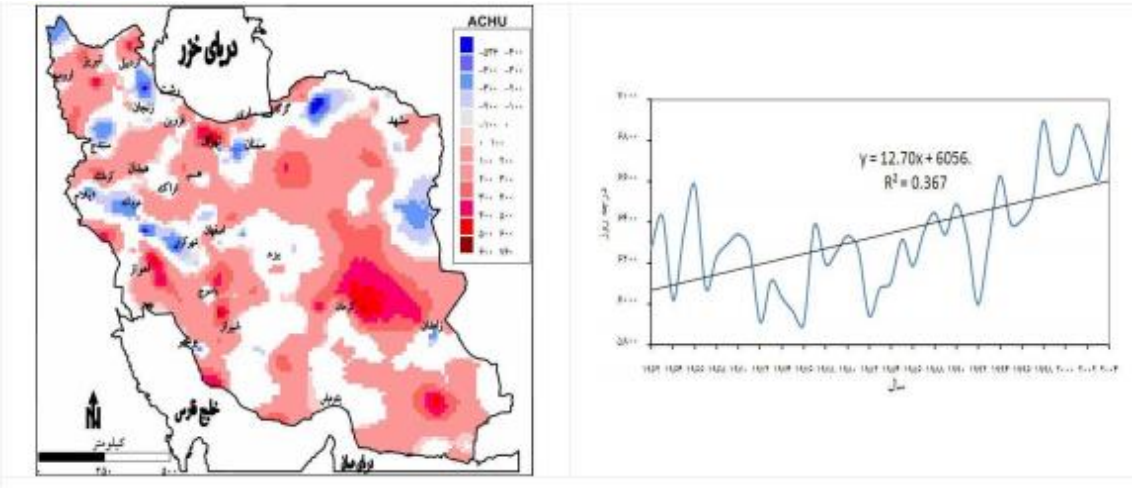
درجه روز رشد[1] (GDD): اگرچه برخی گونه‌های گیاهی در دماهای پایین‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد و یا بین دماهای صفر تا ۵ درجه نیز می‌توانند به رشد خود ادامه دهند، اما بیشتر گونه‌های گیاهی زمانی می‌توانند رشد کنند که میانگین دمای روزانه بیش از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد. در صورتی که میانگین دمای روزانه کوچک‌تر از این آستانه باشد، درجه روز رشد، صفر در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص درجه روز رشد (GDD) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳)

واحد تجمعی گرمایی محصول[2] (ACHU): از مجموع روزانه واحد گرمایی محصول در فاصله زمانی روز آخر اولین رویدادی که ۳ روز متوالی در فصل بهار میانگین دمای روزانه دست‌کم ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد باشد تا اولین روزی که دمای کمینه کمتر و برابر با ۲- درجه سانتی‌گراد باشد، به دست می‌آید. آستانه دمای ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد زمانی است که گرما به قدری است که می‌تواند دمای خاک را تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالا ببرد و به سبز شدن و رشد گیاه زراعی منجر شود. در شکل ۱۶ روند این شاخص برای ایران نشان داده شده است.

1- growth degree day
2- accumulated crop heat unit



شکل ۱۶. پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب شاخص واحد گرمایی تجمعی محصول (ACHU) بر حسب مقدار در دهه (چپ) و روند شاخص برای کل ایران بر حسب مقدار در سال (راست) (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۳)

نتیجه‌گیری. جمع‌بندی نتایج بررسی این شاخص‌های اقلیمی- کشاورزی برای ایران نشان می‌دهد تغییرات فنولوژی سالانه می‌تواند شاخصی ملموس و آشکار از تغییرات در زیست‌کره باشد. افزایش دما و به دنبال آن افزایش طول دوره رشد به تغییرات الگوی کشت منجر خواهد شد. این نتایج برای ایران نشان داد که روند شاخص‌های اقلیم کشاورزی روی مناطق مختلف پهنه ایران متفاوت است. در مناطق پست و کم ارتفاع روند مثبت است، در حالی که روی ارتفاعات و بلندی‌ها به صورت پراکنده روند شاخص‌ها منفی است. در نوار و باریکه ساحلی مناطق جنوبی ایران به علت عرض جغرافیایی پایین و نزدیک بودن به پهنه‌های بزرگ آب و وجود رطوبت در جو یخبندان رخ نمی‌دهد و طول دوره رشد برابر با طول سال است. روند شاخص‌ها نیز طی دوره مورد مطالعه بیانگر عدم تغییر و نبود روند معنی‌دار این مناطق است. در ارتفاعات زاگرس و البرز که به صورت پراکنده طول دوره رشدکاهش یافته است، به نظر می‌رسد کشت محصولات و گیاهانی که دوره رشد کمتری دارند و زودرس هستند، عملکرد بیشتری خواهند داشت. برعکس، در مناطق و پهنه‌هایی که طول دوره رشد افزایش یافته است، کشت گیاهان و محصولاتی که به دوره رشد بیشتری نیاز دارند، بهتر به نظر می‌رسد. تغییرات طول دوره رشد نه تنها پیامدهای درازمدت برای زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری به دنبال دارد، بلکه به افزایش ماندگاری ذخایر کربن و تغییرات پوشش گیاهی منجر شده و در نهایت بر اقلیم تأثیر خواهد داشت.

۴-۱ تعیین محدوده شاخص‌های اقلیمی و وزن‌دهی به آنها با در نظر گرفتن فنوفازهای مختلف گیاه زراعی با تکیه بر روش‌های پیشرفته آماری و مدل‌سازی

استفاده بهینه از اراضی برای تأمین نیازهای جمعیت در حال رشد یکی از اولویت‌های اصلی کشاورزی ایران است. کشاورزی برای تأمین غذای جمعیت رو به رشد باید علاوه بر قدرت تولید زیاد، پایداری درازمدت استفاده از اراضی و حفظ منابع اراضی را نیز مورد توجه قرار دهد. از این‌رو نیاز به یافتن شیوه‌ای جدید در توسعه کشاورزی که بر مبنای حفاظت منابع مربوط به کشاورزی استوار بوده و در عین حال روش‌ها و دانش بوم‌شناسی نوین را نیز به خدمت بگیرد؛ ضروری است (بی‌هان، ۱۹۹۲). برنامه‌ریزی صحیح و عاقلانه به‌منظور بهره‌برداری بهینه از اراضی، منابع طبیعی و انسانی باید به صورتی باشد که با شناخت منابع اراضی، ضمن کسب حداکثر محصول و درنتیجه حداکثر سود برای استفاده‌کنندگان از این اراضی، منابع اراضی و هم‌چنین محیط زیست محفوظ بماند (فائو، ۱۹۷۶). برنامه‌ریزی جهت هر کاری نیازمند داشتن اطلاعات مربوط به آن است. در این برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری مناسب از اراضی، جمع‌آوری اطلاعات، مشکل اصلی برنامه‌ریزان است.

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک[1] می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر از منابع اراضی مورد استفاده قرار گیرد (فائو، ۲۰۱۳). هدف از پهنه‌بندی اگرواکولوژیک فراهم آوردن یک پایگاه جامع و کامل از ویژگی‌های منابع زمینی به‌منظور برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی بهره‌برداری بهینه از آن‌ها از طریق تعیین ویژگی‌ها و مشخص نمودن پتانسیل موجود و محدودیت‌های اراضی است (فائو، ۱۹۹۳).

استفاده پایدار و متعادل از منابع اراضی با توجه به حجم زیاد اطلاعات و کاربردهای روز افزون آنها در نظام‌های مختلف از یک طرف و ماهیت پویایی و تغییرپذیری برخی از اطلاعات مربوط به آنها از طرف دیگر انسان را مجبور به استفاده از علوم و فنون جدید، ابزارهای کمکی و روش‌های نوین می‌کند و از جمله این دانش‌ها که مدیون پیشرفت شاخه‌های متعددی از علوم دیگر می‌باشد، فن سنجش از دور[2] و سامانه اطلاعات جغرافیایی هستند (ماجی و همکاران، ۱۹۹۳).

1- Agro-ecological Zoning
2- Remote Sensing

یکی از مهم‌ترین مراحل، ارزیابی فهرستی از منابع اراضی است که تحت عنوان پوشش و کاربری اراضی[1] نامیده می‌شود. نقشه پوشش یا کاربری اراضی در تعریف و توصیف استفاده‌ها یا تیپ‌های بهره‌وری، همچنین در تفکیک واحدهای کاری و حتی در شناخت خاک‌ها، منابع آبی و انواع پوشش گیاهی قابل استفاده است. واژه پوشش زمین شامل تمامی عوارض موجود روی اراضی می‌شود. این عوارض می‌تواند مشتمل بر مزارع، جنگل، مرتع، مناطق مسکونی، اراضی بایر، کوه، دریا و دریاچه باشند. اطلاعات کسب شده توسط ماهواره‌ها به خوبی قابلیت خود را در این زمینه به اثبات رسانده‌اند. تهیه نقشه واحد کاری اعم از نقشه خاک، نقشه واحدهای فیزیوگرافی و نقشه نواحی اکولوژیک یکی از مراحل مهم و زیر بنائی است. تعیین و شناخت هر کدام از واحدهای مزبور، به‌ویژه نقشه واحدهای خاک از طریق تفسیر تصاویر ماهواره‌ای همراه با عملیات میدانی امکان‌پذیر می‌گردد. تفکیک واحدهای خاک مبتنی بر شناخت روابط خاک با رویشگاه گیاهی زمین‌شناسی، مواد مادری، شکل اراضی و وضعیت نمای زمین است (برا و سوپارن، ۲۰۰۱).

کشاورزان اغلب بر اساس نیازها و امکانات موجود و مطابق عادت چند گیاه مختلف را کشت می کنند، اما لازم است که اطلاع بیشتری راجع به آن ها بدانند. تناوب زراعی به عنوان یکی از تاثیرگذارترین مدیریت های زراعی، از مدیریت های مختص به مکان است که گاهی اوقات کشاورزان طبق عرف اقدام به اجرای آن می کنند، اما توانمندی اراضی برای اختصاص به کشت دو محصول در دو زمان مختلف باید به شکل علمی تعیین شود، به نحوی که یک زمین ممکن است برای کشت یک محصول مناسب اما برای کشت محصول دیگر نامناسب باشد. مجموعه‌ای از عواملی که در یک الگوی تناوبی گیاهان زراعی بایستی مدنظر قرار گیرند شامل عوامل مربوط به خاک، عوامل زیستی، عوامل اقلیمی، عوامل فیزیکی و عوامل انسانی است (آینه‌بند، ۱۳۸۴).

تناوب زراعی هنوز به عنوان نوعی عملیات ضروری در نظام‌های کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (مارنکو و سانتوس، ۱۹۹۹). عملیات تناوب زراعی یا توالی کشت گونه های مختلف گیاهان در یک قطعه زمین، هزاران سال ا ست که وجود دا شته (پِیتز، ۱۹۵۴) و عمدتاً از تجارب ان سان‌ها در رابطه با باروری خاک به دست آمده است. افزایش عملکرد محصول یکی از مهم ترین تاثیرات تناوب زراعی مح سوب می شود (کارلن و همکاران، ۱۹۹۱). نقش ا صلی تناوب زراعی حفظ و افزایش حا صل‌خیزی خاک، جلوگیری از ر شد و ازدیاد آفات و بیماری‌های گیاهی، دفع علف‌های هرز، تنظیم الگوی کا شت مناسب، جلوگیری از فرسایش خاک و نظایر آن می‌باشد (شیروانی، ۱۳۶۹). عوامل موثر بر اجرای

1- Land Use

تناوب در سطح مزرعه عبارتند از اقتصاد آب آبیاری، میزان بهره‌وری از زمین، کنترل فرسایش خاک، کنترل علف‌های هرز، آفات و امراض، توزیع نیروی انسانی و ماشین‌آلات، عوامل اقتصادی و اجتماعی نظیر نوسان قیمت، فروش، جمعیت و تقاضا، امکانات حمل و نقل، وجود کارگر و رقابت با سایر محصولات، تجربه و عادت زارع و عوامل جغرافیایی و اقلیمی (خواجه‌پور، ۱۳۷۴). در عین حال استفاده از کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها (کروک‌استون، ۱۹۸۴) و استفاده از ارقام اصلاح شده و مکانیزاسیون کشاورزی (پاور و فولت، ۱۹۸۷) از دلایل عمده کاهش اجرای تناوب در سطح مزرعه عنوان شده است.

***

استفاده انسان از سرزمین به معنی بهره‌برداری از مجموعه منابع اکولوژیک هر منطقه است و در واقع کمیّت و کیفیت این منابع، توان سرزمین را برای انواع بهره‌برداری‌ها تعیین می‌کند. بنابراین، برای استفاده پایدار، باید توان منابع براساس نگرشی همه جانبه مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس براساس توان ارزیابیشده برای بهره‌برداری از سرزمین برنامه‌ریزی شود (مخدوم، ۱۳۸۴). طبقه‌بندی سیستم‌های تولیدی کشاورزی می‌تواند در دامنه وسیع و گسترده‌ای بر پایه اصول اگرواکولوژی و با دقت زیادی انجام شود (پاپاداکیس، ۱۹۶۶). در سطح ملی پهنه‌بندی اگرواکولوژیک می‌تواند با بررسی دقیق عواملی مانند الگوی بارندگی، تیپ خاک، نوع گیاهان، سیستم‌های کاشت و ویژگی‌های زمین‌شناسی صورت گیرد.

وود و پاردی (۱۹۹۸) در بررسی رابطه بین اگرواکولوژی و رشد و توسعه، نگرانی از تخریب منابع طبیعی را یادآور شده و بیان داشتند که هر چند راهبردهای سنتی، در بسیاری از موارد برای بهبود شرایط اکولوژیک مؤثر است، ولی پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و لایه‌بندی، به‌عنوان یک ابزار مهم در بررسی‌های اقتصادی- اجتماعی بسیاری از مناطق محسوب می‌گردد. کالدیز (۲۰۰۱) در تحقیقی با هدف بررسی خصوصیات اگرواکولوژیک، برآورد پتانسیل عملکرد سیب‌زمینی و محدودیت‌های افزایش آن و پهنه‌بندی مناطق کاشت آن در آرژانتین بیان داشتند که پهنه‌بندی اگرواکولوژیک ابزار مناسبی برای برآورد عملکرد، تخمین تاریخ کاشت در مناطق مختلف و تخمین پتانسیل عملکرد غده است.

موتوواتا و چمین (۲۰۰۳) برای برنامه ریزی استفاده از منابع آبی در سریلانکا با پهنه‌بندی اگرواکولوژیک مناطق دارای پوشش گیاهی، بیان داشتند که اولاً این مناطق به شدت تحت تاثیر عوامل محیطی بوده و ثانیاً با توجه به ارتباط این مناطق با چرخه هیدرولوژی، به خصوص در حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک ابزار مناسبی برای تعیین ضرورت مصرف آب برای تولید غذا، در مقابل اهمیت آن برای طبیعت می باشد. واکر و هوما (۱۹۹۶) در تحقیق جامعی به بررسی پویایی

پوشش گیاهی و نحوه استفاده از زمین‌های منطقه آمازون در برزیل پرداخته وبیان داشتند که پویایی سیستم‌های اگرواکولوژیک، ارتباط نزدیکی با چرخه‌های طبیعی موجود در آنها و توانائی‌های گروه‌های اجتماعی بهره‌بردار از این مناطق دارد. با توجه به اهمیت ارتباط این چرخه‌های طبیعی با نحوه استفاده از زمین و پویایی پوشش گیاهی، بررسی و شناخت این ارتباط از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. آنها بیان داشـــتند که با پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و لحاظ نمودن نیازهای گروه‌های بهره‌بردار از زمین، می‌توان دورنمای پایداری این سیستم‌ها را در آینده مشخص نمود.

پهنه‌بندی با اهداف آمایشی بر شناسایی استعدادهای بالقوه و بالفعل منطقه برای تشخیص زمین‌های پایدار و ناپایدار برای توسعه تأکید دارد (رجایی، ۱۳۸۲) که در آن تلاش می‌شود تا توان پهنه‌های مختلف برای ارزیابی امکان توسعه و پیش‌بینی اثرات توسعه را فراهم کند. ضوابط و ویژگی‌های اکولوژیک از بنیادی‌ترین اصولی است که باید در شناخت صحیح از توان‌های محیطی به‌منظور استفاده صحیح از زمین رعایت شوند (سعیدی و حسینی، ۱۳۸۸). سامانه‌های زراعی دارای دو جزء مهم ساختاری[1] و عملکردی[2] هستند. خصوصیات ساختاری مربوط به نوع و ترکیب منبع بیوفیزیکی مورد استفاده درسامانه زراعی، الگوی اجتماعی- اقتصادی توزیع این منبع و شکل‌نمای[3] انسانی و بیوفیزیکی آن است. ساختار از دو جهت بسیار مهم است؛ نخست این‌که عملکرد همه اجزاء به ساختار بستگی دارد و دیگر این‌که میزان تأمین نیازهای اجتماعی به ساختار سامانه زراعی بستگی دارد. مثلاً ساختار متنوع گونه‌ای، فرصتی برای تأمین نیازهای متنوع انسان است. عملکرد در یک سامانه زراعی به مفهوم چگونگی کارکرد اجزاء آن است. مثلاً جریان انرژی و چرخه‌های بیوفیزیکی جزء عملکردهای سیستم محسوب می‌شوند. عموماً سالم بودن سامانه زراعی بستگی به سلامت کارکرد این دو جزء دارد و به صورت توانایی یک سامانه زراعی درحفظ عملکرد و ساختار آن در بلندمدت تعریف می‌شود. معیارهای مختلفی برای تعیین سلامت مورد استفاده قرار می‌گیرند که تنوع زیستی از مهم‌ترین آن‌ها است. تنوع به طرق مختلفی تعریف می‌شود. واریانس بین موجودات زنده و مجموعه‌های بوم‌شناختی که این موجودات زنده می‌توانند ایجاد نمایند و تعداد اجزاء سیستم و گستره فضایی آن‌ها از جمله تعاریف متداول هستند.

واژه پهنه‌بندی اگرواکولوژیک اولین بار توسط فائو در اواسط دهه ۷۰ میلادی مطرح شد و سپس در سال ۱۹۹۶ به صورت نشریه شماره ۷۶ فائو به صورت راهنمای بین‌المللی در اختیار همگان قرار گرفت. چارچوب ارزیابی در این سیستم کاملاً شبیه روش‌های دیگر فائو برای کشاورزی آبی و دیم است.

1- Structural
2- Functional
3- Landscape

نقشه‌های ارزیابی براساس سازش‌پذیری محصولات و گیاهان یکی از ارکان مطالعات پهنه‌بندی است. اولین انتشارات پهنه‌بندی اگرواکولوژیک فائو شامل برآورد تناسب اراضی برای ۱۱ محصول در سه سطح ورودی و ۵ منطقه بود (فائو، ۱۹۹۶).

مدل‌های پهنه‌بندی اگرواکولوژیک به صورت بانک‌های اطلاعاتی برای تجزیه و تحلیل پتانسیل‌های اراضی برای انواع مختلف استفاده‌ها، به کار برده می‌شوند. مدل‌های پهنه‌بندی اگرواکولوژیک شامل مدل‌هایی برای محاسبه طول دوره رشد، نیازها (احتیاجات آبیاری)، بیومس محصول، تناسب اراضی و قابلیت تولیدی اراضی است (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۵). در این روش، منطقه مورد مطالعه براساس نحوه توزیع و پراکنش خاک، توپوگرافی و اقلیم به نواحی کوچک‌تر تقسیم‌بندی می‌شود. میزان جزئیات ارائه شده در نواحی به مقیاس مطالعه و به توانایی در تجزیه و تحلیل اطلاعات بستگی دارد. واحدهای به دست آمده همان پهنه‌های اگرواکولوژیک است (فائو، ۱۹۸۱). برای تخمین پتانسیل تولید در پهنه‌های اگرواکولوژیک از مفهوم حداکثر توده زنده و محصول قابل استحصال استفاده می‌شود. در یک منطقه خاص و برای نوع خاصی از انواع استفاده از اراضی، پتانسیل حداکثر تولید به وسیله ویژگی‌های میزان تابش، دما، کارایی فتوسنتز محصول مورد نظر و مقدار خاص توده زنده محصول به دست می‌آید. نتایج حاصل از این کار یک سری اعداد مربوط به میزان تولید محصول برای هر کدام از انواع استفاده‌های اراضی برای هر یک از واحدهای اراضی تفکیک‌شده می‌باشد که می‌توان آن‌ها را به کلاس‌های تناسب اراضی مربوط ساخت (سیس، ۱۹۹۱).

سامانه اطلاعات جغرافیایی. سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزاری قدرتمند برای تحقیقات کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی شده است. این سامانه ابزاری برای گردآوری، ویرایش، بایگانی، به‌روزسازی، پردازش و نمایش داده‌های جغرافیایی است. این سامانه روش‌های انعطاف‌پذیری را برای کشف ارتباط بین داده‌های جغرافیایی فراهم می‌آورد و به متخصصان این امکان را می‌دهد معلوماتشان را برای حل مسائل پیچیده در کنار یکدیگر قرار دهند (ادب و همکاران، ۱۳۸۷). سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک فن‌آوری برتر، نظر بسیاری از محققان رشته‌های مختلف به ویژه علوم زمین را در سرتاسر جهان به خود معطوف داشته است؛ اگرچه طی ۵۰ سال گذشته، متخصصان امر در جهت تکامل تئوریک و ساختار فنی GIS بسیار تلاش نموده‌اند، اما طی ۱۰ سال گذشته این فعالیت‌ها به اوج خود رسیده و در نتیجه پیشرفت‌های شایان توجهی حاصل آمده است. در یک نگاه ساده GIS شامل نرم‌افزارهای مخصوصی است که از طریق انواع سخت‌افزارهای رایانه‌ای مراحل تغذیه، ذخیره‌سازی، اصلاح، تغییر،

تجزیه و تحلیل و نهایتاً نمایش داده‌های مربوط به زمین و محتوای آن انجام می‌پذیرد. در واقع این فناوری با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی به منظور تحلیل انواع داده‌های جغرافیایی توسط محققان به کار گرفته می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی از دهه ۱۹۶۰ تا به حال سریع‌ترین نرخ رشد را در جهان داشته و تبدیل به صنعتی شده است که می‌توان آن را به‌منظور مدیریت بهینه زمین‌ها و سازمان‌دهی مدبرانه منابع محدود کره زمین به کار گرفت. امروزه در علوم کاربردی و فعالیت‌های کشاورزی که بر روی زمین انجام می‌گیرد کمتر اقدامی است که بی‌نیاز از شناخت محیط، موقعیت جغرافیایی، شرایط طبیعی و توان استعدادهای آن باشد. تاکید بیشتر بر برنامه‌ریزی اصولی، اهمیت و دقت اطلاعات اهمیت دارد.

دست‌کم ۵۰ سال است که GIS به طور جدی در دسترس محققان علوم زمین قرار گرفته است، اما در همین مدت محدود، این فناوری کاربردهای بسیار متعددی پیدا نموده است، چرا که توانایی ذخیره، تلفیق، پردازش و نمایش هر گونه اطلاعات جغرافیایی را دارد. به علاوه GIS دارای پایگاه اطلاعات زمین- مرجع[1] است که داده‌های مکانی و توصیفی را به طور همزمان و در یک ارتباط منطقی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. در واقع، GIS قادر است داده‌های نرم‌افزاری سایر سیستم‌های گرافیکی و رایانه‌ای را اخذ و در صورت لزوم به شکل دلخواه تبدیل نماید. در اغلب موارد، امکان دارد که با بهره‌گیری از سخت‌افزارهای الکترونیکی متعدد مانند رقوم‌گرها و اسکنرها، داده‌های مورد نیاز را به محیط GIS تغذیه نمود.

با توجه به تشابه اسمی، اکثراً به اشتباه تصور می‌کنند که GIS ابزاری است ویژه جغرافی‌دانان که فقط به‌منظور تهیه نقشه‌های جغرافیایی طراحی شده است. برخلاف این تصور باید یادآور شد که این فناوری برای مدیریت اطلاعاتی طراحی شده است که به نوعی به زمین و مکان‌های جغرافیایی مربوط می‌باشد. رشته‌های متنوع و متعددی نظیر: زمین‌شناسی، کشاورزی، نقشه‌برداری، جامعه‌شناسی، شهرسازی، عمران و محیط زیست که به راحتی می‌توانند از امکانات و توابع تحلیلی تعبیه‌شده در GIS بهره ببرند و به اهداف کاربردی رشته خود نائل شوند (شیریان، ۱۳۸۰). بسیاری از سازمان‌های مربوط به کشاورزی و کاربری اراضی، هم اکنون از روش‌های GIS بهره می‌گیرند. به‌عنوان مثال، داده‌های مربوط به کاربری اراضی و هواشناسی حاصل از ماهواره‌ها، اندازه‌گیری‌های زمینی و اطلاعات مربوط به محصول سال قبل، همه با هم برای پیش‌بینی میزان یک یا چند نوع محصول در یک منطقه می‌توانند تجزیه و تحلیل شوند (سردقی، ۱۳۹۱). بارو (۱۹۹۳) دو اصل مهم در مورد استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

1- Georefrence Database

را چنین بیان می‌کند: نخست، این تکنیک برای هدفی خاص، داده‌های رقومی پایه را در یک مجموعه هماهنگ ذخیره می‌کند. دوم، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تصمیم مناسب در مورد هدفی خاص اتخاذ نماید. وی احیاء زیستگاه‌ها و رویشگاه‌ها را از موارد استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی معرفی می‌کند و مدل‌های مختلف را در این زمینه ارائه می‌دهد که می‌توانند محل‌های مناسب را برای گونه‌های مختلف معرفی کنند. سنجش از دور در مراحل مختلف ارزیابی اراضی کارائی دارد.

۱-۵ تعیین توابع ارزیابی شاخص‌های ارائه‌شده بر مبنای تلفیق شاخص‌های اقلیمی، گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک

توابع گوناگونی برای ارزیابی شاخص‌های اقلیمی، خاکی، گیاهی و آبی و تلفیق آنها پیشنهاد و تدوین شده است که عموماً در قالب پهنه‌بندی و تناسب اراضی به این موضوع پرداخته‌اند. ادب (۱۳۸۵) مناطق مستعد کشت گیاه کلزای پاییزه را در محدوده شهرستان سبزوار بررسی کرد. وی برای انجام این پهنه‌بندی از داده‌های محیطی مختلفی شامل اقلیم، ویژگی‌های خاک، توپوگرافی و غیره با مدل‌سازی رگرسیون چند متغییره استفاده کرد. پورشهبازی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از منطق فازی[1] تناسب اراضی کشاورزی استان اصفهان را به‌منظور کشت گیاه سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند که به این منظور از عوامل اقلیمی، توپوگرافی، زمینی (اطلاعات مربوط به خاک، کاربری اراضی و بیماری‌ها) و عوامل انسانی استفاده نمودند. نتایج نشان داد، حدود ۱۷ هزار کیلومترمربع از کل اراضی زراعی این استان (معادل ۱۶/۴۳ درصد از کل اراضی) قابلیت کشت مطلوب برای گیاه سیب‌زمینی را دارد.

مداحی و همکاران (۲۰۱۴) جهت آنالیز تناسب اراضی کشاورزی برای کشت برنج در منطقه آمل ایران با استفاده از رهیافت تصمیم‌گیری چندمعیاره[2] و سامانه اطلاعات جغرافیایی مطالعه‌ای را انجام دادند. آن‌ها در مطالعه خود تکنیک‌های تحلیلی مختلفی را در محیط GIS انجام دادند که شامل درون‌یابی[3] و هم‌پوشانی بر اساس آنالیز چند معیارهAHP[4] بود. همچنین در این مطالعه از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ جهت تهیه DEM[5] و TINs[6] منطقه و همچنین استخراج لایه‌های شیب و جهت شیب استفاده گردید. در ضمن از تصاویر ماهواره‌ای TM[7] با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر جهت استخراج لایه

1- Fuzzy Logic
2 - Multiple Criteria Decision Making
3 - Interpolation
4- Analytic Hierarchy Process
5- Digital Elevation Model
6- Triangulated Irregular Network
7 - Thematic Mapper

کاربری اراضی با کمک تکنیک طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. اطلاعات مربوط به چشمه‌ها، رودها و نهرها نیز از سازمان آب تهیه و در محیط GIS به‌صورت نقشه درآمدند. جهت تهیه نقشه‌های اقلیمی از اطلاعات مربوط به یک دوره‌ی اقلیمی ۱۰ ساله استفاده گردید. بخش دیگر داده‌ها شامل ویژگی‌های خاکی، عوامل اجتماعی- اقتصادی (مانند در دسترس بودن و بازارسانی) و عوامل زیست‌محیطی (آلودگی خاک و ظرفیت کاربری اراضی) بودند که در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که ۶/۸ درصد از اراضی بسیار مناسب، ۲۵/۸ درصد اراضی مناسب، ۳۶ درصد نیمه‌مناسب و ۱۶/۹۱ درصد اراضی برای کشت گیاه برنج نامناسب هستند.

جعفری و زارع‌دار (۲۰۱۰) به‌منظور بررسی تناسب اراضی در آبخیز طالقان ایران از رهیافت تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده نمودند. عواملی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت شامل فاکتورهای پوشش گیاهی (نوع و تراکم گیاهی)، خاکی (فرسایش، هیدرولوژی خاک، عمق، ساختمان و بافت خاک)، توپوگرافی (شیب و ارتفاع)، اقلیمی (بارش و دما) و عوامل اقتصادی (کاربری زمین، فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آب سطحی) بود. لایه‌های تهیه‌شده مربوط به این عوامل با کمک رهیافت تصمیم‌گیری چندمعیاره ادغام شدند. نتایج نشان داد که نواحی بسیار مناسب با مساحت ۱۰۱/۷۵ هکتاری سهم بسیار کمی از ۸۰ هزار هکتار کل اراضی را داشت. همچنین بخش بزرگی از مراتع این منطقه که مساحتی برابر با ۵۶۲۲۸ هکتار داشتند در طبقه‌ی تقریبا مناسب (تناسب ضعیف) قرار گرفتند و ۳۶۷۰/۲۵ هکتار از اراضی درای تناسب اراضی متوسط بودند.

فیضی‌زاده و بلاچک (۲۰۱۲) به‌منظور بهینه کردن استفاده از منابع زمینی در بهره‌وری کشاورزی و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و یک رهیافت ارزیابی چندمعیاره، وضعیت تناسب اراضی استان تبریز را مورد تحلیل قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود از داده‌های خاکی، داده‌های مربوط به شرایط اقلیمی (داده‌های یک دوره ۳۰ ساله) و دسترسی به آب آبیاری استفاده کردند. جهت تهیه‌ی لایه کاربری اراضی و پوشش گیاهی اراضی از تصاویر سنجنده SPOT[1] با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر استفاده شد. به‌منظور تهیه اطلاعات خاکی از نقشه‌های ۱: ۵۰۰۰۰ جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی استفاده گردید. از نقشه‌های ۱: ۲۵۰۰۰ برای تهیه لایه‌های DEM و TINs جهت استخراج نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع استفاده شد. در نهایت لایه‌های تهیه شده در محیط GIS با یکدیگر تلفیق شدند. نتایج نشان داد که از ۲۱۲۳۹۳ هکتار کل اراضی زراعی مورد بررسی، ۶۵۶۷۶ هکتار از

1 - Satellite Pour l’Observation de la Terr

اراضی جهت کشت آبی و ۱۲۰۸۷۲ هکتار از اراضی برای کشت دیم مطلوب بودند و مابقی اراضی برای استفاده کشاورزی نامناسب بودند.

ذبیحی و همکاران (۲۰۱۴) اراضی زراعی حوزه‌ی آبخیز رامسر ایران را با کمک اطلاعات جغرافیایی از لحاظ پتانسیل اگرواکولوژیک پهنه‌بندی نمودند. به این منظور از نقشه‌های جغرافیایی ۵۰۰۰۰ :۱، نقشه پوشش گیاهی، اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (دما و بارش یک دوره ۳۰ ساله)، بارش سالانه منطقه، دستگاه موقعیت‌یاب جهانی و نقاط کنترل زمینی[1] استفاده گردید. به‌منظور تهیه لایه‌ی شیب از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۸۰ متر منطقه استفاده شد. نتایج نشان داد که تنها ۳۰ درصد اراضی این منطقه قابلیت کشاورزی دارند. در ۷۰ درصد اراضی باقی‌مانده عامل محدود کننده شیب بالای ۲۶ درصد این اراضی بود.

نعمت‌اللهی و همکاران (۲۰۱۲) وضعیت اراضی زراعی دشت مشهد در استان خراسان رضوی را از لحاظ اگرواکولوژیک برای کشت گیاهان گندم، چقندرقند و ذرت مورد بررسی قرار دادند. جهت انجام این مطالعه از اطلاعاتی مانند شیب، ارتفاع، درجه روز رشد مربوط به تک‌تک گیاهان مورد بررسی، دمای بیشینه، دمای کمینه و دمای میانگین منطقه مورد مطالعه استفاده شد. برای استخراج لایه‌ی DEM منطقه از تصاویر سنجنده IRS[2] با تفکیک مکانی ۲۳/۵ متر و نقشه‌های جغرافیایی ۲۵۰۰۰ :۱ استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده نواحی مساعد کشت این گیاهان استخراج گردید. همچنین نتایج نشان داد که در دشت مشهد شرایط برای رسیدن به عملکرد پتانسیل در گیاهان ذرت، گندم و چغندرقند وجود دارد.

پورخباز و همکاران (۲۰۱۴) تناسب اراضی دشت تاکستان قزوین را جهت تعیین کاربری بالقوه کشاورزی در این منطقه مورد ارزیابی و تحلیل قرار دادند. اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه متغیرهای فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی بودند. متغیرهای فیزیکی شامل شکل زمین (شیب و ارتفاع)، منابع آبی (آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی)، خاک (نوع خاک، بافت، زهکش، عمق خاک، وضعیت حاصلخیزی و فرسایش) و اقلیمی (بارندگی، رطوبت و دما) بود. متغیرهای بیولوژیکی شامل تراکم پوشش گیاهی و وضعیت حیات وحش بود و متغیرهای اقتصادی-اجتماعی نیز شامل جمعیت، سطح سواد، وضعیت اشتغال، مرکزیت (فاصله تا نقاط شهری)، نواحی زراعی و نوع دسترسی بودند. نتایج نشان داد که حدود ۵۰ درصد اراضی با میزان شدت بالا تا متوسط برای کشاورزی مناسب بودند و ۳۰/۶

1 - Ground Control Points
2 - Indian Remote Sensing

درصد از اراضی این منطقه برای هرگونه فعالیت کشاورزی نامناسب بود. با توجه به نتایج بدست آمده شیب زیاد، ارتفاع و خاک نامناسب مهم‌ترین عوامل نامساعد برای کشاورزی بودند.

جعفربیگلو و مبارکی (۱۳۸۷) تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران را براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بررسی کردند. در این تحقیق نیازهای اکولوژیک زعفران از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و به کمک محیط نرم‌افزاری ArcGIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت و براساس آن اراضی استان قزوین از نظر قابلیت کشت زعفران ارزیابی و پهنه‌بندی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران کارآمد بوده و براساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شده است.

خوش‌اخلاق و سلطانی (۱۳۹۰) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به پهنه‌بندی اقلیم-کشاورزی جهت کشت توت‌فرنگی در استان مازندران پرداختند. ارتفاع، شیب، دما، نوع زمین و خاک متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش بودند که پس از تهیه لایه‌ی رستری هرکدام از این متغیرها از روش هم‌پوشانی وزنی برای ادغام این متغیرها استفاده گردید. نتایج بیانگر وضعیت مطلوب کشت توت‌فرنگی در استان مازندران بود به‌طوری که بیشترین مساحت به تناسب‌های خیلی خوب و خوب تعلق داشت و تناسب ضعیف کمترین مساحت را داشت.

عسگری و همکاران (۱۳۸۸) پهنه‌بندی اگرواکولوژیک در منطقه تاکستان را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. در این تحقیق با تلفیق روش‌ها و ابزارهای جدید توسعه کاربری پهنه‌بندی اگرواکولوژیک را در منطقه تاکستان نشان داده شد. پهنه‌های اگرواکولوژیک مطابق روش فائو صورت گرفت و پس از پهنه‌بندی اقلیمی- کشاورزی و پهنه‌بندی خاکی- کشاورزی در نهایت ۲۷ واحد اکولوژیک کشاورزی تعیین شد. کلاس‌های تناسب اراضی، میزان پتانسیل تولید و میزان تولید در هر یک از پهنه‌ها برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای و یونجه محاسبه گردید. محدودیت‌های موجود عمدتاً محدودیت‌های توپوگرافی در بخش‌های غربی و محدودیت‌های شوری و قلیاییت در قسمت‌های شرقی منطقه مورد مطالعه بود. در نهایت مقایسه‌ای بین کاربری فعلی که از پردازش تصاویر ماهواره IRS تهیه شد انجام گرفت و پتانسیل هر یک از پهنه‌ها برای کاربری کشت آبی و دیم و مشاهده عدم تطابق کاربری‌های موجود با پتانسیل اراضی در برخی از پهنه‌ها اهمیت هر چه بیشتر برنامه‌ریزی کاربری اراضی در منطقه را آشکارتر می‌سازد.

دادگر و همکاران (۱۳۸۸) به ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت گلرنگ و سویا در منطقه دماوند به روش کشت فاریاب پرداختند. نتایج ارزیابی کیفی اراضی نشان داد که ویژگی‌های اقلیمی در رشد و تولید محصولات مورد نظر در منطقه به ترتیب باعث کاهش ۳۷/۵ و ۵/۵ درصدی برای تولید محصول سویا و گلرنگ نسبت به تولید پتانسیل آن‌ها خواهد شد. هم‌چنین عوامل محدودکننده تولید برای محصول گلرنگ، آهک، پستی و بلندی وpH و در مورد محصول سویا وجود آهک و سنگریزه و در برخی از واحدهای اراضی و توپوگرافی تشخیص داده شد.

فرجنیا (۱۳۸۴) به ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید چغندرقند در دشت یکانات مرند پرداخت. نتایج بررسی نشان داد که منطقه مرند برای کاشت چغندرقند دیم نامناسب است؛ زیرا دوره رشد این محصول خارج از دوره رشد منطقه (۲۱ آبان- ۱۵ اردیبهشت) است. اما در این منطقه برای کاشت چغندر آبی محدودیت اقلیمی وجود ندارد. ارزیابی تناسب تک‌تک واحدهای اراضی با روش پارامتریک نشان داد محدودیت اصلی این اراضی برای کاشت چغندرقند، شوری خاک است.

دماوندی و همکاران (۱۳۸۹) پهنه‌بندی گندم دیم را در استان زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. در این مطالعه اطلاعات خاک و اراضی، توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع) و داده‌های هواشناسی (نوع اقلیم، متوسط بارندگی و متوسط دما) استان زنجان مطالعه شد و منطقه براساس استعداد کشت گندم به مناطق کاملاً مناسب، مناسب، مناطق با تناسب بحرانی یا ضعیف و مناطق نامناسب پهنه‌بندی گردیدند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۵/۶ درصد اراضی دارای کیفیت مناسب، ۸۴/۳ درصد دارای تناسب ضعیف، ۱/۴۶ درصد نامناسب و اراضی کاملاً مناسب برای زراعت دیم گندم وجود ندارد. در این استان مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید گندم دیم، کمبود رطوبت، خصوصیات خاک و شیب اراضی بوده است.

به‌منظور تعیین ارتباط پوشش گیاهی با خاک و واحدهای مورفولوژی در بخشی از مراتع حوزه‌ی واز در استان مازندران تحقیقی انجام شد که در آن فاکتورهای خاک از قبیل نیتروژن، ماده‌ی آلی، pH، EC، بافت و ساختمان با پارامترهای پوشش گیاهی (تاج پوشش و تراکم) و تعیین نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع منطقه و هم‌پوشانی این نقشه‌ها با استفاده از GIS انجام شد. بررسی عوامل مورفولوژی بر پوشش گیاهی نشان داد که جهت، شیب و ارتفاع بر تغییرات درصد پوشش تاجی و تراکم گونه‌های مورد مطالعه تأثیر دارد و در بررسی عوامل ادافیکی روی گونه‌های گیاهی تعیین شد که EC، pH و رس به ترتیب بیش‌ترین اثر را بر پوشش تاجی و EC، رس، نیتروژن و pH بیش‌ترین تأثیر را بر روی تراکم اغلب گونه‌ها دارند (مرادی و احمدی‌پور، ۱۳۸۵).

پیرمرادی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در دشت ملایر در استان همدان پرداختند. در این تحقیق پس از بررسی و اصلاح برخی اطلاعات پایه هم‌گام با پیمایش‌های صحرایی متعدّد و با استفاده از تکنیک GIS محل‌های مناسب برای این سازه مشخص شد. به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر در مورد اولویت‌بندی مکان‌های مشخص شده از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در نهایت از ۲۷ مکان مناسب مشخص شده در منطقه مورد مطالعه در مرحله اولیه، تنها ۹ منطقه برای اولویت‌بندی معرفی شدند که در قالب یک نقشه به ترتیب اولویت ارایه شدند.

فلاح‌میری و همکاران (۱۳۸۷) پهنه‌بندی توان اگرواکولوژیک حوزه معرف کسیلیان را با سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. نتایج نشان داد که ۲۶ درصد اراضی حوزه دارای کاربری کشاورزی است. عوامل محدودکننده کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه شامل دمای هوا، بارندگی، اسیدیته خاک، تکامل یافتگی خاک، دانه‌بندی خاک، زهکشی خاک، بافت خاک و شیب زمین‌های زراعی بود.

بیات (۱۳۹۰) ارزیابی تناسب اراضی جهت تولید گندم، یونجه، جو و گوجه فرنگی را در مناطق ورامین، هشتگرد، پاکدشت و شهریار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام داد. نتایج مطالعه نشان داد در شهرستان ورامین به ترتیب در ۵۶٪ و ۴۹٪ زمین‌های زیر کشت گندم و جو پتانسیل تولید حاصل نمی‌شود. ارزیابی مشابه در شهرستان هشتگرد نشان داد در این منطقه عدم حصول به پتانسیل تولید در ۳۳٪ (معادل ۱۵۱۳۸ هکتار) زمین‌های زیر کشت گندم دیده می‌شود. بررسی نقشه‌های دماهای اکسترمم نیز نشان داد که محصولات منتخب در مناطق مورد بررسی در طول فصل رشد خود با ریسک دماهای حداقل و حداکثر مواجه نیستند و بدون نگرانی می‌توان توصیه به کشت محصولات در این مناطق داشت. با توجه به فرایند چهار مرحله‌ای طراحی الگوی کاشت در یک منطقه می‌توان از نتایج این‌گونه مطالعات برای این منظور بهره جست.

قائمیان و همکاران (۱۳۸۱) به ارزیابی تناسب اراضی برای گندم، چغندرقند و یونجه به روش پارامتریک در اراضی منطقه پیرانشهر آذربایجان غربی پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد که مهم‌ترین ویژگی‌های محدودکننده اراضی در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: توپوگرافی و سیل‌گیری. در محدوده مورد مطالعه کلاس‌های اقلیمی برای گندم و چغندر قند مناسب و برای یونجه نسبتاً مناسب تعیین گردید. در این تحقیق شاخص اراضی به‌دست آمده برای گندم بالاتر از شاخص‌های به‌دست آمده برای یونجه و چغندرقند بود و از دو روش پارامتریک مورد استفاده (شاخص استوری و ریشه دوم)، روش ریشه دوم با واقعیت‌های موجود در منطقه پیرانشهر تطابق بیشتری نشان داد. کارلوس و همکاران

(۲۰۰۵) پهنه‌بندی اقلیمی کشاورزی را برای محصول برنج با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک انجام دادند. با محاسبه میزان بیومس محصول و به‌دست آوردن شاخص‌های اقتصادی طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ اقدام به ارزیابی اقتصادی برای هر پهنه نمودند و میزان سوددهی را برای هر ناحیه به‌دست آوردند.

ذوالفقاری و مرادی (۱۳۸۳) با روش تحلیل خوشه‌ای فصول طبیعی استان کرمانشاه را بر مبنای داده‌های درجه حرارت حداکثر، حداقل و متوسط روزانه چهار ایستگاه به عنوان نماینده طی دوره آماری پانزده ساله مطالعه کردند و به این نتیجه دست یافتند که سال به دو فصل نسبتاً طولانی گرم و سرد تقسیم می‌شود. همچنین وی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای منطقه آذربایجان را در شمال غرب کشور بر مبنای دماهای میانگین حداقل و حداکثر و دماهای میانگین ماهانه به چهار ناحیه تقسیم کرد.

باگات و همکاران (۲۰۰۹) در ایالت هیماچال پرادش[1] هند با استفاده از رهیافت سیستم اطلاعات جغرافیایی به پهنه‌بندی اراضی دارای پتانسیل کشت غلات (گندم- جو- ذرت و برنج) پرداختند. در این پژوهش مشخص شد که نواحی واجد پتانسیل کشت گندم معادل ۴۱۰ هزار هکتار است، در حالی‌که عملاً سطح زیرکشت این محصول در این ایالت ۳۶۰ هزار هکتار می‌باشد، بنابراین افزایش ۱۳ درصدی در سطح زیرکشت این محصول قابل انتظار است. به طور مشابه این رقم در مورد محصولات جو و برنج به ترتیب ۳۸۴ و۲۲ هزار هکتار برآورد شد. بر عکس سطح زیرکشت ذرت به میزان ۱۰ درصد (معادل ۳۱ هزار هکتار) بیش از آن‌چه مناسب کشت این محصول بود تشخیص داده شد.

رابیا و همکاران (۲۰۱۳) تناسب اراضی کشاورزی بین سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای را در اتیوپی به‌منظور کمک در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مورد مقایسه قرار دادند. شاخص‌های مورد استفاده برای بررسی تناسب اراضی شامل درجه شیب زمین، میزان سنگلاخی بودن، وضعیت زهکشی، بافت خاک، عمق خاک، وضعیت آهک خاک، میزان شوری، درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی بودند. نتایج نشان داد که تنها ۱۵ درصد از اراضی برای آبیاری به روش سطحی مناسب بودند که این به دلیل تفاوت در عوامل میزان سنگلاخی بودن زمین و وضعیت توپوگرافی اراضی بود. آن‌ها همچنین دریافتند که فن‌آوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت مدل‌سازی و توسعه نقشه‌های تناسب اراضی بسیار کارا و مفید هستند.

کوشواها و همکاران (۲۰۱۰) کاربرد سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سامانه موقعیت‌یاب جهانی را در طراحی توسعه پایدار زمین و منابع آبی در حوضه‌ی پاتری‌راو مربوط به منطقه هاویدوار

1- Himachal Pradesh

هند، مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها در پژوهش خود از تصاویر ماهواره‌ای IKONOS جهت تهیه و تشریح نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده نمودند. لایه‌های اطلاعاتی اولیه و ثانویه که شامل کاربری و پوشش اراضی، تراکم جنگلی، تنوع زیستی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، لایه‌ی هیدرومورفولوژی، نوع خاک، میزان فرسایش‌پذیری خاک و لایه تناسب کشت گیاهان زراعی بودند، تهیه گردیدند. علاوه بر اطلاعات قبلی، عوامل اجتماعی، اکولوژیک و اقتصادی نیز لحاظ گردیدند. مجموعه‌ای از اصول تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شده و لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده بر این اساس با یکدیگر تلفیق شدند. نتایج چشم‌انداز بسیار خوبی را برای استفاده از فن‌آوری‌های مکانی ادغام شده، جهت طراحی توسعه‌ی حوضه‌ی آبخیز نشان داد. همچنین نتایج نشان داد حدود ۵۰ درصد اراضی جنگلی بودند و مابقی اراضی موجود برای کشت ذرت و خردل بسیار مناسب بودند. هچنین نتایج نشان داد که حدود ۴ درصد از کل اراضی برای کشت گیاهان زراعی نامناسب بودند.

گوپالا کریشنا و رجیل (۲۰۱۴) به بررسی تناسب اراضی حوضه‌ی آبخیز رودخانه آنجاراکاندی در ایالت کرالای هند جهت کشاورزی پرداختند. به این منظور از داده‌های ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده گردید. همچنین در این پژوهش از داده‌های توپوگرافی، خاکی و... استفاده گردید و با به‌کارگیری روش هم‌پوشانی وزنی این لایه‌ها تلفیق گردیدند و ۵ طبقه تناسب اراضی تعیین شد. نتایج نشان داد که ۸/۳ درصد اراضی تناسب بسیار کم، ۱۷/۰۳ درصد اراضی تناسب بسیار کم، ۳۴/۶۳ درصد اراضی تناسب متوسط، ۳۲/۷۹ درصد اراضی تناسب بالا و ۷/۲۵ درصد اراضی تناسب خیلی بالا داشتند.

نورمیاتی و باجا (۲۰۱۴) با استفاده از رهیافت‌های فازی به ارزیابی تناسب اراضی منطقه ماروس اندونزی پرداختند. جهت انجام این مطالعه، ویژگی‌های اراضی به صورت رسترهای پیوسته با ارزش صفر و یک تبدیل شدند. اطلاعاتی که مورد استفاده قرار گرفتند شامل ویژگی‌های خاکی و توپوگرافی بودند که ارزش‌دهی به این اطلاعات براساس مناسب بودن آن‌ها برای گیاه زراعی ذرت صورت گرفت. نتایج نشان داد که حدود ۲۵ درصد اراضی کشاورزی دارای شاخص تناسب اراضی (LSI)[1] بالای ۷۰ درصد (مناسب و بسیار مناسب) بود، حدود ۱۱ درصد اراضی دارای شاخص تناسب اراضی بین ۰/۵۰ تا ۰/۷۰ (نسبتا مناسب) بود و ۶۳ درصد اراضی شاخص تناسب اراضی زیر ۰/۵۰ (نامناسب) گرفتند. بر اساس بررسی‌ها، عامل اصلی محدود کننده کشت ذرت در این منطقه عامل توپوگرافی (به‌ویژه شیب اراضی) بود.

1- Land Suitability Index

رابیا و هارب (۲۰۱۲) مطالعه‌ای را به‌منظور توسعه یک رهیافت مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تناسب اراضی طراحی کردند. هدف از این مطالعه کمک به مدیران اراضی جهت شناسایی نواحی دارای مانع فیزیکی برای کشت یک محصول خاص و طراحی کشاورزی در منطقه‌ی کیت آوولالوی اتیوپی بود. جهت انجام این پژوهش از دو مجموعه داده استفاد شد که این دو مجموعه شامل اطلاعات آزمایشگاهی (بافت خاک، آهک خاک، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک) و اطلاعات مزرعه‌ای (زهکش، عمق خاک، شیب زمین، میزان سنگلاخی بودن زمین و ارتفاع) بود. نتایج نشان داد که اراضی که هیچ‌گونه محدودیتی برای کشاورزی نداشتند ۷ درصد کل اراضی را تشکیل می‌دادند و حدود ۶۷ درصد اراضی برای کشاورزی مناسب بودند.

موسامانیوندا و گئورگه‌گواری (۲۰۱۴) جهت کشت گیاهان ذرت و بادام زمینی در مناطق نیمه‌مرطوب نیجریه با به‌کارگیری متغیرهایی مثل عمق خاک، بافت خاک، ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در دسترس، وضعیت زهکش، اسیدیته خاک، شیب، اشباع بازی، کربن آلی و هدایت الکتریکی تناسب اراضی منطقه مورد بررسی را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که برای کشت این دو گیاه هیچ منطقه‌ای بسیار مناسب نیست و اکثر اراضی برای کشت این گیاه نسبتا مناسب بودند.

مان‌کانداری و همکاران (۲۰۱۳) جهت کشت گیاه ذرت در منطقه باتون اندونزی تناسب اراضی این منطقه را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت اراضی این منطقه را از لحاظ اکولوژیک پهنه‌بندی نمودند. متغیرهای کمکی شامل متغیرهای اقلیم (دمای هوا، رطوبت و بارندگی)، خاک (بافت، اسیدیته، میزان کربن آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی رس خاک، وضعیت زهکشی و فرسایش) و فیزیوگرافی (پستی و بلندی، شکل زمین، ارتفاع) بود. نتایج نشان داد که به‌دلیل وجود محدودیت شدید در برخی از عوامل میزان اراضی برای کشت ذرت در این منطقه بسیار کم بود و تنها ۰/۶۴ درصد از اراضی (معادل ۵۰۹/۶ هکتار) نسبتا مناسب بودند. در این منطقه ۸۱/۸۵ درصد اراضی به‌طور دایم برای کشت ذرت نامناسب بود و ۱۷/۴۷ درصد اراضی درحال حاضر برای کشت ذرت نامناسب هستند.

مصطفی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و به‌کارگیری یک رهیافت تصمیم‌گیری چندمعیاره، وضعیت تناسب اراضی گیاهان خردل، نیشکر، گندم، جو، ارزن مرواریدی، ذرت، پنبه، برنج و سورگم در منطقه‌ی آگرا در ایالت اوتارپرادش هند را مورد بررسی قرار دادند. در گام نخست لایه‌ی کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای استخراج گردید. داده‌های شیمیایی (اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان آهک خاک) و فیزیکی (بافت خاک، عمق خاک و ظرفیت آب قابل دسترس گیاه) جهت تهیه نقشه تناسب

بهتر استفاده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و AHP ترکیبی قدرتمند برای بررسی تناسب اراضی و مطالعاتی از این قبیل است.

اسا (۲۰۱۴) مطالعه‌ای را به‌منظور بررسی تناسب اراضی منطقه‌ی دراوردای اتیوپی با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و SLA[1] جهت کشت گیاهان ذرت و سورگم انجام داد. به این منظور از داده‌های اقلیمی (متوسط دمای سالیانه، بارندگی و متوسط طول دوره‌ی رشد)، توپوگرافی (ارتفاع) و خاکی (درصد اشباع بازی، اسیدیته، عمق خاک، بافت خاک و وضعیت زهکشی) استفاده گردید. نتایج نشان داد که برای کشت گیاه ذرت ۴ طبقه تناسب و برای گیاه سورگم ۲ طبقه تناسب بدست آمد. برای گیاهان ذرت و سورگم به‌ترتیب ۷۰/۶۷ و ۴۰/۲۵ درصد اراضی تناسب متوسط داشتند و همچنین ۲۷/۳۶ و ۵۹/۷۵ درصد از اراضی به‌ترتیب برای کشت ذرت و سورگم نسبتا مناسب بودند. برای کشت گیاه ذرت ۱/۹ درصد اراضی بسیار مناسب بودند و مساحت بسیار ناچیزی از اراضی برای کشت ذرت نامناسب برآورد گردید.

چیکودزی و موتوو (۲۰۱۲) با استفاده از منطق فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی به پهنه‌بندی اگرواکولوژیک استان ماسوینگو در زیمباوه پرداختند. در این تحقیق از داده‌های اقلیمی ۵ ایستگاه، طول فصل رشد، بارش، پوشش زمین، ارتفاع، ضریب آب خاک، عمق خاک، نوع خاک، نزدیکی به آب، شیب، درصد اراضی فرسایش یافته به‌وسیله آب، اطلاعات مربوط به تنش‌های خشکی شدید طی فصل رشد و جوامع اکولوژیک غالب استفاده شد. این اطلاعات در محیط GIS ترکیب شدند و برای بررسی تناسب یا عدم‌تناسب از ۱۰ تا ۱۰۰ امتیازدهی شدند و بر این اساس برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیک مدلی ارائه شد. نتایج نشان داد که کل اراضی این استان به سه بخش تقسیم گردید. ۱۳۹۰۷۸۲/۷۵ هکتار از اراضی برای کشاورزی مناسب بودند، ۲۷۹۲۴۰۴/۸۹ هکتار از اراضی برای کشاورزی داردی تناسب متوسط بودند و درنهایت ۱۳۳۷۹۴۶/۱۷ هکتار از اراضی برای کشاورزی نامناسب بودند.

تین‌وانگ و همکاران (۲۰۰۹) کشت گیاهان نیشکر و کاساوا را در استان کانچانابوری تایلند با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی امکان‌سنجی نمودند. در این مطالعه عواملی از قبیل عوامل فیزیکی (بارندگی سالیانه، دما، شیب، پتانسیل خاک و عرضه آب)، اجتماعی-اقتصادی (فاصله تا جاده‌ی اصلی، فاصله تا محل‌های فرآوری) و خاکی (وضعیت زهکش، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد اشباع بازی و بافت خاک) استفاده شد. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای TM نیز استفاده گردید. نتایج نشان داد که برای کشت گیاه نیشکر ۵۲/۵ درصد و برای کشت گیاه کاساوا ۴۵/۱

1- Simple Limitation Approach

درصد از اراضی در طبقه‌ی تناسب بالا و متوسط قرار گرفت. همچنین نتایج نشان داد درصد کمی از اراضی برای کشت این گیاهان (۲/۴۶ درصد برای نیشکر و ۵/۵۷ درصد برای کاساوا) نامناسب بودند.

تای‌دیو و ون‌کان (۲۰۱۴) به منظور بررسی تناسب اراضی منطقه هوواونگ در ویتنام با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه‌ای را انجام دادند. در این مطالعه از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰، اطلاعات نوع خاک، تراکم پوشش گیاهی، شیب، سیستم‌های آبیاری، نقشه کاربری اراضی و اطلاعات مربوط به ترافیک استفاده شد. همچنین ۴ نوع سیستم کشت که شامل کشت برنج بهاره- برنج تابستانه، کشت برنج بهاره- یک گیاه تابستانه، کشت گیاهان زراعی یک‌ساله و کشت گیاهان چند ساله بودند نیز تعریف گردید. نتایج نشان داد که برای این ۴ نوع سیستم کشت بیش از ۹۰ درصد اراضی نامناسب هستند و در این منطقه اراضی مناسب کشاورزی بسیار کم هستند، بنابراین جهت افزایش تولید نگاه‌ها به بهره‌وری در واحد زمین باشد.

ولانداری و همکاران (۲۰۱۴) به تحلیل تناسب اراضی برای کشت گیاهان بیودیزل در کمیری‌سونان در استان وست‌جاوا در اندونزی پرداختند که در این مطالعه از روش ارزیابی چندمعیاره استفاده شد. متغیرهای کمکی در این مطالعه متغیرهای اقلیمی (ارتفاع، بارش، تعداد ماه‌های خشک، دما و رطوبت) و زمینی (شیب زمین، بافت خاک، اسیدیته خاک، ضخامت لایه سولوم خاک و وضعیت زهکش) بودند. بر این اساس اراضی منطقه به ۴ طبقه تناسب تقسیم شدند. کل اراضی مناسب ۹۸۱۰۶۷/۲ هکتار بود که معادل ۲۵/۷۱ درصد کل اراضی (۲/۳۶ درصد اراضی متناسب، ۲۱/۷۸ درصد اراضی با تناسب متوسط و ۲/۵۷ درصد اراضی با با تناسب پایین) بود و ۲۶۹۱۵۱۲/۷۵ هکتار اراضی که معادل ۷۴/۲۹ درصد اراضی بود برای کشت این گیاهان نامناسب بود.

بوباده و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی کاربری اراضی منطقه سیونی، مادهایاپرادش هندوستان بر مبنای GIS پرداختند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کاربری اراضی توسط آن‌ها نشان داد که ۴۴٪ از اراضی قابلیت کشت ندارند و برای کاربری‌هایی مانند جنگل-مرتع و حفاظت حیات وحش مناسب بودند و ۵۶٪ از اراضی قابل کشت بودند که ۲۴٪ مناسب سورگوم-سویا و ۱۵٪ مناسب سورگوم-پنبه گزارش شد. ۱۸٪ باقی‌مانده برای برنج، مرکبات، ذرت، آفتابگردان و سبزیجات اختصاص یافت.

چن و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی جامع نواحی اکولوژیک مساعد تنباکو بر مبنای GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در استان حنان چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌تر نواحی غرب و جنوب این منطقه، نواحی بسیار مناسب کشت توتون است که طبق محاسبات حدود ۲۲/۵۲

درصد از منطقه را شامل می‌شود. دلیل این امر وجود دما، تابش آفتاب و بارش مناسب، pH متوسط و مقدار بالای ماده‌ی آلی در این مناطق است.

مشرقی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به بررسی پتانسیل تناسب اراضی کشاورزی در جمهوری یمن پراختند. آنان در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه را براساس ویژگی‌های فیزیوگرافی و شرایط اقلیمی به پنج کلاس عالی (۲٪)، خوب (۱۹٪)، متوسط (۴۱٪)، ضعیف (۲۱٪) و خیلی ضعیف (۱۷٪) طبقه‌بندی کرده و مهم‌ترین عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی در منطقه مورد نظر را ویژگی‌های فیزیکی خاک به‌ویژه عمق خاک، بافت خاک، وضعیت زهکشی و مقدار بارندگی عنوان کردند.

تودورویک و همکاران (۱۹۹۳) یک پایگاه اطلاعاتی برای شناسایی و تعیین واحدهای اقلیم زراعی در ناحیه آپولیا در جنوب ایتالیا تشکیل دادند و براساس ترکیب عوامل مختلفی همچون: واحدهای اداری، پهنه‌های آب و هوایی، پوشش خاک و نواحی توپوگرافیک و نیز کاربری‌های اراضی به همراه نقشه‌های قابلیت تولید، این واحدها را معرفی کرده‌اند.

رایت و همکاران (۲۰۰۳) مطالعه‌ای را در جنوب ایالت آیداهو در آمریکا انجام دادند و روش‌های تحلیل مکانی مختلف را در مزارع گندم تحت شرایط تنش آبی و به صورت غیر یکنواخت با استفاده از تصاویر IKONOS و QUICKBIRD مورد آزمون قرار دادند. در این تحقیق شاخص NDVI[1] محاسبه شد و با استفاده از GIS عملکرد محصول گندم طی فصل رشد اندازه‌گیری شد و محدوده‌های مناسب برای کشت گندم تعیین شدند.

سایکات و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از منطق فازی در برنامه GIS تناسب و اولویت‌سنجی اراضی را برای کاربری‌های مختلف در منطقه آندراپراداش هند مدل‌سازی کردند. عبداللهی و همکاران (۱۳۸۷) با به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به تعیین درصد پوشش گیاهی مناطق خشک در منطقه‌ای به وسعت ۶۰۰۰۰ هکتار در حوزه آبخیز ندوشن استان یزد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده همزمان از چندین پارامتر منجر به نتیجه‌گیری بهتر برای تعیین درصد پوشش گیاهی مرتع در مناطق خشک می‌شود.

1- Normalized Difference Vegetation Index

غفاری (۲۰۰۰) حوزه‌ی آبریز استور[1] در ایالت کنت[2] واقع در جنوب شرق انگلستان، مناطق مناسب کشت سیب‌زمینی و گندم را با استفاده از اطلاعات اقلیم، خاک و توپوگرافی تعیین نمود. فرجزاده و تکلو بیغش (۱۳۸۰) مطالعه مشابهی را برای تعیین واحدهای اقلیم زراعی کشت گندم دیم در استان همدان انجام دادند و بر مبنای اطلاعات مختلف نقشه‌های بارش، دما، توزیع ارتفاعات، شیب و نوع خاک، واحدهای اقلیم زراعی به‌دست آمده را از نظر کشت گندم به چندین ناحیه تقسیم نموده‌اند.

کالوگیرو با مدل طبقه‌بندی محصولات به روش FAO و داده‌های مربوط به خاک و شرایط محیطی اراضی کشاورزی ماسدونیای مرکزی کشور یونان، تناسب اراضی محدوده مورد مطالعه را برای گندم، جو، ذرت، پنبه و چغندر، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مدل‌سازی نمود و نواحی شمالی را برای کشت گندم و جو مناسب و نواحی شمال شرقی و شرق را برای کشت ذرت و چغندر بسیار مناسب گزارش کرد (کالوگیرو، ۲۰۰۲).

اوزکان (۲۰۰۶) با استفاد از GIS به ارزیابی زمین‌های مرتفع ناحیه شرق مدیترانه، در ترکیه پرداخت. نتایج وی نشان داد که ۴۰/۱ درصد از ناحیه مورد مطالعه تناسب بالایی برای کشت گندم داشت و از ۵۴/۱ و ۶۵/۸ درصد نواحی که در کلاس‌های بسیار مناسب (S1)، نسبتا مناسب (S2) و حاشیه‌ای مناسب (S3) تناسب اراضی قرار داشتند، برای کشت همه گیاهان مناسب بودند. علاوه براین، نزدیک به ۴۰ درصد زمین‌ها برای کشاورزی رایج حاشیه‌ای بودند و حدود ۱۰۰۰ هکتار از زمین‌ها در معرض خطر جدی فرسایش قرار داشتند.

بین و همکاران (۲۰۰۷) با توجه به اطلاعات حاصل از GIS و RS به بررسی تعیین زمین‌های باکیفیت و توزیع مکانی آن‌ها و روندهای تغییر کاربری اراضی، سلامت فیزیکی زمین‌های زراعی و جنگلی و ارتباط آن با تغییرات در استان فوجیان چین از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ پرداختند. نتایج نشان داد زمین‌های زراعی و اراضی بلااستفاده به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرده و مناطق شهری به‌سرعت در حال گسترش بودند.

1 Stour
2 kent

۱-۶ بررسی تناسب اقلیمی (آب و هوایی) به منظور پیش‌بینی سال‌های با احتمال دستیابی به عملکرد پتانسیل و سال‌های همراه با ریسک اقلیمی در تولیدات کشاورزی

پهنه‌بندی اقلیمی و مدیریت کشت گیاهان با توجه به اقلیم یک راهکار بسیار موثر برای بررسی تناسب اقلیمی و در نتیجه، پیش‌یابی و پیش‌بینی کارکرد و عملکرد گیاهان (عملکرد پتانسیل و عملکرد قابل حصول) و همچنین ارزیابی و مدیریت ریسک‌های اقلیمی است. در این میان، استفاده از GIS نیز به عنوان یک پس‌زمینه قوی در تحلیل توان و مناسبت محیطی است و به طور خلاصه اساس کاربرد آن مبتنی بر تبدیل نقشه‌های برداری به نقشه‌های شبکه‌ای می‌باشد. تکنیک GIS با توانایی بالا در مدیریت داده‌ها به عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی زیست‌محیطی به ویژه ارزیابی‌های چند عامله مطرح است (کرم، ۱۳۸۴).

احترامیان و همکاران (۱۳۸۶) پهنه‌بندی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان خراسان شمالی را انجام دادند. پارامترهایی که در این بررسی مورد توجه قرار گرفتند احتمال وقوع بارش سالانه، دمای مناسب جوانه‌زنی، تنش‌های دمایی در طول دوره گل‌دهی و پر شدن دانه بود. در نهایت با به دست آوردن نقشه‌ی مناطق مطلوب کشت گندم در این استان تعیین شد که نتایج نشان داد عمده مناطق مناسب کشت گندم در شمال استان و مناطق ضعیف در جنوب غربی و جنوب شرقی استان واقع است. در این پژوهش با انطباق لایه‌های موثر در فرآیند کشت گندم دیم در محیط GIS، امکان شناخت مناطق مستعد کشت برای این گیاه زراعی فراهم شد.

جلالیان و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه تالان‌دشت کرمانشاه رابطه بین متغییرهای اقلیمی با عملکرد سه محصول گندم، جو و نخود را در شرایط دیم به روش فائو ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد، کمبود باران در مرحله رسیدگی دانه برای گندم و جو و گل‌دهی برای نخود می‌باشد که در صورت آبیاری تکمیلی در این مراحل می‌توان به مقدار قابل توجهی عملکرد را افزایش داد.

به‌منظور شناخت عوامل و عناصر اقلیمی در کشت زیتون در استان اصفهان و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول از نظر اقلیمی و محیطی از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد و تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف صورت گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که مناطق شرق استان بهترین شرایط اقلیمی و مرکز استان بهترین شرایط محیطی و به‌طور متوسط نواحی مرکزی استان دارای بهترین شرایط اقلیمی و محیطی به‌طور هم‌مکان می‌باشند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶).

بلیانی و همکاران (۱۳۹۱) قابلیت کشت گندم دیم در استان فارس را با استفاده سامانه اطلاعات جغرافیایی از دیدگاه اقلیم-کشاورزی مورد بررسی قرار دادند. برای انجام این مطالعه از متغیرهای اقلیمی بارش و نحوه‌ی توزیع آن طی فصل رشد، دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی استفاده گردید که نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که از لحاظ اقلیمی ۴۱/۴۴ درصد از مساحت استان فارس برای کشت گندم دیم شرایط بسیر مناسبی دارد، ۳۶/۹۲ درصد از اراضی این استان در پهنه‌ی مناسب و ۱۵/۸۸ درصد اراضی در پهنه‌ی متوسط در برای کشت گندم دیم قرار گرفت. تنها ۵/۹۹ درصد از اراضی این استان از لحاظ اقلیمی برای کشت گندم دیم نامناسب بود و در پهنه‌ی نامناسب قرار گرفت.

بهدانی و همکاران (۱۳۸۷) به پهنه‌بندی اگرواکولوژیک زعفران با استفاده از تکنیک GIS و تعیین عملکرد پتانسیل این محصول در استان خراسان پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که از ۴ منطقه مورد مطالعه، شهرهای تربت حیدریه و گناباد واقع در بخش‌های شمالی و مرکزی کمربند زعفران، به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بوده‌اند. منحنی نرمال عملکرد، میزان تغییرات را از ۷/۷۶ – ۰/۱۶ کیلوگرم در هکتار نشان داد. براساس محاسبات روشن شد؛ سن مزرعه، قسمت اعظم واریانس عملکرد را بین مزارع مساحی شده توجیه می‌کند. دراین پژوهش معلوم شد تاریخ آبیاری اول یک فاکتور کلیدی در حصول عملکردهای بالا بوده و دقیقاً منطبق با رژیم دمایی منطقه است.

جهان‌بخش و همکاران (۱۳۸۸) پهنه‌بندی کشت زیتون را در آذربایجان غربی به‌منظور تطبیق شرایط آب و هوایی زیتون با نیازهای بیوکلیماتیک و بررسی کمی و کیفی عناصر اقلیمی موجود در منطقه انجام دادند. نتایج نشان داد که این گیاه به کاهش دما حساس بوده و براساس مطالعات، عنصر دما به عنوان یک عامل محدودکننده شناخته شده است. در این مطالعه زمان دقیق کاشت و برداشت محصول زیتون برای منطقه مشخص شد.

در بررسی پهنه‌بندی پتانسیل‌های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی که با استفاده از آمارهای بلندمدت عناصر اقلیمی و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد؛ و نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که نقش هر یک از عناصر اقلیمی بارش و دما متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف استان متفاوت است همچنین از طریق انطباق لایه‌های مؤثر در فرآیند کشت دیم گندم در محیط GIS امکان شناخت میزان مطلوبیت مناطق جهت کشت این گیاه زراعی ارزشمند وجود دارد (ساری صراف و همکاران، ۱۳۸۸).

کمالی و همکاران (۱۳۸۷) سطح زیر کشت گندم دیم را در استان آذربایجان با استفاده از آمار بلندمدت ۳۹ ایستگاه هواشناسی و ۶ ایستگاه سینوپتیک مورد ارزیابی قرار داده و با توجه به تاریخ آغاز

بارش‌های پاییزی برای هر منطقه از استان تاریخ کاشتی پیشنهاد و با توجه به مراحل مختلف رشد گندم دیم تعیین شد. سپس از عنصر بارش نقشه‌های هم‌ارزش اقلیمی بارش سالانه، بارش در دوره‌ی جوانه‌زنی، بارش در دوره‌ی گل‌دهی و بارش در دوره‌ی پر شدن دانه استخراج گردید و هم‌چنین با توجه به عنصر دما نقشه‌های هم‌ارزش اقلیمی، دمای مناسب جوانه‌زنی، تنش‌های دمایی در طول دوره گل‌دهی و پرشدن دانه در سطح استان تهیه شد. در نهایت این نقشه‌ها در محیط GIS تلفیق و نقشه‌ی پهنه‌بندی اقلیمی کشت گندم دیم استخراج و در نهایت نشان داده شد که مناطق شمالی و جنوبی از لحاظ عامل اقلیم در حد مناسب و مرکز استان متوسط و نواحی شرق به غرب به طور نواری ضعیف بودند.

رسولی و قائمی (۱۳۸۹) پهنه‌بندی کشت کلزا را بر اساس نیازهای دمایی اقلیمی در استان خراسان بررسی کردند. این تحقیق به‌منظور شناسایی پتانسیل توان اکولوژیک مناطق کشت کلزا از نظر دمایی در استان‌های خراسان انجام شد. طبقه‌بندی اقلیمی به روش دومارتن گسترش یافته، به‌منظور شناسایی کلی اقلیم منطقه انجام شد. با استفاده از دمای مناسب کاشت (۱۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) و فرمول ویبول (احتمال ۷۵ درصد) تاریخ کاشت تعیین گردید. براساس محاسبه درجه روز موثر مورد نیاز هر مرحله، تاریخ رسیدن به مراحل فنولوژی محاسبه گردید. دماهای مناسب و محدودکننده مراحل مختلف فنولوژی کلزا از منابع مختلف استخراج و احتمال وقوع آن‌ها در مناطق مورد مطالعه محاسبه گردید. ارتباط متوسط عملکرد کلزا و دماهای مطلوب و محدودکننده در مراحل مختلف فنولوژی بررسی شد. پس از مرتب‌سازی و تشکیل لایه‌های دمایی با استفاده از معادلات رگرسیونی مناطق کشت به چهار ناحیه، بسیار مطلوب (تربت حیدریه، قوچان، بجنورد و گلمکان)، مطلوب (بیرجند، قاین، مشهد، نیشابور و فردوس)، نسبتاً مطلوب (سرخس، کاشمر، گناباد، تربت جام و سبزوار) و نامطلوب (بشرویه و نهبندان) پهنه‌بندی گردید.

نصیری محلاتی و کوچکی (۱۳۸۸) پهنه‌بندی گندم در استان خراسان را از نظر پتانسیل عملکرد بررسی کردند. در این تحقیق از مدل WOFOST برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گندم استفاده شد. عملکرد پتانسیل یا عملکرد اقلیمی گندم که تنها توسط درجه حرارت و تابش خورشیدی تعیین می‌شود برای شهرستان‌های مختلف توسط مدل WOFOST شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که حداکثر اختلاف در میزان تابش خورشیدی بین شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین نقاط در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی در طی دوره رشد فعال گندم معادل ۴/۵ درصد است و حداکثر تفاوت محاسبه‌شده بین عملکردهای پتانسیل در پهنه‌های مختلف ۲۲٪ بوده است. بنابراین دما در مقایسه با تابش نقش بارزتری در تعیین پتانسیل عملکرد گندم در استان‌های خراسان دارد.

نصیری محلاتی و کوچکی (۱۳۸۹) پهنه‌بندی اگرواکولوژیک گندم در استان خراسان را بررسی کردند. در این تحقیق ریسک ناشی از داده‌های مدیریت در برآورد پتانسیل عملکرد گندم در استان‌های شمالی، رضوی و جنوبی با استفاده از شبیه‌سازی مونته کارلو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ریسک عملکرد گندم نسبت به تاریخ کاشت در سه استان مورد بررسی متفاوت است. در استان خراسان شمالی کاشت زودتر به میزان ۱۵ روز نسبت به میانگین تاریخ توصیه شده ریسک عملکرد را کاهش داده در حالیکه ۳۰ روز تأخیر در کاشت باعث افزایش قابل توجه ریسک خواهد شد. در استان خراسان رضوی تاریخ کاشت فعلی در میانگین مطلوب بوده و کاشت زودتر نسبت به تاریخ توصیه شده ریسک عملکرد را افزایش می‌دهد. در استان خراسان جنوبی تاریخ کاشت توصیه شده باعث افزایش ریسک عملکرد شده و تاریخ کاشت تا ۳۰ روز نسبت به میانگین تاریخ توصیه شده باعث ثبات عملکرد و کاهش ریسک خواهد شد. با توجه به یافته‌های این تحقیق پایین بودن پتانسیل عملکرد گندم آبی به‌ویژه در استان خراسان جنوبی تا حد زیادی ناشی از روش‌های مدیریت بوده و بهبود این روش‌ها از جمله تنظیم تاریخ کاشت باعث افزایش پتانسیل عملکرد توأم با ریسک کمتر خواهد شد.

مهدی‌نیا و همکاران (۱۳۸۵) نیز همبستگی متغیرهای فیزیوگرافی و بارندگی را با جوامع گیاهی موجود در حوزه آبخیز بابل‌رود، با استفاده از GIS بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که به ترتیب ارتفاع و بارندگی مهم‌ترین عوامل در تفکیک جوامع گیاهی منطقه هستند.

نصیری و همکاران (۲۰۰۶) از متوسط داده‌های آب و هوایی ماهیانه از سال ۱۹۶۸ تا سال ۲۰۰۰ در ۱۲ منطقه اصلی تولید گندم آبی در شمال غربی و غرب ایران به همراه مدل اقلیمی سازمان هواشناسی انگلستان (UKMO) برای پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید گندم برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ استفاده کردند. براساس این تحقیق مشخص شد که کاهش ۱۸ درصدی متوسط محصول در سال ۲۰۲۵ و ۲۴ درصدی آن در سال ۲۰۵۰ که مربوط به کمبود بارندگی (۸/۳ تا ۱۷/۷ درصد) و کوتاهی طول دوره رشد گندم (۸ تا ۳۶ روز) بود. هم‌چنین براساس نتایج این مطالعه عملکرد زمین‌های زیر کشت گندم آبی تحت این سناریو ممکن است ۱۵ تا ۴۰ درصد کاهش یابند. در نهایت آن‌ها نتیجه گرفتند که به‌سازی در زمینه سازگار ساختن گندم با تغییر اقلیم در ایران ممکن است شامل پروراندن موجودات ذره‌بینی خاک‌های زراعی و تغییر روش‌های کشاورزی مانند زمان کاشت باشد.

فلاحتی (۱۳۸۵) به مکان‌یابی اراضی مستعد باغات گردو در تهران با تاکید بر متغییرهای اقلیمی با رویکرد GIS پرداخت. وی از عناصر بارش، دمای میانگین، حداقل و حداکثر، نیاز سرمایی و پارامترهایی

مانند کاربری اراضی استفاده و در نهایت نقشه‌های عناصر و پارامترهای مذکور را در سیستم GIS باهم تلفیق کرده و نقشه واحدی با عنوان اراضی مستعد کشت گردو به‌دست آورد.

بازگیر (۱۳۷۸) به منظور پهنه‌بندی استان کردستان از نظر توان اقلیمی تولید گندم دیم، اطلاعات بارندگی و درجه حرارت ۹ ایستگاه هواشناسی جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار داده است. در این تحقیق ۶ معیار اقلیمی برای گندم دیم انتخاب شدند و سپس احتمال وقوع هر یک از معیارهای مذکور در مراحل مختلف فنولوژیکی گندم در ایستگاه‌های مورد مطالعه، برآورد گردید. سطوح احتمال به چهار دسته بسیار مطلوب، مطلوب، ضعیف و نامطلوب تقسیم شدند. برای پهنه‌بندی شرایط فوق و تعیین توزیع فضائی آن‌ها، ابتدا همبستگی بین احتمال وقوع هر یک از الگوریتم‌های فوق و ارتفاع تعیین و همچنین خطای حقیقی آن‌ها برآورد گردید. در مرحله بعد برای هر حالت، لایه مربوط در سیستم GIS تعریف گردیده و با روی هم قرار دادن و هم‌پوشانی لایه‌های تهیه‌شده پهنه‌بندی استان کردستان از نظر پتانسیل کشت گندم دیم انجام شد.

برزگری و خلیلی (۱۳۸۰) با تحلیل عناصر و عوامل آب و هوایی در محیط GIS پهنه‌بندی کشت گندم دیم را در استان کردستان انجام دادند. نتایج حاصل بیانگر این بود که پهنه‌بندی گندم دیم با تحلیل عناصر و عوامل آب و هوایی در محیط GIS امکان‌پذیر می‌باشد.

کمالی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS، اقدام به تهیه نقشه اطلس گندم دیم در استان زنجان کردند. آن‌ها ابتدا داده‌های اقلیمی بارندگی و دما را تحلیل نمودند و در گام اول تاریخ کاشت مناسب با توجه به میزان بارندگی مشخص شد. سپس مراحل مختلف رشد گندم دیم بر اساس محاسبه GDD[1] مراحل مختلف بدست آمد. در مرحله بعد به بررسی بارش سالیانه، پاییزه و بهاره پرداخته و متوسط آنها تعیین گردید. هم‌چنین احتمال وقوع دماهای مناسب جوانه‌زنی، دمای حداکثر ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه محاسبه گردید. مقادیر محاسبه شده در محیط GIS به پهنه‌های مختلف تبدیل شدند و با بهره‌گیری از روش هم‌پوشانی، به کلیه لایه‌ها در ابتدا ارزش وزنی داده شد و بعد تلفیق شدند. در نهایت اطلس گندم دیم استان زنجان با ۴ پهنه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و ضعیف بدست آمد.

1- Growing degree days

فرجی و همکاران (۱۳۸۷) پهنه‌بندی درجه روزهای نیاز به گرمایش و سرمایش در آذربایجان را با استفاده از GIS بررسی کردند. نقشه‌های پهنه‌بندی سالانه و ماهانه درجه روز تهیه شد. در نهایت منطقه به هفت پهنه تقسیم‌بندی شد.

میرداوودی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به بررسی و تعیین توان اکولوژیک استان مرکزی از نظر کشاورزی و مرتع‌داری پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش منجر به تعیین کاربری‌های کشاورزی در ۷ طبقه توان اکولوژیک گردید.

علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از GIS و عناصر اقلیمی و وزن‌دهی نقشه‌ها با مدل AHP در محیط GIS، به بررسی نواحی مستعد کشت زرشک در استان خراسان جنوبی پرداختند. آن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS به این نتیجه رسیدند که نواحی شمال و شمال غرب و قسمت‌هایی از شمال شرق، مستعد کشت زرشک می‌باشند.

مهربان و همکاران (۱۳۸۴) در پهنه‌بندی اقلیم برای گندم زمستانه دیم در مناطق مغان و اردبیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، علاوه بر پارامترهای اقلیمی از لایه شیب منطقه نیز برای تعیین مناطق دارای شیب مناسب، به عنوان یکی از معیارها در تناسب‌بندی منطقه استفاده نموده‌اند. آنها از چهار کلاس برای طبقه‌بندی گندم زمستانه در شرایط دیم استفاده نمودند.

مطیعی لنگرودی (۱۳۸۴) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی، مناطق مساعد برای کشت گندم دیم را در روستاهای دره‌ای غرب شهرستان مشهد شناسایی نموده است. نتایج این تحقیق بیانگر چند واقعیت است؛ نخست، مقادیر بارش و ارتفاع از شاخص‌های مؤثر در فرآیند کشت گندم دیم محسوب می‌شوند؛ دوم، از طریق انطباق لایه‌های مؤثر در فرآیند کشت گندم دیم امکان شناسایی دقیق مناطق مستعد برای کشت گندم دیم وجود دارد.

میرزابیاتی (۱۳۸۳) با استفاده از تکنیک GIS و داده‌های محیطی دشت نیشابور به بررسی شرایط کشت زعفران با سه روش آنالیز فضایی پرداخت و منطقه را به چهار طبقه مناسب، متوسط، ضعیف و نامناسب برای کشت زعفران طبقه‌بندی کرد. نورود (۲۰۰۰) در مورد کاشت گندم دیم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا مطالعاتی را انجام داد. وی تأثیر پارامترهای اقلیمی را بر روی مناطق کشت گندم دیم مورد بررسی قرار داد. او با تحلیل داده‌های اقلیمی نظیر بارندگی، دما، تبخیر و خاک، نواحی مناسب برای کشت گندم دیم را شناسایی کرد و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عناصر اقلیمی، بیش‌ترین تأثیر را در طول مراحل رشد گندم دیم دارند.

رسولی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های بارندگی سالانه، بارندگی در طول دوره رشد گندم، بارندگی در طول دوره رشد سیب‌زمینی، ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان، باد، دمای سالانه، دما در طول دوره رشد، تبخیر، رطوبت نسبی، ارتفاع، شیب، جهت، عمق خاک، تیپ اراضی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی و با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی پهنه‌های اگروکلیمایی استان اردبیل را برای گیاهان زراعی سیب‌زمینی و گندم دیم تعیین کردند. وی با بهره‌گیری از نیاز رویشی هر یک از گیاهان زراعی مورد مطالعه لایه‌های اطلاعاتی را تولید و به هر سری از داده‌ها ارزش خاص داد و آن‌ها را طبقه‌بندی کرد. نتایج نهایی نشان‌دهنده این واقعیت بود که اولاً عناصر اقلیمی و عوامل فیزیکی زمین به صورت توأم در فرآیند پهنه‌بندی اگروکلیمایی کاشت گندم دیم و سیب‌زمینی نقش موثری را ایفا می‌کنند، ثانیاً سهم هر کدام از عوامل اقلیمی و فیزیکی زمین در روند رشد گیاهان زراعی مورد بحث یکسان نمی‌باشد. ثالثاً از طریق انطباق لایه‌های موثر در فرآیند کاشت گندم دیم و سیب‌زمینی در محیط GIS امکان شناسایی مناطق مستعد برای کاشت این گیاهان زراعی وجود دارد.

کاظمی راد (۱۳۷۷) تعیین زمان و مکان مناسب برای کشت گندم دیم در آذربایجان شرقی را مطالعه کرد؛ در این مطالعه با استفاده از مشاهده‌های هفت ایستگاه هواشناسی، در طول دوره‌ی آماری سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۵، روند توزیع بارش و نوسان‌های دما در مراحل کاشت، گرده‌افشانی و سنبله مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های شمالی استان مناطق مستعدی برای زراعت گندم دیم می‌باشند.

ضیائیان فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۹) پهنه‌بندی اگروکلیمایی مرکبات در استان لرستان را با استفاده از مدل هم‌پوشانی شاخص و منطق فازی و مقایسه مدل‌ها انجام دادند. در این تحقیق نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، طبقات خاک، هم‌بارش، هم‌دما، درجه‌روز تهیه شد و با وزن‌دهی به پارامترها از طریق روش سلسله مراتبی و هم‌پوشانی مناطق مستعد تعیین شدند.

کابلابوربیر و کارل یاوانگا (۲۰۱۰) با به‌کارگیری تکنیک‌های تفسیر و تحلیل مکانی و با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه. کدم در استان پاپوآی اندونزی را پهنه‌بندی نمودند. از اطلاعات مربوط به نوع پوشش گیاهی اراضی و کاربری اراضی، داده‌های اقلیمی، شرایط عمومی منطقه، توان اقتصادی-اجتماعی و تولید کشاورزی جهت انجام این پژوهش استفاده گردید. نتایج نشان داد که منطقه‌ی مورد بررسی ۵ پهنه داشت. پهنه‌ی اول جهت جنگل‌کاری، پهنه‌ی دوم برای کشت درختان میوه، پهنه‌ی سوم برای جنگل‌زراعی، پهنه‌ی چهارم برای کشت گیاهان زراعی تامین کننده غذا و پهنه‌ی پنجم برای زراعت‌های مرطوب و پروش ماهی مناسب بودند.

سوریادیکوسوما و هردین‌زای (۲۰۱۴) به پهنه‌بندی کشاورزی-اکولوژیک منابع زمینی منطقه باندونگ اندونزی پرداختند. در این مطالعه نقشه‌های مربوط به کاربری اراضی، شیب، نوع خاک و داده‌های اقلیمی مثل دما و بارش مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اراضی این منطقه در ۴ پهنه قرار گرفت. ۱۳۹۶/۹ هکتار از اراضی در پهنه‌ی مناسب برای جنگل‌کاری، ۷۱۴۳۷/۳۴ هکتار در پهنه مناسب برای کشت درختان میوه، ۳۵۷۱۴/۰۷ اراضی در پهنه‌ی مناسب جنگل‌زراعی و ۶۴۱۱۴/۸۳ هکتار از اراضی در پهنه‌ی کشاورزی قرار گرفتند. سایتا پریا (۱۹۹۹) پهنه‌بندی گیاهان زراعی ذرت خوشه‌ای، برنج، گندم و سیب زمینی را در هند با توجه به عوامل اقلیمی و توپوگرافی انجام داد و نقشه‌ی نهایی مناطق مستعد کشت گیاهان را تهیه کرد. ویشر (۱۹۹۵) براساس مطالعه شرایط محیطی و تولید محصول، هشت منطقه را در دنیا مشخص کرده است. در میان محققان جدید، روش‌های ماوی و جیان (۱۹۹۸) از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. آن‌ها با استفاده از شاخص رطوبت خاک هفتگی در طی فصل تابستان، هفت منطقه اقلیم زراعی را در هند مشخص نمودند.

باگلی (۲۰۰۳) اقدام به پهنه‌بندی اگرواکولوژیک در کشور ایتالیا نمود. پس از بررسی اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی موجود اقدام به تهیه و تعریف شاخص‌های مربوط به دما و رطوبت مطلوب گیاه، شاخص خطر استرس دمایی، شاخص یخزدگی در مراحل مختلف رشد گیاهان انتخاب شده و سایر شاخص‌های مورد نیاز نمود. با استفاده از اطلاعات مربوط به خاک و توپوگرافی، نقشه‌های بافت خاک، آب قابل استفاده، شیب و غیره را تهیه نموده در نهایت با تعریف پهنه‌های همگن اقدام به تعیین تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای، گندم، جو، گوجه فرنگی، چغندرقند، آفتابگردان و سویا به روش وزنی نمود.

ایگلسیاس و همکاران (۲۰۰۰) برای به دست آوردن مدل رشد محصول گندم در یک منطقه عمده گندم‌خیز کشور اسپانیا با استفاده از متغییرهای دما، بارندگی ۳۲۹ ایستگاه هواشناسی و داده‌های میزان تولید محصول استان‌ها، براساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای هفت منطقه‌ی کشاورزی- اقلیمی تشخیص دادند. کالدیز و همکاران (۲۰۰۱) در آرژانتین با استفاده از GIS به پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و پتانسیل‌سنجی اراضی کشاورزی در کشت خالص و مخلوط سیب‌زمینی پرداختند. در این مطالعه نواحی غربی تا کوه‌های آند، بخش سیل‌گیر شمال شرقی و هم‌چنین بخش‌های سنگریزه‌ای قسمت‌های مرکزی- شرقی ایالت بوئنوس‌آیرس برای کشت سیب‌زمینی نامناسب تشخیص داده شدند. نواحی مناسب برای کشت محصول مورد نظر بخش‌های جنوب شرقی و شمال شرقی ایالت بوئنوس‌آیرس بودند.

نیلسون و همکاران (۲۰۰۵) پهنه‌بندی اگرواکولوژیک را برای موز و آناناس با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور انجام دادند. روش مورد استفاده در ارزیابی پهنه‌ها، روش چند معیاری واستفاده از روش وزنی برای رتبه‌بندی متغیرها و فاکتورها بود. آنها از روش کوکریجینگ برای میان‌یابی داده‌های اقلیمی و تهیه نقشه‌های موضوعی و از روش هم‌پوشانی رستری برای تعیین طول دوره رشد استفاده کردند و در نهایت نقشه پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و نقشه تناسب اراضی برای هر ناحیه برای موز و آناناس تهیه شد. ویرون در سال ۲۰۰۴ براساس مقادیر بارش منطقه‌ی کشت گندم پامپاس را به ۵ ناحیه تقسیم نمود. بادینی و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از مدل‌سازی و GIS اقدام به تعیین اگروکلیماتیک مناطق مختلف بورکینافاسو از نظر کشت ارزن نمودند. در این مطالعه هدف بررسی محدویت آبی کشت ارزن در بورکینافاسو بود. یک مدل گیاهی که براساس رشد روزانه طراحی شده بود برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های ذخایر آب خاک و پتانسیل تولید ارزن، از نظر زمانی و مکانی، از طریق اتصال مدل به پایگاه داده‌ها که شامل اطلاعات خاک و اطلاعات بلندمدت هواشناسی بود، بهره‌برداری و در مدیریت نتایج از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید.نتایج حاصل از مدل‌سازی محصول که با استفاده از دو شاخص اگروکلیمایی یعنی ضریب خشکی[1] و ضریب استرس رطوبتی[2] محصول که نشان‌دهنده محدودیت محیطی رطوبت می‌باشند، صورت گرفت و در پایان با کمک GIS مناطق دسته‌بندی و نقشه مربوط استخراج گردید. بر اساس این نقشه کاهش تولید ارزن از ناحیه جنوبی کشور به سمت شمال و در تناسب با خطوط بارندگی و نوع خاک، مشاهده گردید.

ساها و پاند (۱۹۹۶) به پهنه‌بندی اگرواکولوژیک با استفاده از ماهواره IRS-1B و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این تحقیق با استفاده از ماهواره نقشه خاک، کاربری اراضی و رژیم‌های آبیاری منطقه مورد مطالعه تهیه شد و با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و سایر اطلاعات از جمله نقشه شیب، مدل ارتفاعی رقومی منطقه و داده‌های اقلیمی پهنه‌بندی خاکی- کشاورزی و پهنه‌بندی اقلیمی- کشاورزی منطقه، انجام و ۱۱ پهنه بوم‌شناختی- کشاورزی تعریف گردید. روش پارامتریک به علت مشارکت تمام عوامل محدودکننده در تعیین کلاس تناسب اراضی نسبت به روش محدودیت ساده از دقت بالاتری برخوردار است. در این بین احتمالاً محدودکننده‌ترین عامل نقش بسیار زیادی دارد.

لاندو و همکاران (۲۰۰۰) به اثرات منفی بارش در طول گل‌دهی و پرشدن دانه گندم زمستانه پرداختند. در این بررسی به خطر یخبندان‌های بهاری، اثر مثبت درجه حرارت در دوره پر شدن دانه و نیز اثر مثبت تابش در طول دوره گل‌دهی پرداختند و با توجه به عملکرد گندم زمستانه در انگلستان

1 - Aridity index
2 - Crop Water Stress Index

یک مدل جدید برای اثرات شرایط جوی بر عملکرد بیان کردند. ژو و همکاران (۲۰۰۹) در ناحیه زراعی مورمبیجی استرالیا با استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تکنیک‌های GIS بر مبنای آمار بلندمدت چهار متغییر اقلیمی شامل میانگین بارش سالانه، میانگین تبخیر و تعرق سالانه، میانگین سالانه درجه روزهای رشد (GDD) و میانگین دمای روزانه با استفاده از درون‌یابی مکانی دو ناحیه اقلیمی و سه ناحیه هیدروترمال تشخیص دادند.

یونال و همکاران (۲۰۰۳) در ترکیه برای انجام منطقه‌بندی اقلیمی بعد از استاندارد کردن داده‌های ۱۱۳ ایستگاه هواشناسی شامل دماهای میانگین، میانگین حداکثر، میانگین حداقل و بارندگی بین سال‌های ۱۹۵۱-۱۹۹۸ از پنج تکنیک تجزیه و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده کردند و در نهایت با استفاده از روش Ward هفت منطقه اقلیمی تشخیص دادند.

در ایران، کامکار و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی تناسب اراضی و امکان اجرای یک تناوب کلزا-سویا در ۴ حوضه استان گلستان ایران پرداختند. به این منظور کل لایه‌های رستری مورد نیاز، شامل اقلیم (بارندگی و دما)، توپوگرافی (شیب و جهت شیب) و عوامل خاکی (بافت خاک، اسیدیته و هدایت الکتریکی) با استفاده از درون‌یابی، آنالیز سطحی و دیگر تکنیک‌های مربوطه در محیط GIS تهیه شدند. جهت تشخیص ظرفیت زراعی برای اجرای تناوب کشت کلزا-سویا این لایه‌ها ادغام شدند. بر اساس سناریوهای تعریفشده و نیاز اکولوژیک از پیش تعیینشدهی دو گیاه مورد مطالعه، پنج طبقه تناسب تعیین شد و به صورت نقشه استخراج گردید. نتایج نشان داد که تنها ۱۱/۸۲٪ از کل اراضی مورد بررسی برای اجرای تناوب گیاه سویا بعد کلزا بسیار مناسب بودند، در صورتی که اغلب اراضی زراعی منطقه مورد مطالعه در طبقه‌های تناسب متوسط و کم قرار گرفتند. تشابه نتایج بدست آمده از نقشه‌های هم‌پوشانی شده و آمارهای واقعی منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد که سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک رهیافت سیستمی می‌تواند نقش مهمی در حفظ زمان و کاهش هزینه‌های پژوهش بازی کند. آنها گزارش کردند که نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند جهت تعیین الگوی کشت بهینه به‌ویژه در تعیین سامانه‌های تناوبی به سیاست‌گذاران کمک کند.

مداحی و همکاران (۱۳۸۶) پس از جمع‌آوری اطلاعات اقلیم و خاک دشت سپیدان در استان فارس و نیازهای محیطی گیاهان زراعی گندم، جو، ذرت و چغندرقند به عنوان محصولات عمده منطقه به تدوین الگوی کشت مناسب برای این منطقه بر اساس تناسب اراضی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پرداختند. نتایج تناسب طبقه‌بندی اقلیمی نشان داد که اقلیم منطقه جهت تولید محصولات گندم، جو و ذرت نسبتا مناسب و چغندرقند مناسب است. همچنین تعیین طبقه‌های نهایی ارزیابی به

محدودیت‌های خصوصیات خاکی مانند سنگ و سنگ‌ریزه سطحی و عمقی، ناهمواری، شیب و میزان آهک بستگی دارد. رحمان و ساها (۲۰۰۸) با استفاده از ارزیابی چندمعیاره فضایی (SMCE)[1]، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به تدوین الگوی کشت مناسب منطقه سیل‌خیز بوگرا در بنگلادش پرداختند. در این مطالعه گیاهان زراعی شاخص در منطقه، گندم، برنج، خردل و سیب‌زمینی در الگوهای پیشنهادی انتخاب شدند. از اطلاعات ماهواره IRS P6 LIIS3 برای تولید نقشه‌های سیلاب و پوشش گیاهی استفاده شد. بعد از تلفیق روش‌های مورد استفاده نتایج نشان داد منطقه مورد نظر تناسب متوسط تا بالایی برای تولید گیاهان زراعی انتخاب شده دارد. در منطقه بوگرا در فصل سیلاب تنها مناطق اندکی برای کشت برنج تشخیص داده شد. سرانجام چهار الگوی کشت مناسب برای منطقه در فصل سیل و پس از سیل بدین شرح مشخص شد: الگوی کشت اول: برنج-گندم/سیب‌زمینی، الگوی کشت دوم: برنج (کشت تاخیری)- سیب‌زمینی، الگوی کشت سوم: سیب‌زمینی- برنج و الگوی کشت چهارم: برنج- خردل.

گدفری (۱۹۹۹) اقدام به تعیین و تقسیم‌بندی نواحی اگروکلیمایی برای مناطق زراعت دیم در ایالت آیداهو نمود. در این مطالعه از اطلاعات آب و هوایی و جغرافیایی و آنالیزهای چند متغیره به منظور تهیه الگوی مناسب برای اجرای موفق فعالیت‌های کشاورزی دیم و سیستم‌های مدیریتی در مناطق دارای کلیمای مشابه، استفاده و در نهایت اقدام به پهنه‌بندی و همچنین تهیه الگوی کشت و سیستم‌های مدیریتی برای هر دسته از نواحی گردید.

۷-۱ ترسیم نقشه‌های گیاه زراعی-مبنا به تفکیک متوسط شرایط اقلیمی و تغییرپذیری (واریانس) اقلیمی برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نقشه‌های مربوط به ۲۹ گیاه زراعی، شامل گندم، جو، کلزا، یونجه، لوبیا، هویج، نخود، خیار، سیر، ذرت علوفه‌ای، پیاز، سیب‌زمینی، چغندرقند، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، هندوانه، زعفران، بادام، سیب، زردآلو، انگور، شلیل، هلو، گلابی، پسته، آلو، آلبالو، گیلاس و گردو همراه با بحث و آنالیز نتایج در فصل ششم ارائه شده است.

1- Spatial Multi Criteria Evaluation

۲

بررسی وضعیت اگرواکولوژیکی و تناسب بهره‌وری موضوعات کشاورزی

با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه شهرها که از عوامل اصلی تخریب زمین و تغییر کاربری است، نیاز به استفاده بهینه از اراضی از ضرورت بالایی برخوردار است. کشاورزی پایدار در صورتی تحقق میابد که اراضی مورد استفاده در تولید بر حسب «تناسب[1]» و با توجه به «منابع تولید» موجود و نیز با توجه به اهداف اتخاذشده برای انواع مختلف کاربریها و محصولات مختلف، طبقهبندی شده و مورد استفاده قرار گیرند. اگر تصمیمات مدیریتی بر مبنای ارزیابی کیفیت زمین و منابع موجود صورت پذیرد، کارآیی برنامه‌های توسعه کشاورزی مرتبط با موضوع کاربری زمین به میزان زیادی بهبود خواهد یافت. ارزیابی زمین اصولاً برای شناخت هر نوع تغییر در سیستم بهره برداری است. در نتیجه اطلاعات وتوصیه‌های ارزیابی زمین ورودیهای با ارزشی را در فرایند پهنه‌بندی اراضی کشاورزی ارائه می‌دهد.

«بهره‌وری[2]» مفهومی است جامع و کلی که افزایش آن بهعنوان ضرورتی جهت ارتقای زندگی انسانها و ساختن اجتماعی مرفه‌تر، که هدف ملی برای همه کشورهای جهان است، مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های مختلف بوده است. امروزه بهره‌وری کارامدترین و مهمترین رهیافت دستیابی به رشد اقتصادی با توجه به کمبود منابع تولید و در معرض خطر بودن آنهاست. تلاش انسان در طول تاریخ همواره بر پایه بیشترین بهره‌وری از کمترین امکانات و عوامل تولید بوده است. اما، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، بهدلیل مدیریت ناصحیح منابع، اساساً میزان کارآیی در بخشهای مختلف پائین است. بنابراین با شناخت صحیح منابع موجود و راهکارهای مدیریتی و عملیات مناسب می‌توان تولید و رشد تولید محصولات را ارتقا بخشید. در نتیجه، در نظر گرفتن معیار بهره‌وری و محاسبه شاخص‌های مربوط به آن می‌تواند در دستیابی به اتخاذ روشهای صحیح مدیریتی و استفاده موثر از عوامل تولید کمک

1- suitability
2- productivity

شایانی نماید. طبیعی است که بخش کشاورزی که یکی از ارکان تولید و اشتغال در کشور است کاملاً نیازمند توجه ویژه برای بهبود و ارتقای بهره‌وری و تناسب است.

مفهوم کاربری پایدار زمین

برای حل چالشهای آینده امنیت غذایی و نیز مشکلات اقتصادی-اجتماعی و محیط زیستی ناشی از کشاورزی رایج، توسعه مدیریت کشاورزی ضروری به نظر میرسد. این توسعه و ارتقا باید هم تولید کشاورزی و هم حفاظت از منابع طبیعی را تضمین نماید. حفاظت از منابع طبیعی نظیر آب به خاطر وابستگی کشاورزی به آنها بسیار مهم است. این به این معناست که ضمن تضمین تولید کشاورزی برای نسل حال و آینده، محیط زیست طبیعی نیز باید محافظت گردد. بنابراین امنیت غذایی فقط یک مسئله کمّی مقطعی نیست، بلکه پیوسته در زندگی تمامی نسلها استمرار دارد. بنابراین، توسعه فعالیتهای کشاورزی باید به سمتی حرکت نماید که یک توازن بین توسعه در بخش کشاورزی و حفاظت از منابع ایجاد نماید. استفاده منطقی از منابع آب و خاک و سایر منابع تولید با عنوان پایداری یا توسعه پایدار توصیف میشود. کشاورزی پایدار فرایندی از تغییر است که در آن استفاده از منابع، جهت‌گیری سرمایهگذاری، گرایش توسعه فناورانه و تغییرات نهادی همگی در توازن بوده و پتانسیل فعلی و آینده سیستم را برای تامین نیازهای بشر ارتقا میدهد. این فرایند مبتنی بر برنامهریزی درازمدت و کاربرد سیاستهای تلفیقی است. فائو نیز تعریفی از پایداری بخصوص در مقوله کشاورزی، جنگلداری و شیلات ارائه نموده است. توسعه پایدار مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی پایه و تغییر در نگرش نهادی و فناورانه که نیازهای فعلی و آینده بشر را تامین نماید. چنین توسعه پایداری که بر حفاظت از زمین، آب، گیاه و منابع ژنتیک گیاهی و جانوری تاکید دارد، به لحاظ محیط زیستی سازگار و غیر مخرب، به لحاظ تکنیکی مناسب و به لحاظ اقتصادی با ارزش و از نظر اجتماعی قابل قبول است.

مفهوم «کاربری زمین» نه تنها بر استفاده کشاورزی دلالت دارد، بلکه کاربری اقامتی، صنعتی، جاده و غیره را نیز در بر می‌گیرد. بنابراین کاربری زمین زمانی پایدار است که تمامی این اشکال استفاده زمین حاصل گردد بطوریکه تنوع زیستی را تضمین و توازن اکولوژیکی کل سیستم را حفظ نماید. در این خصوص، کاربری پایدار زمین تمامی فعالیتها، سیاستها و فناوری را تلفیق کرده که هدف آن تلفیق اصول اقتصادی اجتماعی با مقولههای محیط زیستی است.

بیش از چند دهه است که مشخص شده است اگر نیازهای بشر بیشتر از توان تولید محیط، یا در مفهومی گسترده‌تر «ظرفیت محیطی»[1] یا «ظرفیت بُرد» آن باشد، بهره‌برداری ما در کوتاهمدت قادر

1- carrying capacity

نخواهد بود نیازهای حتی نسل فعلی را برآورده کند. بنابراین، تخریب منابع طبیعی باکاهش توانایی آنها در براورده نمودن نیازهای آینده همراه خواهد بود. در نتیجه، مدیریت تقاضا و جلوگیری از تخریب نقش کلیدی و حیاتی را در فرایند توسعه زمین و کاربرد پایدار آن بازی می‌کنند. تصمیمسازان باید با توجه به ظرفیت محیطی اهداف خود را ترسیم نمایند. در این خصوص، اطلاعات قابل اتکا و مناسب شامل نیازهای مردم، منابع زمین و پیامدهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی تصمیمات جایگزین بسیار ضروری است؛ این امر باید در نهایت موجب جلوگیری از بهره‌برداری بیش از حد ظرفیت محیطی زمین و استثمار منابع طبیعی شود. برنامهریزی کاربری زمین که در قالبی منطقی و اصولی صورت گیرد به کاهش هزینه تولید کمک نموده و اختلافات موجود در فرایند تصمیمگیری را رفع خواهد کرد. در نتیجه بهرهبرداری صحیح از منابع آب، خاک و اراضی در دشتهای حاصلخیز کشاورزی کشور میتواند نقش بهسزایی در خودکفائی و حفظ محیط زیست داشته باشد، مشروط بر آن که اصول کشاورزی پایدار و بهره‌برداری مسئولانه از منابع رعایت گردد.

پهنهبندی اگرواکولوژیک به ارزیابی کمّی منابع زیستی- فیزیکی مرتبط با کشاورزی کمک زیادی میکند؛ افزون بر آن شناسایی تغییرات وضعیت موجود در یک منطقه یا نقطه خاص از طریق مقایسه سیستمهای زراعی و تولیدی جایگزین به بهرهبرداری پایدار و افزایش تولید در منطقه کمک شایانی خواهد کرد. شواهد و مستندات موجود، از جمله مستندات ستاد احیاء به روشنی نشان می‌دهد طی سالیان متمادی سیستمهای زراعی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه فاصله زیادی از پایداری نشان دادهاند. کشاورزی مهمترین کاربری زمین در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه بوده و سیستمهای تولید در منطقه تا حد زیادی متاثر از حاصلخیزی طبیعی خاک، پستی و بلندی و نزولات جوی هستند. سطح تولید در بسیاری از سیستمهای تولیدی در این حوضه از سطح بهینه پائینتر بوده و الگوهای کشت نامناسب، حاصلخیزی پائین خاک و کمبود نزولات جوی و توزیع نامناسب آن از مهمترین محدودیتهای زیستی- فیزیکی در تولید در منطقه هستند. به لحاظ مدیریتی نیز عملیاتهای نادرست بهره‌برداری از زمین و زراعی نیز در ایجاد اکوسیستمهای ناپایدار مزیت بر علت بوده است. در این خصوص، چالش‌های مربوط به منابع پایه تولید یعنی آب و خاک بیشتر از سایر موارد تولیدات کشاورزی را در منطقه تحت تاثیر

ایران با سرانه منابع آب تجدیدپذیر ۱۷۱۸ مترمکعب در سال ۲۰۱۱ در آستانه قرار گرفتن در بحران تنش آبی بوده و بر اساس شاخص سازمان ملل و موسسه بین‌المللی مدیریت آب، در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. برآوردها نشان می‌دهد که از مجموع ۶۰۹ دشت کشور در حال حاضر

حدود ۲۲۸ دشت (۳۷/۴ درصد) جزء دشت‌های ممنوعه با وضعیت عادی و ۶۶ دشت (۱۰/۸ درصد) در شرایط ممنوعه با وضعیت بحرانی قرار دارند. ایران از نظر حجم فرسایش خاک رتبه اول را در بین کشورهای منطقه و رتبه دوم جهانی را پس از استرالیا دارد که این میزان فرسایش بالغ بر ۳۳ تن در هکتار است. علاوه بر این، استفادهٔ نادرست (و در مواردی بی‌رویه) از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی مشکلات زیادی را سر راه کشاورزی کشور قرار داده است. بر پایهٔ گزارش سازمان بهداشت جهانی، ایران در جایگاه ۱۲۳ جهان از لحاظ سطح سلامت قرار دارد که یکی از دلایل آن را می‌توان چالش‌های سلامت مواد غذایی به دلیل کاربرد غیر اصولی کودها، آفت‌کش‌های شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهان زراعی و دام‌ها و بقایای زیاد این نوع ترکیبات در محصولات تولیدی دانست. بنابراین، تمامی این مسائل به چالشی جدی فراروی کشاورزی ایران تبدیل شده و راهکاری جز برنامه‌ریزی مناسب برای افزایش بهره‌وری استفاده و پایدار از این منبع محدود باقی نمی‌ماند. در این راستا برای حل مشکلات به شیوه‌ای که امنیت غذایی و پایداری سیستم‌های تولید را در درازمدت تضمین کند باید اصول و عملیات اگرواکولوژیک در سیستم‌های کشاورزی به خدمت گرفته شود. در نتیجه هدف از پژوهش حاضر، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک با محوریت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی بوده تا ضمن دستیابی به درآمد کافی و پایدار جوامع روستایی، فشار بر منابع آب و خاک را کاهش داده و سلامت کشت‌بوم‌ها و بوم‌نظام‌های طبیعی منطقه را تضمین کند.

۲-۱ بررسی معیارها و شاخص‌های اگرواکولوژیک و تعاریف عملیاتی آنها

طی سال‌های گذشته توسعه پایدار کشاورزی در مقیاس‌های مختلف توجه زیادی را به خود جلب نموده است. ارزیابی پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی نیاز به تعیین شاخص‌هایی دارد که با کمّی‌سازی قابلیت ارزشیابی داشته باشد. فرایندها و کارکردهای بوم‌شناختی متعددی در طبیعت وجود دارند که متضمن بقاء و تولید آنها بوده که تمامی عوامل تولید نظیر انسان، محصولات زراعی، علف‌های هرز، ریزموجودات، جانوران، خاک و آب و اقلیم در فرایند شکل‌گیری و اثر بخشی آن نقش دارند. البته تمامی این کارکردها ضمن ارائه خدمات مثبت به بشر و کل سیستم ممکن است پیامدهایی منفی نیز به همراه داشته باشند. در نتیجه برای شناخت کلیت آنها، باید کارکردهای کل اگرواکوسیستم (کشت‌بوم) را درقالب کارکردهای کوچک‌تر ساده‌سازی کرد. یکی از روش‌های ساده‌سازی، دسته‌بندی کارکرد کل اگرواکوسیستم در قالب شاخص‌های کمّی مختلف است که به سادگی نشان دهند یک کشت‌بوم تا چه حد از سلامت برخوردار و قادر به برآورده کردن نیازهای انسان است.

بر این اساس، **شاخص‌های اگرواکولوژیک** یا **شاخص‌های پایداری**[1] کشاورزی، مجموعه‌ای از سنجه‌های کمّی مختلف (توابع مختلف اگرواکوسیستم) هستند که پایداری یک کشت‌بوم را به شکل کمّی تعیین و بیان می‌کنند. این شاخص‌ها به مقدارِ کمّی متغیرهای فیزیکی، شیمیایی، زیستی، اجتماعی و اقتصادی گفته می‌شود که با کمّی کردن و ساده‌سازی داده‌های انبوه مربوط به روابط پیچیدهٔ حاکم بر اگرواکوسیستم، تفسیر وضعیت جاری سامانه را ساده و امکان‌پذیر می‌کنند. در واقع هر شاخص پایداری، یک مقدار عددی است که از مجموع سنجه‌های کمّی مختلف (توابع مختلف اگرواکوسیستم) تشکیل شده است و در قالب یک کمیت واحد، پایداری کشت‌بوم را نشان می‌دهد. سنجه‌های پایداری[2] که در تدوین شاخص پایداری به کار می‌روند باید کلیه مسایل بنیادی یک کشت‌بوم نظیر عوامل زراعی، بوم‌شناختی، اقتصادی و فناوری‌های موجود را مورد بررسی و تحلیل قرار دهند و هر یک را به شکل کمّی بیان کنند. از آنجا که پایداری ماهیتی چند بُعدی دارد، در نتیجه هیچ شاخصی به تنهایی نمی‌تواند برای نشان دادن پایداری یک اگرواکوسیستم مورد استفاده قرار گیرد. ضمن این که انتخاب شاخص‌ها باید بر اساس اهداف مطالعه و نیز ابعادی از پایداری که بیشتر مورد توجه است صورت پذیرد.

شاخص‌های متعددی برای تعیین پایداری کشت‌بوم‌ها پیشنهاد شده است، اما تنها معدودی از آنها این امکان را برای پژوهشگران، کشاورزان و سیاست‌گذاران فراهم می‌کنند که بتوانند به سرعت و سادگی

1- Sustainability Index
2- sustainability indicator

وضعیت پایداری کشت‌بوم خود را پایش و مطالعه کنند. جهت استفادهٔ عملی از شاخص‌های پایداری در سطح وسیع، رعایت چند نکته مهم هنگام طراحی این شاخص‌ها حیاتی است. این شاخص‌ها باید:

- ✓ به سهولت توسط کشاورزان قابل استفاده باشند،
- ✓ دقت بالایی داشته باشند و به راحتی تفسیر شوند،
- ✓ قابلیت استفاده و تعمیم در مقیاس‌های مختلف از مزرعه تا یک سامانه کشاورزی گسترده را داشته باشند،
- ✓ نتایج حاصل از آن باید راهگشای تصمیم‌گیری‌های جدید مدیریتی در حل یک مشکل باشد،
- ✓ تغییرات محیطی و اثرات عملیات مدیریتی را بر محیط و گیاه زراعی به خوبی نشان دهند،
- ✓ بتوان از آنها در فهم روابط و فرایندهای بوم‌شناختی (نظیر رابطه بین مقدار مصرف آب و تولید اگرواکوسیستم) بهره گرفت.

برای طراحی یک شاخص پایداری باید عناصر اصلی شکل‌دهندهٔ ساختار و کارکرد کشت‌بوم را تعیین و بر اساس آنها، سنجه‌های مناسبی تدوین کرد. عناصر اصلی و کلیدی یک اگرواکوسیستم شامل سه جزء کلیدی است:

۱- **عناصر زیستی- فیزیکی** مانند اقلیم، خاک، پوشش گیاهی،

۲- **عناصر فناوری و مدیریت**، مانند عملیات مدیریتی آب و خاک،

۳- **عناصر اجتماعی- اقتصادی**، مانند تحصیلات کشاورزان، درآمد و اهداف تولید کشاورزی.

در مرحلهٔ بعد باید نقاط بحرانی اگرواکوسیستم، یعنی ویژگی‌ها یا فرایندهایی که تولید، ثبات، تاب‌آوری، سازگاری و پایداری اگرواکوسیستم را تحت تاثیر قرار می دهند، شناسایی شوند. پس از شناسایی این نقاط حساس و بحرانی، برای هر یک از آنها شاخصی جهت کمّی کردن تعریف می‌شود. به عنوان مثال، یکی از نقاط حساس کشت‌بوم، تولید است. برای ارزیابی کمّی تولید، شاخص‌های عملکرد محصولات زراعی و تولید محصولات دامی در نظر گرفته می‌شود. در بخش میزان خوداتکایی و وابستگی به نهاده‌های درون و برون مزرعه‌ای، شاخص‌های مصرف کودهای شیمیایی، آلی و آفت‌کش‌های شیمیایی در نظر گرفته می‌شوند. در بخش تنوع زیستی، تنوع گونه‌های زراعی، دامی، حشرات و ریزموجودات خاکزی به عنوان شاخص‌های مورد مطالعه استفاده می‌شوند. در تحلیل عوامل اجتماعی- اقتصادی نیز شاخص‌هایی همچون سن و تحصیلات کشاورزان، مالکیت زمین‌های زراعی، درآمد حاصل از فعالیت‌های

کشاورزی و هزینه‌های تولید مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از تعیین و طراحی شاخص‌ها، به هر یک از آنها امتیاز خاصی داده شده و در نهایت از مجموع مقادیر عددی این شاخص‌ها، یک شاخص پایداری تدوین می‌شود. نحوهٔ امتیازدهی به هر شاخص برای محاسبهٔ امتیاز نهایی شاخص پایداری در پژوهش‌های مختلف، متفاوت بوده و به اهداف مطالعاتی بستگی دارد.

به عنوان نمونه، اتحادیهٔ بین المللی حفاظت از طبیعت (IUCN)[1] در سال ۱۹۹۶ برای هر سنجه امتیازی بین ۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفت که به بهترین حالت امتیاز ۱۰۰ و به ضعیف‌ترین وضعیت پایداری، امتیاز صفر تعلق می‌گرفت. اگر مقدار بالاتر یک شاخص برای ما سودمند باشد و کمترین مقدار برای ما نامطلوب‌ترین باشد امتیاز آن شاخص با صورت‌بندی زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{امتیاز شاخص} = \left(\frac{\text{کمترین عدد} - \text{عدد به دست آمده}}{\text{حداقل} - \text{حداکثر}}\right) \times 100$$

به عنوان مثال، اگر در تحقیقی برای تعیین عملکرد چغندرقند یک منطقه، حداقل و حداکثر عملکرد محصول به ترتیب ۱۰ و ۱۰۰ تن در هکتار تعیین شود و عملکرد به‌دست‌آمده منطقه ۳۵ تن در هکتار باشد، آنگاه امتیاز شاخص عملکرد چغندرقند در این منطقه از ۱۰۰ برابر است با:

$$\text{امتیاز شاخص} = \left(\frac{35 - 10}{100 - 10}\right) \times 100 = 27.8$$

اما اگر کم‌ترین عدد برای ما بهترین باشد امتیاز آن شاخص از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{امتیاز شاخص} = 1 - \left(\frac{\text{کمترین عدد} - \text{عدد به دست آمده}}{\text{حداقل} - \text{حداکثر}}\right) \times 100$$

به عنوان نمونه اگر در یک پژوهش حداقل و حداکثر فرسایش خاک صفر و ۱۰۰٪ منظور شود و مقدار فرسایش منطقه ۴/۷٪ باشد، امتیاز سنجه فرسایش خاک در این منطقه از صد نمره برابر است با:

$$\text{امتیاز شاخص} = 1 - \left(\frac{4.7 - 0}{100 - 0}\right) \times 100 = 95.3$$

در برخی مواقع، به‌ویژه در ارزیابی حاصلخیزی خاک برخی از شاخص‌ها مانند اسیدیته خاک دارای دامنه یا مقدار مطلوب است؛ در نتیجه در چنین مواقعی به مقدار مطلوب آن شاخص نمره ۱۰۰ اختصاص داده شده و سایر مقادیر به نسبت مقدار مطلوب امتیاز می‌دهند.

1- International Union for Conservation of Nature

برای جمع‌آوری اطلاعات لازم جهت تدوین شاخص پایداری می‌توان از روش‌های مختلف استفاده کرد. اطلاعات مربوط به شاخص‌هایی نظیر میزان بارندگی و پراکنش آن، وقوع خشکسالی در مقاطع زمانی مختلف را می‌توان با مراجعه به ایستگاه‌های هواشناسی تهیه کرد. اطلاعات مربوط به شاخص‌هایی چون عملکرد محصولات زراعی، تنوع گونه‌ای و مقدار مصرف نهاده‌ها را می‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری یا با مصاحبه و پرسش‌نامه جمع‌آوری کرد. برخی سنجه‌ها نیز پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه محاسبه می‌شود. به عنوان مثال، کارایی مصرف آب در یک کشت‌بوم پس از جمع‌آوری اطلاعات میزان مصرف آب و مقدار عملکرد محصولات زراعی قابل محاسبه خواهد بود. شاخص‌های مربوط به کارکردهای خاک نیاز به نمونه‌گیری و اندازه‌گیری آنها در محیط آزمایشگاه دارد یا این که از داده‌های موجود در منابع استفاده کرد. یکی دیگر از ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است. به عنوان مثال، با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی می‌توان میزان فرسایش خاک را در یک منطقه با توجه به عوامل خاکی، اقلیمی و زراعی شبیه‌سازی کرد و رابطهٔ آن را با پایداری و چگونگی واکنش پایداری کشت‌بوم را به تغییرات فرسایش خاک در درازمدت بررسی و مطالعه نمود. باید توجه داشت که تمامی شاخص‌ها ممکن است در یک سطح مطالعه نشوند. شاخص‌هایی نظیر مقدار نیتروژن (نیترات) آب زیرزمینی در مقیاس منطقه یا آبخیز مورد مطالعه و سنجش قرار می‌گیرند؛ شاخص‌هایی مانند میانگین درآمد سرانه در سطح جامعه و شاخص درصد ماده آلی خاک در مقیاس کرت ارزیابی و تعیین می‌شود.

۲-۲ بررسی و چارچوب‌بندی رویکردهای اگرواکولوژیک در کشاورزی

برای بررسی و تبیین رویکردهای اگرواکولوژیک، لازم است تاریخ دست‌ورزی بشر در طبیعت در قالب کشاورزی به طور مختصر مورد واکاوی قرار گیرد تا دلایل و ضرورت‌های پیدایش رویکردها و رهیافت‌های موسوم به کشاورزی پایدار و اگرواکولوژیک مشخص شود. در آغاز، تغذیه انسان بدون دخالت در روند معمول سامانه‌های طبیعی انجام می‌شد و دست‌ورزی چندانی در سامانه‌های طبیعی رخ نمی‌داد. به عنوان مثال، در این زمان نیز جنگل‌ها در اثر عوامل برون‌زاد و درون‌زاد و فرآیند توالی دچار تخریب، آتش‌سوزی و سایر رخدادهای مخرب می‌شدند، اما در کنار آن سامانهٔ بافرکنندهٔ طبیعت با گذشت زمان، تخریب را جبران می‌کرد، چرا که در آن زمان، فرایند بازاحیایی سامانه‌ها نیز همانند مراحل توالی آنها، جزئی جدایی‌ناپذیر از ماهیت این سامانه‌ها بود. به سخن دیگر، در آن زمان تخریب و احیا به موازات هم انجام می‌شدند.

اما با شکل‌گیری اگرواکوسیستم‌ها (کشت‌بوم‌ها) تفاوت‌هایی در مدیریت این سامانه‌ها بروز یافت که بوم‌نظام‌ها را از موازنه خارج کرد. در حقیقت، در جریان شکل‌گیری کشت‌بوم‌ها، سامانه‌های طبیعی که دستخوش مراحل توالی متعادل خود بودند، از موازنه خارج شدند و دخالت بشر که با اهداف خاص و شاید بتوان گفت منفعت‌طلبانه انجام می‌شد، این سامانه‌ها را به سامانه‌های تحت استیلا و مدیریت بشر تغییر داد. آن‌چه رخ داد این بود که سامانه‌هایی که از اطلاعات اکولوژیک و زیست‌شناختی غنی برخوردار بودند، جای خود را به سامانه‌هایی جوان و نابالغ دادند که به دلیل ناپختگی اکولوژیک و زیست‌شناختی، در برابر هر گونه نوسان و تغییری شکننده بودند. به عنوان مثال، در بسیاری از موارد، ظهور کشت‌بوم‌ها به بهای سقوط جنگل‌ها تمام شد و این به معنای عقب‌گرد توالی یک جامعهٔ اوج[1] (جنگل) به یک جامعهٔ پیشگام[2] (کشت‌بوم) و یا به عبارتی نابودی هزاران سال پیشینه و تجربهٔ اکولوژیک نهان در سامانهٔ جنگل بود. از سویی، کیفیت اکولوژیک نیز از این سامانه‌ها رخت بربست، چرا که در سامانه‌های جدید زراعی، بُعد زمان به «فصل زراعی» محدود شد و فرصتی برای تجربه‌اندوزی به این سامانه‌ها داده نشد. میزان دست‌ورزی بشر با گذشت زمان شدت گرفت و این روندِ تغییر شدت دست‌ورزی‌ها موجب خلق سامانه‌های مختلف کشاورزی گردید. حد نهایی این سامانه‌ها که اکنون باب گسترده‌ای از نگرانی‌ها را به روی بشر گشوده است، سامانه‌های فشرده کشاورزی هستند که در آنها، خاموشی اکولوژیک حکمفرماست که در ادامهٔ این بخش به آن پرداخته خواهد شد.

1- Climax community
2- Pioneer community

اکنون برای پویا کردن این سامانه‌ها و بازگشت به سامانه‌های پایدار باید به دنبال سامانه‌هایی بود که دو ویژگی مهم داشته باشند. نخستین ویژگی، الهام گرفتن از طبیعت است؛ سامانه جنگل‌زراعی از نمونه‌های بارز تجلی این ویژگی است. در واقع، در سامانه جنگل‌زراعی که در ادامه به آن اشاره شده است، سامانه شکننده و بی‌ثبات زراعی در دل سامانه باثبات‌تری قرار می‌گیرد و اگر این سامانه جنگل باشد، در واقع کشت‌بوم در بطن پایدارترین جامعه اوج قرار گرفته است و جنگل به عنوان یک محیط بافرکننده عمل نموده و کشت‌بوم را از مخاطرات موجود به دور می‌دارد. دومین ویژگی مهم، مبتنی بودن سامانه بر دانش بومی[1] است. بی‌شک، سامانه‌های کشاورزی با تمام ویژگی‌هایی که دارند، باید بر اساس دانش موجود در هر منطقه و هر اقلیم طراحی شوند. در کنار این دو ویژگی مهم، توجیه اقتصادی و مقبولیت زیست‌محیطی این سامانه‌ها نیز باید مدنظر قرار گیرد. توجه به این نکته مهم است که مقبولیت تک‌بعدی یک سامانه نمی‌تواند دلیل بر توصیه و ترویج آن سامانه باشد و از سویی، نگاه اغراق‌آمیز به منافع و دیدگاه اغماض‌گرایانه در مورد معایب احتمالی سامانه‌ها برای توجیه آنها جالب نیست. واقعیت این است که تمامی سامانه‌هایی که در ادامه به توضیح آنها خواهیم پرداخت، در برخی از شرایط کارآمد و در برخی شرایط ناکارآمد هستند.

در تمام بخش‌هایی از این گزارش که به این سامانه‌ها و رویکردهای اگرواکولوژیک ارجاع داده خواهد شد، سعی شده تا مباحث واقع‌گرایانه باشد. به عنوان مثال، اگرچه سامانه‌های کشت مخلوط، سامانه‌هایی پایدار به شمار می‌روند، اما واقعیت این است که مشکلاتی که در گسترش آنها در سطوح کلان وجود دارد، از آنها در سامانه‌های تولید معیشتی چهره‌ای کارآمد و در سامانه‌های تولید کلان سیمایی ناکارآمد می‌سازد. یا سامانه‌های جنگل‌زراعی زمانی می‌توانند موفق باشند که دوره رهایی جنگل، به حدی باشد که امکان احیای جنگل تا دوره بعد که مجدداً قطع درختان و تبدیل آن به زمین زراعی انجام می‌شود، فراهم گردد. در این گزارش و در این بخش، هدف آشنا کردن مخاطبان با ماهیت این سامانه‌ها و بررسی نقاط قوت و ضعف آنهاست. در ادامه و پس از نگاهی اجمالی به سامانه‌های فشرده و کم‌نهاده، رویکردهای اگرواکولوژیک با صورت‌بندی و در قالب تناوب زراعی، کشت مخلوط، تلفیق زراعت و دامپروری، جنگل‌زراعی، کشاورزی ارگانیک و در نهایت کشاورزی هوشمند و زیرمجموعه‌های آن، از جمله کشاورزی دقیق بررسی خواهد شد.

1- Indigenous knowledge

کشاورزی فشرده و کم‌نهاده

در کشاورزی تجاری و در مقیاس منطقه‌ای و ملّی، افزایش تولید غذا در سراسر جهان از دو طریق امکان‌پذیر بوده است: افزایش سطح زیر کشت و افزایش تولید در واحد سطح. انسان‌های اولیه در جوامعی زندگی می‌کردند که برای تامین نیاز خود به شکار و جمع‌آوری غذا و برای یافتن غذا و آب در عرصه‌ها به جستجو می‌پرداختند و کم بودن جمعیت در این جوامع، نیاز کم آنها به منابع طبیعی را نیز به همراه داشت. البته این افراد لزوماً دیدگاه‌های حفاظت از محیط زیست را دنبال نمی‌کرده‌اند. به دنبال شکل‌گیری تمدن‌ها و افزایش اشغال زمین‌های موجود در طول زمان، روش موجود با کشت و کار گیاهان و پرورش حیوانات خاص جایگزین شد و این امر اسکان افراد را به همراه داشت. با گسترش کشاورزی، جمعیت بشر نیز رو به فزونی نهاد (فن‌درمیر، ۱۹۹۰) و به دنبال آن، تاثیرگذاری بشر بر محیط شدت گرفت. جنگل‌ها و چمنزارها برای کاشت گیاهان پاک‌سازی شده و مراتع به شدت مورد چرا واقع شدند. زیاد بودن سرانه زمین در آن زمان موجب غفلت بشر از سلامت محیط زیست گردید و چرای بی‌رویه و کشت بی‌حد و حصر به زوال چشم‌اندازها و بیابان‌زایی ختم شد و بشر اندک اندک متوجه شد که در بسیاری از مناطق دنیا امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد و یا زمین‌های موجود از توان‌مندی لازم برای تبدیل به یک کشت‌بوم کارامد برخوردار نیستند.

بدین‌ترتیب، گزینه اول از راهکارهای افزایش تولید (افزایش سطح زیر کشت) در بسیاری از نقاط دنیا منتفی است. بنابراین، بشر راهی جز روی‌آوردن به گزینهٔ دوم، یعنی افزایش تولید در واحد سطح نداشت. از اوایل دهه ۱۹۵۰ تا دهه ۱۹۷۰ دانشمندان، کاربرد فناوری‌ها و مدیریت‌های نوین را در کشت‌بوم‌ها آغاز کردند و اصلاح نژادهای جدید و پرعملکرد گندم، ذرت، برنج و سایر گیاهان زراعی، نقطه شروع این رویکرد بود. این نژادهای جدید از نظر ژنتیکی هم برای تولید عملکرد بالاتر و هم زودرسی اصلاح شدند و دارای یک‌دستی ژنتیکی بالایی بودند. معرفی این ارقام پرعملکرد با رویکرد مشتاقانه کشاورزان و بازده اقتصادی بالاتر و افزایش تولید منطقه‌ای همراه شد. در خلال سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ با وجودی که جمعیت جهان به سیر صعودی خود ادامه داد، کل تولید غله جهان نیز به شدت افزایش یافت. بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۴ تولید غله جهان با نرخ ۲/۱ درصد افزایش یافت (براون، ۱۹۹۸) و این در حالی بود که نرخ رشد جمعیت، ۱/۸ تا ۲/۱ درصد بود (براون و همکاران، ۱۹۹۴). این افزایش حیرت‌انگیز تولید غذا که از افزایش تولید در واحد سطح ناشی شد، به دلیل آن‌چه امروز به آن «انقلاب سبز » می‌گویند، ایجاد شد. دستاورد انقلاب سبز، سامانهٔ نوینی از کشاورزی به نام کشاورزی فشرده بود.

کشاورزی فشرده[1] به سامانه‌های تولیدی گفته می‌شود که در جریان تولید به نهاده‌های برون مزرعه‌ای زیادی وابسته هستند و در واقع حفظ این سامانه‌ها نیازمند حمایت همه‌جانبه آنهاست. در این سامانه برخلاف سامانه‌های پایدار، هزینه خودنگهداری سامانه، بالا و میزان خوداتکایی آن پایین است. این سامانه‌ها خودمختار نیستند، بدین معنی که در صورت حذف مدیریت‌های لازم و نهاده‌های بیرونی، به شدت آسیب می‌بینند. در این سامانه‌ها، انرژی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی بالا، نوع کود مصرفی عمدتاً کودهای شیمیایی صنعتی، تک‌کشتی و تنوع زیستی پایین است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۵). کاربرد سنگین سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های شیمیایی (کود و آفت‌کش) موجب پیامدهای منفی این سامانه‌ها بر کشت‌بوم و بوم‌نظام‌های طبیعی، به ویژه آلودگی منابع آب و خاک شده است. تفاوت این سامانه تولید با سامانه‌های پایدار در این است که در کشاورزی پایدار بر ثبات عملکرد در طولانی‌مدت با حداقل تاثیر بر محیط تاکید می‌شود، حال آن که کشاورزی فشرده عملکردمحور و مبتنی بر اهداف کوتاه‌مدت است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۵). در این سامانه‌ها به علت کشت خالص گیاهان زراعی یک‌ساله (کم‌بودن تنوع زیستی)، حساسیت به آفات نیز بیشتر است.

در جریان تکامل سامانه‌های فشرده کشاورزی، عملیات زراعی در کشورهای صنعتی با ایجاد محیط مطلوب برای رشد گونه‌هایی که گونه‌های هدف نامیده می‌شوند، سبب شد که محیط به محیطی مطلوب برای رشد این گونه‌ها و محیطی نامطلوب برای بسیاری از گونه‌ها تبدیل شود و این امر در نهایت موجب ساده‌سازی ساختار کشت‌بوم‌ها شد (جکسون و همکاران، ۲۰۰۵؛ پرینگز و همکاران، ۲۰۰۶) و این امر در نهایت به جایی ختم شد که روابط همزیست و مصرف مکمل منابع توسط گونه‌ها از این سامانه‌ها رخت بر بست. اگرچه این سامانه‌ها از بازده اقتصادی بالایی برخوردارند، ولی به هیچ وجه طبیعت‌محور و بوم‌سازگار نیستند. پیدایش این سامانه‌ها موجب بروز پیامدهایی منفی شد که در بخش‌های گوناگون این گزارش به آن پرداخته شده است. مهم‌ترین مساله‌ای که در این زمینه بروز یافت، کاهش شدید پاسخ گیاهان به نهاده‌ها بود که تصورات خوش‌بینانه بشر در مورد حل معضل غذا در سده‌های آینده را دستخوش دگرگونی کرد و بار دیگر نظریه مالتوس احیا شد. به عنوان مثال، سی سال پیش مصرف هر تن کود اضافی ۱۵ تا ۲۰ تن بر عملکرد غله جهان می‌افزود، درحالی که امروزه از مصرف همین مقدارکود ۵ تا ۱۰ تن افزایش حاصل می‌شود. نسبت تولید غلات به کود مصرفی در سطح جهان در سال ۱۹۵۰ برابر ۹/۸ و در سال ۱۹۸۹برابر ۱/۸ بوده است. باید توجه داشت که کودهای شیمیایی، به‌ویژه کودهای

1- intensive agriculture

نیتروژنه، علاوه بر ایجاد مشکلات محیطی، در تولید آنها نیز انرژی زیادی مصرف می‌شود. به عنوان مثال، برای تولید هر کیلوگرم نیتروژن ۱۸۰۰۰ کیلو کالری انرژی لازم است (کوچکی، ۱۳۷۶).

با گسترش مصرف آفت‌کش‌ها در سامانه‌های فشرده، چند مساله مربوط به آفت‌کش‌ها شامل آلودگی‌های زیست‌محیطی، آلودگی آب‌های زیرزمینی، دوام و بقای آنها و اثرات آنها بر موجودات غیرهدف بروز یافته است. اگرچه معمولاً هزینه‌های محیطی این‌گونه ترکیبات اغلب در نظر گرفته نمی‌شود، اما می‌تواند هزینه کاربرد آفت‌کش‌ها را افزایش دهد. از سویی، مصرف این قبیل سموم سبب ایجاد مقاومت در برخی از گونه‌های آفات شده که کارایی مصرف این ترکیبات را به شدت کاهش داده است.

در مقابل، سامانه‌های کشاورزی پایدار کم‌نهاده در پی آن هستند که به هر شکل، استفاده از نهاده‌های خارجی، مانند کودها و آفت‌کش‌ها را کمینه کنند، هزینه‌های تولید را کاهش دهند، از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی پرهیز کنند، بقایای آفت‌کش‌ها را در مواد غذایی کاهش دهند، و سودآوری کوتاه و دراز مدت مزرعه را افزایش دهند. این اهداف پسندیده هستند و اگر واژه «کمینه‌سازی» کاربرد منابع با لغت بهینه‌سازی جایگزین شود، تعریفی معتبر و همه‌جانبه از اهداف کشاورزی پایدار که توسط کشاورزان باتجربه و مسئول اجرا می‌شود، به دست می‌دهد. به‌علاوه، پار و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشته‌اند که دلیل دیگر تمرکز بر سامانه‌های زراعی کم‌نهاده آن است که اکثر سامانه‌های پر نهاده، دیر یا زود با شکست مواجه می‌شوند، زیرا در دراز مدت به لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی پایدار نیستند. از این مطالب چنین بر می‌آید که کشاورز سنتی یا جدید فقط دو راه برای انتخاب دارد: انتخاب سامانه‌های کشاورزی بر مبنای استفاده کم از نهاده‌ها و دیگری، انتخاب سامانه‌هایی که نهاده زیادی مصرف می‌کنند. **در واقع، راه سومی هم وجود دارد و آن زراعت با مصرف بهینهٔ نهاده است.** واگنر (۱۹۹۰) این سامانه را به عنوان سامانهٔ «کم نهاده به ازای هر واحد عملکرد» توصیف می‌کند که تعریف و منظور دقیق ما از اگرواکولوژی نیز همین است. در این سامانه‌ها تاکید عمده بر قانون بازده نزولی است که در مصرف کلیه نهاده‌ها بدون استثناء صادق است. کشاورزی که این قانون اساسی را فراموش کند، اصول مسلم گیاهان زراعی، خاک و آب در کشاورزی رایج را آن‌گونه که در منابع علمی وجود دارد، درک نکرده است. اگر کشاورز از یک نهاده در مقداری کمتر از مطلوب استفاده کند، در حقیقت از سایر عوامل تولید به طور کامل بهره نمی‌گیرد. بر عکس، اگر از یک نهاده بیش از مقدار مطلوب استفاده شود، نه تنها منابع تولید را هدر داده است، بلکه در خطرات آلودگی زیست‌محیطی نیز سهیم است. بنابراین باید به این نکته اذعان داشت که کشاورزی کم‌نهاده، راهکار تامین امنیت غذایی بشر در آینده نیست، بلکه

کشاورزی‌ای که دارای کارایی مصرف بالایی از نهاده‌ها باشد، می‌تواند به عنوان جایگزینی مطلوب برای کشاورزی فشرده امروزی مطرح باشد.

اشاره به این نکته نیز لازم است که در بسیاری از موارد، فشرده‌سازی سامانه‌های کشاورزی نتوانسته است موجب افزایش قابل انتظار عملکرد و نزدیک کردن عملکرد به عملکرد قابل حصول را فراهم سازد. به عبارت دیگر، هنوز هم افزایش تولید در سامانه‌های کشاورزی فعلی امکان‌پذیر است، چرا که در بسیاری از این سامانه‌ها، مدیریت‌های زراعی بهینه نیست و ارائه مدیریت‌های بهینه بدون اضافه کردن نهاده‌ها هنوز هم جایگاه ویژه‌ای دارد. بالا بودن خلأ عملکرد (اختلاف بین عملکرد واقعی و پتانسیل) این نوید را می‌دهد که افزایش تولید با ثابت نگهداشتن مصرف منابع هنوز هم در برخی از سامانه‌های تولید جایگاه دارد (مهدوی و کامکار، ۱۳۸۷). بدون تردید در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه که خلأ عملکرد بالایی در محصولات راهبردی مشاهده می‌شود و شواهد هم حاکی از ناپایداری فنی و مدیریتی است، می‌توان با بهینه‌سازی کاربرد نهاده‌ها و مدیریت هم عملکرد را در واحد سطح افزایش داد و هم موجب بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و بهره‌وری، یعنی کارایی مصرف نهاده‌ها، اعم از منابع پایهٔ تولید (آب، خاک، تنوع زیستی) و نهاده‌ها (بذر، نهاده‌های شیمیایی، مکانیزاسیون و خاک‌ورزی) شد.

خاک‌ورزی حفاظتی[1]

خاک‌ورزی به آن دسته از علمیات زراعی گفته می‌شود که برای به‌هم زدن خاک به منظور تهیهٔ بستر رشد گیاهان زراعی انجام می‌گیرد. هدف از خاک ورزی فراهم آوردن محیطی مناسب جهت سبز شدن بذر، رشد و نمو ریشه، کنترل علف‌های هرز، کنترل فرسایش خاک و کنترل رطوبت خاک است. در خاک‌ورزی رایج بقایای گیاهی در خاک دفن شده و سطح خاک تمیز شده و قبل از کاشت تسطیح می‌شود. اصطلاح شخم حفاظتی واژه‌ای عمومی است که به دامنه‌ای از عملیات خاک‌ورزی اشاره دارد که طی آن عملیات شخم حذف شده و یا کاهش می‌یابد. خاک‌ورزی حفاظتی به هر گونه عملیات خاک ورزی و کاشت گفته می‌شود که پس از کاشت حداقل ۳۰٪ از سطح خاک به وسیله بقایای گیاهی پوشیده شده باشد. از طرف دیگر تعدادی از پژوهشگران معتقدند که در خاک ورزی حفاظتی نیاز است تا حداقل به هم‌خوردگی خاک با در نظر گرفتن تولید پایدار و همچنین بیشینه‌سازی پوشش بقایای گیاهی در سطح خاک به وسیله مدیریت محصول و چراندن بقایا به وسیله دام را در نظر گرفته شود. با کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی فرسایش

1- conservation tillage

آبی و بادی کاهش، درصد ماده آلی خاک افزایش، حفظ رطوبت خاک افزایش و هزینه عملیات خاک‌ورزی کاهش می‌یابد. پیش از اجرای خاک‌ورزی حفاظتی بهتر است از تسطیح لیزری استفاده گردد و در صورت فشردگی و سخت‌لایه در خاک از زیرشکنی خاک استفاده شود. مهم‌ترین مزیت‌های خاک‌ورزی حفاظتی عبارت است از:

- ✓ کاهش هزینه اجرای عملیات خاک‌ورزی و کاشت
- ✓ حفاظت خاک در مقابل فرسایش آبی و بادی
- ✓ کاهش میزان آب مصرفی از طریق افزایش دور آبیاری
- ✓ کاهش میزان تردد در سطح خاک و جلوگیری از فشردگی خاک
- ✓ کاهش سرمایه‌گذاری در ماشین‌های کشاورزی
- ✓ صرفه‌جویی در زمان و انرژی مصرفی در مزرعه
- ✓ کاهش آلودگی هوا به خاطر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی

به‌طور کلی خاک‌ورزی حفاظتی را می‌توان به چهار گروه تقسیم‌بندی کرد:

سیستم بدون خاک‌ورزی[1]. در روش بدون خاک‌ورزی، خاک از زمان برداشت محصول قبلی تا کاشت محصول بعدی، جز برای قرار دادن بذر و کود در داخل خاک، دست‌نخورده باقی می‌ماند. در این روش کارنده مستقیماً وارد زمین شده و با ایجاد شکافی در داخل خاک، بذر و کود را در داخل خاک قرار می‌دهد. کنترل علف‌های هرز در این روش با بهره‌گیری از علف‌کش‌ها و در ابتدای کاشت انجام می‌شود، ولی ممکن است از عملیات خاک‌ورزی نیز جهت کنترل علف‌های هرز استفاده گردد. روش بدون خاک‌ورزی، نوین‌ترین سیستم خاک‌ورزی در جهان است و به‌طور فزاینده‌ای در مناطقی که با مشکل فرسایش خاک روبرو هستند مورد اقبال و پذیرش قرار گرفته است.

خاک‌ورزی نواری[2]. این عملیات شامل ایجاد نوارهای باریکی است که گیاه روی آنها کشت شده و بقایای تخریب‌نشده در سطح خاک باقی گذاشته می‌شود.

خاک‌ورزی پشته‌ای[3]. شخم برای ایجاد پشته‌هایی استفاده می‌شود که گیاه روی آنها کاشته می‌شود. در این سیستم خاک از زمان برداشت تا کاشت محصول بعدی، جز برای تزریق کودهای شیمیایی، دست‌نخورده باقی می‌ماند. در این روش گیاه زراعی روی پشته‌هایی که طی فصل زراعی پیشین ساخته

1- no tillage
2- strip tillage
3- ridge tillage

شده‌اند کشت شده و رشد می‌یابد. سپس نظام بدون شخم برای حفظ گیاهان بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارنده‌های شخم پشته‌ای یک ابزار جارویی در جلوی کارنده داشته که خاک را تمیز کرده و بقایا را از سطوح کاشت به کناره‌ها می‌راند. کنترل علف‌های هرز در این سیستم توسط علف‌کش‌ها انجام می‌شود.

خاک‌ورزی خاکپوشی (مالچی)[1]. هر نوع خاک‌ورزی (به غیر از بدون خاک‌ورزی نواری و پشته‌ای) که ۳۰٪ یا بیشتر بقایا را در سطح خاک حفظ می‌کند. در این روش خاک شخم زده می‌شود و بخشی از بقایای گیاهی نیز به همراه خاک شخم زده می‌شود، اما خاکپوش ناشی از بقایا در سطح باقی می‌ماند. خاک‌ورزی در این روش شامل شخم سطحی و کم‌عمقی است که با هدف باقی گذاشتن بقایا در سطح خاک طراحی می‌شود. در این روش تمامی ادوات مرسوم در خاک‌ورزی رایج نظیر پنجه‌غازی، دیسک‌ها، علف‌کن‌ها و کولتیواتورها با محدودیت دفعات و عبور در زمین استفاده می‌شود تا بقایای گیاهی در سطح خاک حفظ شود.

با توجه به امکان صرفه‌جویی در مصرف آب در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در فصل تابستان و همچنین مزایای دیگر این سیستم نظیر افزایش ماده آلی خاک، بهبود ساختمان خاک، تعدیل درجه حرارت خاک و پیش‌رس کردن محصول استفاده از این روش به عنوان جایگزینی مطلوب برای خاک‌ورزی رایج به خصوص در کشت‌های تابستانه توصیه می‌شود.

تناوب زراعی

تناوب زراعی[2] به کشت بیش از یک گیاه زراعی در یک قطعه زمین گفته می‌شود. انتخاب یک تناوب زراعی صحیح به عنوان قلب نظام کشاورزی، بسیاری از مدیریت‌های بعدی کشت‌بوم را ساده می‌سازد، تجلی تناوب زراعی و قلب تپندهٔ تناوب زراعی در هر منطقه در هر جای دنیا، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک است که مشخص می‌کند شرایط رشد و تولید عملکرد بهینه برای هر محصول در یک منطقهٔ خاص چگونه است.

تناوب زراعی مزایایی دارد که عمدتاً مشابه مزایای کشت مخلوط است و در ادامه به آن پرداخته می‌شود. اما یکی از مزایای حائز اهمیت تناوب، نقش آن در شکستن چرخه بیماری‌ها و آفاتی است که

1- mulch tillage
2- Crop rotation

در یک نظام ساکن هستند. از تناوب برای مدیریت مشکلات ناشی از آفاتی نظیر نماتدها، قارچ‌ها و حشرات خاکزی استفاده می‌شود. اگر گیاه مقاوم، در تناوب با میزبان آفت قرار بگیرد، آفت در زمان حضور گیاه مقاوم از منبع غذایی محروم خواهد شد. آفاتی که برای یافتن میزبان دیگر قادر به حرکت نیستند از بین رفته و بنابراین، جمعیت آفت تا حد قابل‌توجهی کاهش خواهد یافت (پاورز و مک‌شورلی، ۲۰۰۰). تناوب زراعی در برخی از موارد باعث کاهش تراکم علف‌های هرز نیز شده است (لیبمن و دیک، ۱۹۹۳). علاوه بر این گونه مزایای اکولوژیک، استفاده از تناوب زراعی موجب توزیع نیروی کار در کل سال می‌شود.

نکاتی که در طراحی تناوب زراعی باید مورد توجه قرار بگیرد عبارت است از (استرویک و بونچیارلی، ۱۹۹۷):

- ✓ ارزش گیاه به عنوان محصول زراعی نقدینه یا علوفه،
- ✓ نوع خاک و اقلیم منطقه،
- ✓ تاثیر گیاهان موجود در تناوب بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک،
- ✓ حفاظت از عناصر غذایی،
- ✓ کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، و
- ✓ توانمندی‌های فنی، علمی و تجهیزاتی کشاورز و نظام کشاورزی.

تناوب نیز نظیر کشت مخلوط امکان افزایش تنوع به تولید را درطول زمان فراهم می‌کند. اگر یکی از بقولات درتناوب استفاده شود، می‌تواند برای دستیابی به عملکرد مطلوب در گیاهی که پس از آن درتناوب وارد می‌شود، نیتروژن کافی تولید کند و همچنین به عنوان یک علوفه با کیفیت بالا برای دام استفاده شود. به عنوان مثال، کاپورالی و اونیس (۱۹۹۲) گزارش کردند که کاشت یونجه قبل از آفتابگردان باعث تامین ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار در خاک می‌شود. علاوه بر تمام مزایای پیش‌گفته، تناوب زراعی باید از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه شود، زیرا با استفاده از تناوب زراعی نیروی کارگری درکل سال توزیع شده و نیز امکان رشد فشرده گیاهان بسیار با ارزش فراهم می‌شود

به عنوان مثال، بسته به نوع گیاهی که قبلاً کاشت شده است، برخی از گیاهان با افزایش یا کاهش عملکرد مواجه می‌شوند. بقولات بیشتر باعث افزایش عملکرد گیاهان بعدی خود می‌شوند که علت آن تأثیر این گیاهان در فراهم کردن نیتروژن در خاک است. با این وجود، ممکن است این گیاهان دربرخی از مناطق نیمه خشک باعث تخلیه آب خاک شوند. اما سورگوم گیاهی است که تناوب بعد ازآن بسیار

مشکل است. بقایای سورگوم دارای نسبت بالای C/N است، بنابراین تجزیه بقایای این محصول باعث تحریک رشد ریزموجوداتی می‌شود که پس از تجزیه بقایای سورگوم به جستجوی نیتروژن از سایر منابع می‌پردازند. این بقایا مقدار کمی نیتروژن را در اختیار گیاه بعدی قرار می‌دهند. اما درصورتی که آلودگی نیتراتی از مشکلات نگران‌کننده موجود در مزرعه باشد، کاربرد سورگوم در تناوب زراعی سودبخش است. در برخی از تناوب‌های زراعی، ترکیبات شیمیایی دگرآسیب که از یک گیاه (نظیر گندم) ترشح می‌شود، ممکن است در موفقیت گیاه بعدی تأثیر بگذارد. بقایای ناشی از مصرف یک علف‌کش ممکن است تا زمان رشد گیاه بعدی در خاک باقی بمانند. به عنوان مثال، اگر یک علف‌کش مخصوص پهن‌برگ‌ها در مزرعه ذرت استفاده شود، ممکن است زمانی که سویا به عنوان گیاه بعدی کشت می‌شود، موجب کندی یا توقف رشد این گیاه گردد.

برای روشن شدن هر چه بهتر این موضوع، یک تناوب شامل سیب‌زمینی، یکی از بقولات و سورگوم را درنظر بگیرید. کدام گیاه را قبل از دیگر گیاهان خواهید کاشت و چرا؟ ممکن است بگویید که باید بقولات را قبل از سیب‌زمینی کاشت، زیرا بقولات باعث افزوده شدن نیتروژن به خاک و در نتیجه افزایش عملکرد خواهند شد. اما، اگر مزرعه مورد تهاجم نماتدهایی باشد که به غده‌های روی ریشه حمله می‌کنند، وجود بقولات ممکن است باعث شکل‌گیری جمعیت نماتد شود که مشکلی جدّی برای سیب‌زمینی به شمار می‌آید. در این مورد ممکن است سورگوم را به عنوان اولین گیاه انتخاب کنید، اما کاشت سورگوم قبل از سیب‌زمینی ممکن است باعث کاهش مقدار نیتروژن خاک و در نتیجه کاهش عملکرد سیب‌زمینی گردد. اگر کرم‌های مفتولی نیز در خاک موجود باشند، کاشت سورگوم قبل از سیب‌زمینی ممکن است موجب افزایش خسارت ناشی از این کرم‌ها به سیب‌زمینی شوند. بنابراین تناوب زراعی، نظیر هر سامانه چند کشتی دیگری از پیچیدگی‌های مربوط به خود برخوردار است.

تناوب زراعی در کشت‌بوم‌های رایج

در حالی که هنوز هم تناوب زراعی یکی از عملیات رایج در کشورهای درحال توسعه و نیز کشورهای صنعتی است، اما درمقایسه با گذشته، کشاورزان کمتری از تناوب استفاده می‌کنند که علت این مسأله تا حد زیادی به استفاده گسترده از کودهای شیمیایی صنعتی بر می‌گردد، زیرا با وجود چنین کودهایی نیاز کمتری به افزایش حاصلخیزی از طریق چنین روش‌هایی احساس می‌شود. کشت مداوم فقط یک گیاه در اواسط قرن بیستم و همزمان با تخصصی شدن کشاورزی از عمومیت بیشتری برخوردار شد. آفت‌کش‌ها و کودها با هدف حفظ تولید درسطح بالا، به مقدار زیادی مصرف می‌شوند، اما اگر هزینه‌های

این فرآورده‌های صنعتی افزایش یابد، ممکن است استفاده از تناوب دوباره عمومیت یابد. هنوز هم تناوب با هدف مدیریت آفات خاص و تعدیل تولید گیاهان زراعی در برابر تغییرات اقلیم در برخی از مناطق کاربرد قابل توجهی دارد.

در مناطق سردتر، مانند برخی نقاط حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه کاشت صرفاً یک گیاه درهر فصل رشد رایج است و ممکن است کشاورز برای تناوب در هرسال، گیاهی متفاوت را انتخاب کند و فقط به کشت یک گیاه بپردازد. به عنوان مثال، یکی از تناوب‌های رایج در غرب میانی ایالات متحده، کشت سویا و ذرت به شکل یک‌سال درمیان است. گیاهان زمستانه اغلب عادت رشد متفاوتی از گیاهان تابستانه دارند و اغلب برای مدیریت آفات مناسب و در بهبود حاصلخیزی خاک و کاهش فرسایش نیز مؤثر هستند. مهم‌ترین امتیازات تناوب زراعی عبارتند از:

- ✓ کنترل آفات و بیماری‌ها. یکی از اهداف اصلی تناوب زراعی، مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در قالب رهیافت‌های زراعی، مکانیکی و فیزیکی است. در واقع، مدیریت آفات در تناوب زراعی به شکل برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات انجام می‌شود که در کشاورزی پایدار اهمیت زیادی دارد. مدیریت تلفیقی آفات در ادامه همین بخش به تفصیل بیان می‌شود.
- ✓ افزایش فعالیت‌های زیستی خاک،
- ✓ استفاده ریشه گیاهان مختلف از مواد غذایی عمق‌های مختلف خاک و جلوگیری از مسئله‌ای که اصطلاحاً خشکی خاک نامیده می‌شود. این موضوع در بحث کشت مخلوط توضیح داده می‌شود.
- ✓ بالا بردن کارایی مصرف آب و نیتروژن در گیاهان زراعی
- ✓ کاهش تلفات ناشی از فرسایش و افزایش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه کاستن از تلفات ناشی از آبشویی و سایر منابعی که مستقیم و غیر مستقیم اهداف کشاورزی پایدار را دنبال می‌کنند.

کشت مخلوط

سامانه‌های کشت مخلوط، قدیمی‌ترین سامانه‌های کشاورزی هستند. انسان همراه با گیاهان زراعی و حیوانات از جامعهٔ بدوی شکار- جمع‌آوری غذا تا فرهنگ یک‌جا نشینی تکامل پیدا کرده است. سامانه‌های کشت مخلوط اولیه ۳ ویژگی داشتند:

- ✓ تنوع زیاد گونه‌های گیاهی
- ✓ تلفیق گیاه، حیوان و انسان
- ✓ سبک زندگی‌ای که بر محور تامین نیاز غذا می‌گشت.

کشت مخلوط، بخشی از برنامه تناوب زراعی در مدیریت اگرواکوسیستمی و در رهیافت اگرواکولوژیک است. یکی از مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط در برابر کشت خالص این است که کشت مخلوط گیاهانی که در کنار هم سازگاری بیشتری نشان می‌دهند، تقریباً همیشه عملکرد کل را در هکتار افزایش می‌دهد (پاورز و مک‌شورلی، ۲۰۰۰) که این امر ناشی از کاهش رقابت بین آنها به علت سازگاری بیشتر آنها با هم است. شرط موفقیت کشت مخلوط این است که گونه‌های موجود در مخلوط به شکل متفاوتی از منابع استفاده و به عبارت دیگر آشیان‌های اکولوژیک متفاوتی را اشغال کنند. این رشد واگرا موجب می‌شود گونه‌ها به شکل مکمل عمل کنند؛ بنابراین در طراحی کشت مخلوط در نظام‌های پایدار باید به این نکته توجه داشت که گیاهانی که بیشترین تفاوت‌ها را در استفاده از منابع دارند، سازگارترین گیاهان در کشت مخلوط هستند (فن‌درمیر، ۱۹۸۹).

نگرانی‌های ناشی از زوال تنوع زیستی در کشت‌بوم‌های رایج و آگاهی از این امر که کاهش تنوع زیستی کشاورزی هزینه‌هایی برای تولیدکنندگان، هزینه‌های اجتماعی برای ملت‌ها و جوامع، پیامدهای درازمدت برای تولیدات کشاورزی و در نتیجه اثرات منفی بر امنیت غذایی دارد (کوچکی، ۱۳۸۲)، باعث شده است که در دو دههٔ اخیر، رویکرد کشت مخلوط که از دیرباز در کشت‌بوم‌های سنتی جایگاه ویژه‌ای داشته است به تدریج در سامانه‌های نوین نیز مورد توجه قرار بگیرد. سامانه‌های کشت مخلوط بر پایهٔ کاربرد موثر از تشعشع خورشیدی، عناصر معدنی و منابع محیطی استوار هستند، چرا که تفاوت‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی گونه‌های مختلف نظیر الگوهای متفاوت اندام‌های هوایی، ریشه، جذب عناصر و مسیر فتوسنتزی گونه‌های مختلفی که در کنار یکدیگر رشد می‌کنند باعث استفادهٔ کارامدتر از منابع می‌شود (فن‌درمیر، ۱۹۸۹). این سامانه‌ها با شبیه‌سازی فرایندهای بوم‌شناختی، ضمن حفظ سلامت و تنوع زیستی کشت‌بوم‌ها، عملکرد قابل‌قبول و مطلوبی نیز تولید می‌کنند. بدین‌ترتیب، امتیازات کشت مخلوط را در مقایسه با تک‌کشتی می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- ✓ افزایش تولید و عملکرد،
- ✓ استفادهٔ بهتر از منابعی نظیر زمین، نیروی کار و زمان،
- ✓ کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز،

- ✓ ثبات اقتصادی کشاورز، و
- ✓ تغذیهٔ انسانی مطلوب‌تر

بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در ایران در مورد سامانه‌های کشت مخلوط، تاییدی بر این ادعاست. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد سورگوم و سویا در کشت مخلوط آنها (بهشتی، ۱۳۷۴)، ذرت و لوبیا در مخلوط این دو (مومن شاهرودی، ۱۳۷۷)، کنجد در کشت مخلوط با پنبه (بیناباجی، ۱۳۷۵)، ذرت در کشت مخلوط با لوبیا، سورگوم و آفتابگردان (توحیدی‌نژاد، ۱۳۷۹)، ماشک و چاودار (کنشلو و مظاهری، ۱۳۷۶)، شبدر برسیم در کشت مخلوط با پنبه (حاتمی و لطیفی، ۱۳۸۰)، خیار در کشت توام با بادنجان و فلفل دلمه‌ای (کاشی، ۱۳۷۱) و ذرت و کلم علوفه‌ای در کشت مخلوط آنها (مظاهری، ۱۳۶۶) در مقایسه با تک‌کشتی این محصولات افزایش یافته است.

در مجموع با توجه به روند عمومی افزایش عملکرد محصولات زراعی در کشت مخلوط و تاثیر آن در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از کشت مخلوط کشت‌بوم‌های ایران باعث پایداری بیشتر این سامانه‌ها شود. نکاتی که در انتخاب الگوهای کشت مخلوط باید در نظر گرفته شوند، سازگاری گونه‌ها به شرایط کشت مخلوط، عدم همسانی فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی گونه‌ها برای جلوگیری از رقابت برون گونه‌ای و افزایش شاخص نسبت برابری زمین (LER)[1]، به منظور افزایش کارایی بهره‌وری از زمین هستند.

سامانه‌های کشت مخلوط از طریق ایجاد تنوع می‌توانند تا حدودی باعث ثبات کشت‌بوم شوند. کشت انواعی از گیاهان دریک مزرعه باعث ایجاد زیستگاه‌هایی متنوع برای دشمنان طبیعی گیاهان زراعی می‌شود و ضمن این که امکان بهره‌برداری یکنواخت از آشیانه‌های اکولوژیک را فراهم می‌کند، به تولید کنندگان محصولات زراعی نیز اجازه می‌دهد تا به جای این که درتقابل با طبیعت باشند، نوعی توالی اکولوژیک را در مزرعه ایجاد کنند. به علاوه، سامانه‌های چندکشتی نوعی تضمین (بیمه) برای کشاورزان به ارمغان می‌آورند، به نحوی که اگر یک گیاه زراعی درنتیجه وقوع برخی از تنش‌های محیطی درزمینه تولید ناکام ماند، دیگر گیاهان زراعی امکان تأمین معاش کشاورز و خانواده وی را فراهم می‌آورند. همچنین کاشت انواع متنوع گیاهان درمزرعه، به ویژه برای کشاورزان خرده‌پا که هدف اولیه آنها از کشاورزی، تأمین معاش خانواده است، می‌تواند جیره غذایی مطلوبی دراختیار آنها قرار دهد.

1- Land Equivalent Ratio

همچنین سامانه‌های چندکشتی امکان استفاده از سامانه‌های تلفیقی را افزایش می‌دهند، به شکلی که برخی از گیاهان زراعی برای حمایت و فراهم آوردن شرایط رشد برای سایر گیاهان کشت می‌شوند. به عنوان نمونه گیاهانی که دارای سامانه ریشه‌ای عمیق هستند، آب و مواد غذایی را از بخش‌های عمیق‌تر پروفیل خاک می‌کنند. به محض ریزش برگ‌های این گیاهان و سپس تجزیه آنها درسطح خاک، مواد غذایی حاصل از تجزیه در اختیار گیاهانی قرار می‌گیرد که دارای سامانه ریشه‌ای سطحی هستند. گیاهان پوششی و یا کودهای سبز نیز می‌توانند مواد آلی و مواد غذایی مورد نیاز گیاهان همراه خود را تأمین کنند. بقولات نیز می‌توانند ازطریق موجودات همزیست، نیتروژن را تثبیت کنند که در دسترس گیاهان بعدی قرار خواهد گرفت. ذرت وسایر گیاهانی که دارای ساقه افراشته هستند می‌توانند به عنوان قیّم سایر گیاهانی که بعد از این محصول کشت می‌شوند، مورد استفاده قرار گیرند.

در سامانه‌های چندکشتی کنترل زراعی نسبت به کنترل شیمیایی اولویت دارد، چرا که ممکن است مصرف یک ماده شیمیایی نظیر علف‌کش یا آفت‌کش که برای یک محصول پیشنهاد می‌شود برای سایر محصولات زراعی که در سامانه چند کشتی به کار رفته‌اند زیان‌بار باشد. سامانه‌های کشت مخلوط علاوه بر افزایش عملکرد که پیش‌تر اشاره شد، در کنترل بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز موثر هستند. کشت مخلوط دو رقم گندم مقاوم و حساس به سفیدک سطحی، در شرایطی که به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی شیوع بیماری افزایش یافته بود، شدت بیماری را در مقایسه با کشت خالص رقم حساس تا ۴۰٪ کاهش و عملکرد را ۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد (اخوت و یزدانی، ۱۳۷۷). همچنین کشت مخلوط ذرت و لوبیا در مقایسه با کشت خالص ذرت باعث کاهش وزن خشک تاج‌خروس و تاج‌ریزی شد (مظاهری و همکاران، ۱۳۷۹؛ موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۰). بنابراین سامانه‌های چندکشتی که عملاً باعث کاهش مصرف نهاده‌های خارجی می‌شوند در مبحث کشاورزی پایدار و بالا بردن کارایی مصرف انرژی در کشت‌بوم‌ها بسیار مؤثر هستند. استفاده از بقولات به علت قابلیت تثبیت نیتروژن از دیگر مثال‌ها در این مورد است.

عملکرد سامانه‌های کشت مخلوط بسته به شرایط کمتر، معادل یا بیشتر از سامانه‌های تک کشتی است. اما ذکر این نکته هم لازم است که محدودیت کاربرد ماشین‌آلات و سایر نهاده‌ها (به ویژه علف‌کش‌ها) و دشواری عملیات داشت در این سامانه‌ها از جمله معایبی است که موجب عدم پذیرش چنین سامانه‌هایی به شمار می‌رود. برای پذیرش گسترده کشاورزی مخلوط، معضلات یاد شده باید حل شوند و مکانیزاسیون این سامانه‌ها مطابق با ساختار این سامانه‌ها طراحی شود.

آرای ضد و نقیضی در مورد کشت مخلوط وجود دارد که به نظر می‌رسد به نوع نگرش به کشت مخلوط و سطحی که قرار است این سامانه در آن پیاده شود، باز می‌گردد. عمده کسانی که بر بالاتر بودن عملکرد سامانه‌های کشت مخلوط صحه گذاشته‌اند معتقدند که افزایش عملکرد کل در واحد سطح در کشت مخلوط به ویژه هنگامی اهمیت می‌یابد که مزارع کوچک باشند و از نظر مقدار کار نیروی انسانی یا حیوانی محدودیت وجود داشته باشد. لذا حتی این افراد هم به صراحت بالاتر بودن عملکرد کشت مخلوط را برای کشت‌بوم‌های یک‌پارچه و صنعتی مورد تاکید قرار نداده‌اند. از سویی نباید فراموش کرد که در حدود ۶۰٪ کشاورزی فعلی در دنیا از نوع کشاورزی خرده‌پا و معیشتی است و بنابراین باید به چنین سامانه‌هایی نگاهی ویژه داشته باشیم. ذکر این نکته ضروری است که غالب نظام‌های کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه سامانه‌های خرده‌پا هستند که به کارگیری کشت مخلوط در قالبی نوین و با بهره‌گیری از فناوری‌ها و عملیات جدید می‌تواند در آنها با افزایش بهره‌وری همراه باشد.

ویژگی‌های زراعی سامانه‌های کشت مخلوط

ویژگی‌های زراعی سامانه‌های کشت مخلوط شامل تمام عملیاتی است که توسط کشاورزان اجرا می‌شود و در رشد و تولید گیاهان زراعی نقش دارد. مدیریت گیاه زراعی و خاک هر دو در این میان نقش به‌سزایی دارند. بسیاری از این عملیات مدیریت تحت تاثیر اقلیم، ویژگی‌های خاک و عوامل اجتماعی-اقتصادی هستند. هر تصمیم‌گیری در مورد گونهٔ زراعی، آماده‌سازی زمین، کوددهی و سایر عملیات زراعی بر دیگر عوامل نیز تاثیر می‌گذارد.

اولین نکاتی را که کشاورز باید در نظر بگیرد این است که چه گونه‌هایی، با چه نسبتی، در چه تاریخی و با چه هدفی کشت شوند. سپس کشاورز باید به تعیین نوع و زمان آماده‌سازی زمین، کاربرد کودهای آلی یا شیمیایی پیش از یا طی رشد گیاه زراعی و آبیاری یا عدم آن بپردازد. روش‌های کنترل آفات و علف‌های هرز، تاریخ کاشت دو یا چند گونه زراعی، تراکم گیاهی و آرایش فضایی نیز باید انتخاب شوند. چنان‌چه کشت تاخیری[۱] داشته باشیم، باید مشخص شود که هر گیاه در چه تاریخی کشت شود. در نهایت مساله برداشت، انبارداری و فروش محصولات باید مد نظر قرار گیرد.

۱- Relay cropping: کشت مخلوط دو یا چند گیاه زراعی طی بخشی از چرخهٔ زیستی این گیاهان. گیاه زراعی دوم پس از رسیدن گیاه زراعی اول به مرحلهٔ رشد زایشی ولی قبل از برداشت آن کاشته می‌شود.

ملاحظات جوانه‌زنی، خاک‌ورزی، شخم و کنترل علف‌های هرز. زمان جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه یکی از بحرانی‌ترین مراحل چرخهٔ زیستی گیاه است. پس از کاشت، بذر آب جذب می‌کند و خواب آن شکسته می‌شود، سپس ریشه‌چه و ساقه‌چه موجب استقرار گیاهچه می‌شوند. گیاه جوان در این مرحله در معرض شرایط تنش است و مهم‌ترین هدف آماده‌سازی زمین و شخم اولیه، به حداقل رساندن این تنش‌ها است که شامل کمبود یا زیادی رطوبت، درجه حرارت نامطلوب خاک، سلهٔ سطح خاک، سایه‌اندازی علف‌های هرز یا گیاهان زراعی دیگر و هجوم حشرات و عوامل بیماری‌زا است.

تاریخ کاشت در کشت مخلوط. تاریخ کشت گیاهان زراعی در سامانه‌های مخلوط باید به شکلی باشد که اطمینان حاصل شود که درجه‌حرارت کافی برای جوانه‌زنی و رشد وجود دارد و دما موجب اختلال در دانه‌بندی و رسیدگی دانه‌ها در آینده نمی‌شود، رطوبت کافی برای تمام طول دوره رشد وجود دارد و شرایط تنش به حداقل می‌رسد. اصلاح ژنتیکی گیاهان زراعی این امکان را فراهم ساخته است تا الگوهای کشت نوینی توسعه یابند که از نهاده‌ها و منابع تولید به شکل کارامدتری استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، اصلاح صفت تحمل سرما در ذرت، امکان کشت زودتر این گیاه را در فصل بهار در مناطق معتدل فراهم ساخته است. این صفت همراه با رسیدگی زودتر امکان کشت گیاه دوم را پس از ذرت فراهم می‌کند. اصلاح ارقامی از برنج که به فتوپریود غیر حساس هستند باعث رسیدگی زودتر این برنج‌ها و در نتیجه کشت دو محصول در سال یا کشت یکی از بقولات کوتاه‌عمر پس از برنج به عنوان محصول دوم شده است.

توانایی تثبیت نیتروژن بقولات سرمادوست که به عنوان گیاه پوششی استفاده می‌شوند و نقش آنها در تامین نیتروژن غلات یا سویا پرسش‌هایی را در ارتباط با تاریخ کاشت در ذهن ایجاد کرده است. اگر این بقولات در اواخر تابستان یا پاییز کشت شوند و در بهار ماده خشک و نیتروژن تولید کنند، باید تاریخ بهینهٔ آزاد شدن نیتروژن را در خاک تعیین کرد. در این‌جا پرسشی در ارتباط با اثرات متقابل بین تولید نیتروژن و کاهش عملکرد ذرت یا سویا به دلیل تغییر رسیدگی محصول تابستانه ایجاد می‌شود. هر چه این بقولات (مانند شبدر قرمز) به مدت طولانی‌تری در مزرعه باقی بمانند، نیتروژن بیشتری برای محصول بعدی در خاک وجود خواهد داشت. این امر موجب به تعویق افتادن تاریخ کاشت ذرت می‌شود که خود، تلفات عملکرد آن را به دلیل کوتاه شدن دوره رشد افزایش می‌دهد. بر عکس، هنگامی که شبدر زمان اندکی در مزرعه باقی بماند و به سرعت به خاک برگردانده شود تا تاریخ کاشت بهینه ذرت از دست نرود، تولید نیتروژن تثبیت‌شده کاهش خواهد یافت. بنابراین یک موازنه بهینه بین تولید نیتروژن از

طریق تثبیت زیستی، هزینهٔ جایگزینی این نیتروژن با کود شیمیایی و تلفات عملکرد ناشی از تاخیر کاشت ذرت یا سویا وجود دارد.

ممکن است تاریخ کاشت به اهداف کشاورز از عملکرد دو یا چند محصول بستگی داشته باشد. برخی برهمکنش‌های زیستی در عملکرد توسط مثال جدول ۱ نشان داده است که در آن ۵ تاریخ کاشت گوناگون ذرت و لوبیا وجود دارد. در این جدول اثرات ۴ نوع لوبیای مختلف که هم‌زمان با ذرت، ۵ و ۱۰ روز قبل از ذرت و یا ۵ و ۱۰ روز بعد از ذرت کشت شده‌اند، بررسی شده است. اثرات تغییر تاریخ کاشت بر عملکرد ذرت و لوبیا مشهود است. کشت زود هنگام لوبیا آشکارا به سود این گیاه بوده است و موجب کاهش عملکرد ذرت شده است. کشت زود هنگام ذرت، عملکرد لوبیا را بیشتر کاهش داده است که دلیل آن، رقابت اول فصل و سایه‌اندازی ذرت بر لوبیا بوده است. این امر بر عملکرد نسبی دو محصول و در نتیجه، درآمد حاصل از محصولات نیز تاثیر مستقیم دارد. بسته به قیمت هر یک از گیاهان است که کشاورز تصمیم می‌گیرد کدام تاریخ کاشت را انتخاب کند تا کمترین افت عملکرد و بیشترین درآمد را داشته باشد.

مدیریت حاصلخیزی خاک. کشاورزان در سامانه‌های کشت مخلوط باید در زمینه مدیریت حاصلخیزی خاک بر اساس آرایه‌ای از عوامل مربوط به حاصلخیزی خاک و تغذیهٔ گیاهی تصمیم‌گیری کنند. عوامل ویژه هر منطقه همچون اقلیم، ویژگی‌های خاک (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) و ملاحظات اجتماعی و اقتصادی باید در این میان مد نظر قرار بگیرد. اما برای تعیین چگونگی مدیریت حاصلخیزی خاک باید به ۳ نکته توجه شود: انتخاب ترکیب گونه‌ای، واکنش کودی هر گونه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص و اهداف سامانهٔ کشت مخلوط. بسته به اقلیم، وضعیت محل و سایر عوامل می‌توان ترکیبات گونه‌ای متفاوتی در نظر گرفت. طبقه‌بندی عمومی این ترکیب‌ها شامل غلات- حبوبات، غلات- محصولات ریشه‌ای، حبوبات- محصولات ریشه‌ای، غلات- غلات، حبوبات- حبوبات و علوفه- علف‌های چمنی است. این گونه‌ها عمدتاً دارای ریخت‌شناسی اندام‌های هوایی و زیرزمینی گوناگون، تاریخ رسیدگی مختلف و الگوهای متفاوت جذب آب و عناصر غذایی هستند تا هر چه بهتر و کامل‌تر از منابع محیطی استفاده شود.

جدول ۵ عملکردها (تن در هکتار) در کشت مخلوط لوبیا و ذرت در ۵ تاریخ کاشت گوناگون و ۴ نوع لوبیا

تاریخ کاشت	رشد محدود		رشد نیمه‌محدود		نامحدود غیر پیچنده		نامحدود پیچنده	
	لوبیا	ذرت	لوبیا	ذرت	لوبیا	ذرت	لوبیا	ذرت
لوبیا ۱۰ روز پیش از ذرت	۱/۴	۳/۶	۱/۹	۲/۸	۱/۵	۳/۰	۱/۴	۱/۶
لوبیا ۵ روز پیش از ذرت	۰/۸	۵/۸	۱/۴	۵/۲	۱/۲	۴/۸	۱/۶	۳/۳
هم‌زمان	۰/۷	۶/۳	۱/۰	۵/۸	۰/۹	۵/۳	۱/۴	۴/۷
ذرت ۵ روز پیش از لوبیا	۰/۶	۶/۵	۱/۰	۵/۹	۰/۷	۵/۷	۱/۰	۵/۳
ذرت ۱۰ روز پیش از لوبیا	۰/۵	۶/۸	۰/۸	۶/۲	۰/۵	۵/۹	۱/۱	۵/۷
کشت خالص لوبیا	۱/۵	-	۱/۶	-	۱/۳	-	۳/۰	-
کشت خالص ذرت	-	۶/۴	-	۶/۴	-	۶/۴	-	۶/۴

منبع: فن‌درمیر (۱۹۸۹)

ترکیب‌های مناسب گیاهی برای کشت مخلوط

باید توجه داشت که برای دستیابی به حداکثر کارایی، نمی‌توان از هر ترکیب گیاهی در کشت مخلوط استفاده کرد. مناسب‌ترین گیاهان برای در کنار هم قرار گرفتن در کشت مخلوط عبارتند از:

۱- گیاهان C_3 و C_4 از لحاظ مسیر فتوسنتزی خود تفاوت دارند. دریک کشت مخلوط کارامد، گیاهان C_4 در معرض نور کامل خورشید و دربالای کانوپی و گیاهان C_3 در زیر کانوپی گیاهان C_4 و در زیر سایه اشکوب قرار می‌گیرند. هردو گیاه حداکثرسرعت فتوسنتز را خواهند داشت و بخش اعظم کل نور خورشیدی که به کانوپی برخورد می‌کند جذب و به ترکیبات آلی تبدیل می‌شود. مثال موفق این امر در نظام‌های کشاورزی ایران، کشت مخلوط سورگوم و سویا است (بهشتی، ۱۳۷۴).

۲- برگ‌های دارای الگوهای رشد متفاوت و دوره رسیدگی مختلف درطول یک دوره زمانی از فصل رشد قابلیت جذب نور بیشتری را دارند. این امر به نوبه خود از برخورد نور خورشید به زمین جلوگیری خواهدکرد؛ بنابراین میزان آبی که از طریق تبخیر هدر می‌رود کمترشده و برای گیاهان قابل دسترس‌تر می شود.

۳- گیاهان دارای الگوهای ریشه‌ای مکمل قادرند حجم بیشتری از خاک را از آب تخلیه کنند و دسترسی به مواد غذایی نظیر فسفر را که عنصری غیرمتحرک است، افزایش دهند. به همین دلیل قرار گرفتن گیاهانی که ریشه عمیق‌تری دارند در کنار گیاهانی که ریشه‌های تغذیه‌کنندهٔ سطحی‌تری دارند، بیشتر رطوبت قابل دسترس خاک را درتولید وزن خشک گیاهی مورد استفاده قرار می‌دهند. چنین

سامانه‌ای عناصر غذایی را نیز که دراثر معدنی شدن قابل دسترس می‌شوند جذب می‌کنند؛ بنابراین میزان عناصر غذایی که درطول زمان و در اثر آبشویی از دست می‌رود، کمتر خواهد شد.

۴- بقولاتی که از N_2 به عنوان منبع نیتروژن استفاده می‌کنند، می‌توانند با گیاهان غیر بقولات که یون نیترات (NO_3^-) را برای به حداکثر رساندن آسیمیلاسیون نیتروژن استفاده می‌کنند، درکشت مخلوط قرار بگیرند. کشت مخلوط گندمیان و بقولات، مثال مناسبی از دو حالت اخیر است که شواهد آزمایشی متعددی نیز مبنی بر توفیق آن در کشت‌بوم‌های ایران وجود دارد (کنشلو و مظاهری، ۱۳۷۶؛ مومن شاهرودی، ۱۳۷۷).

یکی از نکات مهم در مدیریت کشت مخلوط این است که منابع، مقدار، مکان و زمان کوددهی برای کدام یک از گونه‌ها بهینه باشد. به عنوان مثال، در کشت مخلوط غلات/ محصولات ریشه‌ای مانند کشت مخلوط ذرت/ سیب‌زمینی، مقدار زیادی نیتروژن برای عملکرد مطلوب دانه ذرت لازم است، حال آن‌که نیتروژن زیاد باعث تحریک رشد رویشی سیب‌زمینی و کاهش عملکرد ریشه می‌شود. بنابراین هدف سامانهٔ کشت مخلوط است که تعیین می‌کند کدام یک از گونه‌ها مهم‌تر است و برنامه‌ریزی باید بر اساس آن صورت بگیرد.

درحالی که استفاده کارامد از منابع یکی از مزایای مهم سامانه‌های کشت مخلوط به شمار می‌رود، برخی دیگر از مزایا نیز وجود دارند که احتمالاً برای تولیدکنندگان ملموس‌تر و مشخص‌تر است. ثبات عملکرد که ناشی از حضور تنوع بالاتر گیاهان زراعی در کشت‌بوم است از جمله این امتیازات به شمار می‌رود. این مسأله احتمالاً درآینده اهمیت فزاینده‌ای خواهد یافت و به ویژه زمانی مطرح است که ارزیابی موفقیت‌های کشت مخلوط را بر اساس شاخص‌هایی نظیر میزان پروتئین یا کالری تولید شده در هکتار و در روز ارزیابی کنیم که روی‌هم‌رفته شاخص خوبی برای هدایت کشاورزان در زمان طراحی سامانه‌های کشاورزی است. برای کشاورزانی که قسمتی از تولید خود را روانه بازار می‌کنند، ممکن است درآمد اقتصادی ناشی از مزارع متنوعی که دارند، از سالی به سال دیگر تغییر کند که این مسأله نیز به وضعیت بازار بستگی دارد. در برخی موارد کشاورز به تولید یک گیاه علاقمند است، اما ناچار است گونه‌های دیگر را نیز با هدف حفاظت کشت‌بوم دربرابر مخاطرات، بهبود حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش و دیگر عوامل به کار ببرد.

احتمالاً به حداقل رساندن امکان شکست در تولید یک محصول زراعی برای کشاورز از همان اهمیتی برخوردار است که ارزش غذایی گیاه و درآمد بالقوه اقتصادی آن دارد. حفاظت سامانه از مخاطرات موجود به خصوص زمانی اهمیت می‌یابد که تمام و یا اغلب نیازهای غذایی خانواده به مزرعه وابسته

باشد و سامانه چندکشتی برای تأمین حداقل نیازهای غذایی یک خانواده، در مقایسه با سامانه تک‌کشتی اولویت بیشتری دارد. در چنین سامانه‌ای اگر یک گیاه از بین برود، احتمالاً گیاهانی دیگر برای تغذیه و یا فروش باقی خواهند ماند. تنوع گیاهی به خصوص در مناطقی حایز اهمیت است که تغییرات ناگهانی محیطی زیادی در آنها رخ می‌دهد. حتی در برخی مواقع وجود تنوع باعث جبران عملکرد می‌شود. جبران عملکرد زمانی اتفاق می‌افتد که یک محصول به علل مختلفی نظیر وقوع خشکی، حمله حشرات و یا سایر تنش‌های محیطی از بین برود وسایر گیاهان موجود در سامانه باعث افزایش عملکرد و جبران خسارت ناشی از تلفات وارده به زارع شوند.

کاربرد بقولات در کشت مخلوط اغلب موجب بهبود کیفیت خاک می‌شود که ناشی از ارتباط همزیستی بقولات با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن است. بنابراین، این گیاهان نیتروژن تثبیت‌شده را به سامانه وارد می‌کنند که برای جذب در اختیار سایر گیاهان قرار می‌گیرند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، مخلوط غلات– بقولات، مخلوط کاملاً رایجی است، زیرا نیتروژن تثبیت‌شده توسط بقولات دردسترس غلات قرار می‌گیرد و غلات نیز اغلب اسیدهای آمینه‌ای را که بقولات با کمبود آنها مواجه هستند در رژیم غذایی فراهم می‌کنند و مجموعه این دو، رژیم غذایی با کیفیتی را برای انسان و دام فراهم می‌کند. همچنین کشت مخلوط به علت ایجاد پوشش خوب و ممانعت از وقوع روان‌آب، فرسایش را به حداقل می‌رساند.

از مزایای دیگر ناشی از کشت مخلوط، حفظ تنوع ژنتیکی است که در بحث تنوع زیستی به آن پرداخته می‌شود. همچنین کشت مخلوط می‌تواند موجب توقف رشد علف‌های هرز شود. سایه‌اندازی ناشی از چنین سامانه‌ای باعث کاهش شدید قدرت رقابت علف‌های هرز می‌شود، به شکلی که تلفیق صحیحی از گیاهان زراعی می‌تواند موجب جذب ۹۰٪ و یا بیشتر از نور شود. علاوه بر این، کشت مخلوط مزایای اجتماعی– اقتصادی نیز به همراه دارد که بهبود وضعیت بازار بدون نیاز به انبار داری، توزیع هزینه‌ای کارگری درطول فصل رشد و بهبود رژیم غذایی منطقه‌ی از جملهٔ این مزایا به شمار می‌آیند.

جنگل‌زراعی

جنگل‌زراعی[1] یک سامانه مخلوط خاص است که عبارت است از کاشت تلفیقی درختان در کنار سایر درختان، گیاهان زراعی یک‌ساله و چندساله. دام نیز می‌تواند جزئی از این سامانه باشد. درختانی که

1- Agroforestry

دراین سامانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، پوشش کمتری داشته وگیاهان زراعی نیز گیاهانی مقاوم به سایه و پیچنده هستند که باعث ثبات حرارتی خاک، کند کردن تجزیه مواد آلی و فراهمی مواد غذایی از طریق بقایای گیاهان می‌شوند.

در حالی که سامانه‌های جنگل‌زراعی واجد برخی از امتیازات کشت مخلوط گیاهان یک‌ساله هستند، اضافه کردن درختان به این سامانه باعث ایجاد ثبات در سامانه می‌شود که ساختاری پایدار را در بالا و زیر زمین برای سامانه‌های کشت فراهم می‌کنند. این مسأله نیز به نوبه خود، باعث کاهش انتقال و جریان آب و باد در سراسر سامانه می‌شود و بدین شکل ضمن کاهش فرسایش، باعث تعدیل درجه حرارت و افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. تنوع بیشتر حشرات نیز از پیامدهای چنین سامانه‌ای است، زیرا درختان به عنوان پناهگاهی برای شکارچیان و موجودات انگل عمل می‌کنند. تقسیم منابع درچنین سامانه‌ای با کارایی بیشتر انجام می‌شود، زیرا نور، رطوبت و مواد غذایی به شکل افقی و عمودی در درون سامانه توزیع می‌شوند. به عبارتی دیگر، ریشه‌های جاذب آب درختان قادر به بهره‌برداری از رطوبت و مواد غذایی از بخش‌های عمیق پروفیل خاک هستند، درحالی که گیاهان یک‌ساله‌ای که بین این درختان کشت می‌شوند، این منابع را از سطح خاک استخراج می‌کنند. این مسأله موجب جذب مواد غذایی مناطق تحت پوشش جنگل و حفظ این ترکیبات از خطر آبشویی می‌شود. همچنین در چنین سامانه‌ای، نور با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا درختان نور مستقیم خورشیدی را دریافت نموده و گیاهان زیر اشکوب نیز از نور غیرمستقیم که از درون کانوپی می‌گذرد، استفاده می‌کنند.

برخی از مزایای اجتماعی– اقتصادی نیز برای چنین سامانه‌هایی قابل ذکر است. یک سامانهٔ متنوع و تلفیقی قادر است میزان تولید سالانه در واحد سطح را افزایش دهد که این مسأله برای کشاورزانی که سامانه معیشتی دارند، حائز اهمیت است. از آنجا که درختان عمری طولانی دارند، بنابراین هزینه خود نگهداری پایینی دارند و مدیریت در چنین سامانه‌هایی روی گیاهان کوتاه عمری معطوف است که در زیر و مجاور درختان کاشته می شوند. به علت نیاز کم مدیریتی در درختان و گیاهان چند ساله، نسبت نهاده به برون‌ده در این سامانه‌ها پایین بوده و لذا کاملاً کارامد هستند. درنهایت، تولیدات ناشی از یک جزء سامانه می‌تواند به عنوان نهاده مورد مصرف سایر اجزاء قرار گیرد. شاخه‌های درختان را می‌توان به عنوان قیّم گیاهان دیگر مورد استفاده قرار داد. برگ‌های پیر درختان، غنی از مواد غذایی بوده و افزوده خوبی برای موادآلی سامانه به شمار می‌آیند.

با وجود تمامی مزایایی که در سامانه‌های جنگل‌زراعی مشاهده می‌شود، برخی از مشکلات بالقوه نیز در ارتباط با چنین سامانه‌هایی وجود دارد. دقت در انتخاب گیاهانی که در یک سامانه جنگل‌زراعی

وارد می‌شوند از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است، زیرا همه درختان به همه سامانه‌ها سازگار نیستند و بنابراین، ممکن است رقابت ایجاد شود. در برخی موارد، ممکن است استقرار یک سامانه جنگل‌زراعی مشکل باشد، چرا که در اغلب موارد برای شروع نیاز به سرمایه‌های هنگفتی است. ممکن است قیمت درختان بالا باشد و به دلیل این که قبل از سوددهی به مدت زمانی درحد مطلوب نیاز است، ممکن است برگشت‌پذیری سرمایه در چنین سامانه‌هایی در مقایسه با سامانه‌هایی که خیلی زود به بهره‌وری می‌رسند، نیاز به مدت زمان بیشتری داشته باشند. متقاعد کردن کشاورزان برای اعمال سامانه‌هایی که ممکن است از تضمین چندانی برخوردار نباشند، کاری بسیار مشکل است و در برخی موارد، مالکیت زمین نیز موضوعی قابل‌توجه در این زمینه است. اگر کشاورزی خود مالک زمین نباشد، هر چیزی که در این زمین بکارد، جزء اموال مالک زمین خواهد بود و کشاورزان به ندرت خواستار خرید درختانی می شوند که خیلی زود جزء دارایی افراد دیگر می شوند.

هنوز هم با وجود مشکلات موجود، سامانه‌های جنگل‌زراعی برای تولیدکنندگانی که دیدی به سوی آینده دارند، سامانه‌های بسیار جذابی به شمار می‌آیند. درختان بارور را به راحتی می‌توان در تلفیق با گیاهان یک یا چندساله، علف‌های چمنی و دام‌ها، ویا هر ترکیب ممکن دیگری از این اجزاء قرار داد. بسته به نیازهای تولیدکنندگان و یا نیازهای منطقه، سامانه می‌تواند برای کارکرد خاصی تحت مدیریت قرار گیرد. به عنوان نمونه، درمناطقی که فرسایش خاک مشکلی جدی به شمار می‌آید، افزایش تراکم درختان می‌تواند باعث حفاظت خاک شود. اگر هیزم (که از مسایل جدی برخی از کشورهای آفریقایی محسوب می‌شود) مورد نیاز جمعیت موجود باشد، درختان سریع‌الرشدی نظیر *Leucaena* را می‌توان کشت کرد. اگر تأمین غذای خانواده کشاورز ملموس‌ترین نیاز موجود باشد، می‌توان نسبت گیاهان معیشتی را در مقایسه با درختان افزایش داد و یا تعداد درختان میوه و یا گیاهان بذری را در سامانه بیشتر کرد. اگر تولید یک گیاه تجاری حایز اهمیت است، اضافه کردن قهوه و کاکائو به سامانه می‌تواند ارزش اقتصادی آن را افزایش دهد. درختان را می‌توان در حاشیه مزرعه کاشت تا به عنوان حصار طبیعی یا بادشکن عمل کند و یا می‌توان این کار را با هدف تأمین علوفه دام‌ها انجام داد. چنین سامانه‌هایی به راحتی با هرشرایطی سازگار بوده و می‌توانند درمراحل اولیه کاشت خود، نیازهای مورد توجه کشاورز را تأمین کنند.

یک مثال علمی خوب از سامانه‌های جنگل‌زراعی را می‌توان درنیجریه یافت که درختان *Leucaena* به همراه ذرت و سورگوم کشت می شوند. *Leucaena* یک گیاه سریع‌الرشد خانواده بقولات است که با باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن دارای ارتباط همزیست است. استفاده از برگ‌های این درختان عموماً

به عنوان یک ماده آلی طبیعی اصلاح‌کننده خاک رایج است و نیتروژن لازم برای سایر گیاهان وابسته را فراهم می‌کند. بقایای این درخت به سرعت تجزیه شده و نیتروژن موجود در این بقایا در مقایسه با سایر گونه‌های گیاهی، با سرعت بیشتری در دسترس قرار می‌گیرد (وانلاو، سانجینگا و مرکس، ۱۹۸۹-الف). این مسأله تا حدود زیادی به نسبت پایین C:N بقایای درخت مربوط می‌شود (کمتر از ۱۵:۱). باز چرخش مواد غذایی در این سامانه‌ها، درصورت وجود کرم‌های خاکی در خاک به شدت افزایش می‌یابد. فضولات غنی از مواد غذایی این موجودات به سطح خاک آورده شده و درجذب مواد غذایی توسط گیاهان یک‌ساله ایفای نقش می‌کند (هاوزر، ۱۹۹۳).

درنیجریه کاشت *Leucaena* به شکل مجزا و به موازات پرچین‌هایی با ارتفاع ۲۰ -۱۰ متر متداول است. گیاهان یک‌ساله (ذرت یا سورگوم) بین ردیف‌های این درخت کاشته می‌شوند. درسراسر فصل رشد، درختان به شکل دوره‌ای قطع شده و برگ‌ها و ساقه‌های آنها به منظور افزودن مواد غذایی به گیاهان یک‌ساله مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخه‌های چوبی آن نیز به عنوان هیزم مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر اضافه کردن مواد غذایی به گیاهان یک‌ساله، *Leucaena* باعث ایجاد ثبات و بهبود وضعیت خاک نیز می‌شود و همچنین زیستگاه خوبی را برای شکل‌گیری جمعیت حشرات سودمند فراهم می‌کند که خود باعث پایین نگهداشتن جمعیت آفات زراعی می‌شود. یک سامانه جنگل‌زراعی از این نوع تحت عنوان کشت راهرویی نامیده می‌شود. به‌طور کلی می‌توان مزایای زیر را برای سامانه‌های جنگل‌زراعی برشمرد[1]:

- ✓ کنترل رواناب (رائو و همکاران، ۱۹۹۸) و فرسایش و کاهش تلفات آب، مواد خاک، مواد آلی و ترکیبات غذایی؛
- ✓ حفظ مواد آلی خاک و فعالیت زیستی مطلوب و تضمین حاصلخیزی آن. این مقوله به نسبت درختان موجود در سامانه بستگی دارد. برای نیل به این هدف وجود حداقل ۲۰٪ تاج‌پوشش برای حفظ موادآلی الزامی است.
- ✓ حفظ خصوصیات فیزیکی خاک، به واسطه حضور ریشه درختان و افزایش مواد الی خاک (یانگ، ۱۹۹۷)؛
- ✓ بسته‌شدن چرخه غذایی و افزایش کارایی مصرف مواد غذایی
- ✓ کنترل سمیت خاک یا کاهش سمیت موجود. این سامانه می‌تواند اسیدی و شور شدن خاک‌ها را کنترل کند و می‌توان از درختان برای احیای زمین‌های آلوده استفاده کرد.

1- http://www.agroforestry.co.uk/afbens.html

- ✓ این سامانه سبب افزایش کارایی مصرف نور در مقایسه با سامانه‌های تک‌کشتی می‌شود که دلیل آن، استفاده از درختان با ارتفاع مختلف و شکل وتوزیع متفاوت برگ‌ها است.
- ✓ این سامانه می‌تواند سبب تغییر خُرداقلیم شود. پناهگاه ایجادشده توسط تاج‌پوشش درختان می‌تواند محیط مطلوبی را برای رشد گیاهان و یا شرایط مناسبی برای پرورش دام فراهم کند.
- ✓ جنگل‌زراعی سبب فراهمی آب قابل‌دسترس در مزرعه می‌شود. اما در مناطق خشک، رقابت درختان با گیاهان زراعی بر سر آب از مشکلات عمده در این زمینه به شمار می‌رود. اونگ و همکاران (۱۹۹۶) ابراز داشتند که اگر چه درختان می‌توانند سبب افزایش توانایی نگهداری آب در خاک شوند، اما اثرات ضد و نقیضی بر حجم آب قابل دسترس در سامانه درخت- گیاه زراعی- خاک مشاهده شده است، به نحوی که آبی که به واسطه جذب برگ درختان در تراکم‌های بالای درختان در معرض تبخیر قرار می‌گیرد، می‌تواند سهمی بیش از ۵۰ درصد کل آب رسیده را به خود اختصاص دهد. از سویی، کاهش میزان آب تبخیرشده از سطح خاک به واسطه سایه‌اندازی درختان می‌تواند بخشی از این تلفات را جبران کند (اونگ و سوالو، ۲۰۰۴). این پژوهشگران بیان داشتند که درختان می‌توانند سبب افزایش نفوذ آب به داخل خاک شوند، اما چنین رخدادی به‌شدت به شیب و خصوصات خاک بستگی دارد. در کل، حضور درختان در سامانه‌های جنگل‌زراعی سبب افزایش کل آب مورد استفاده در سامانه می‌شود.
- ✓ استفاده از درختان و یا گیاهان بوته‌ای تثبیت‌کننده نیتروژن موجب تقویت نیتروژن خاک می‌شود. همچنین، درختان می‌توانند به واسطه هم‌زیستی مایکورایزایی، قابلیت دسترسی به فسفر را افزایش دهند و زمینه را برای تثبیت نیتروژن فراهم کنند (گیلر، ۲۰۰۱).
- ✓ درختان ضمن انتقال مواد غذایی موجود در عمق خاک، ورود ترکیبات غذایی را به سامانه جنگل‌زراعی افزایش و در نتیجه، تلفات احتمالی این مواد را کاهش می‌دهند (رائو وهمکاران، ۱۹۹۸).
- ✓ بازگشت مواد غذایی ناشی از تجزیه تنه و لاشبرگ درختان هم‌زمان با نیاز گیاهان زراعی به مواد غذایی آزاد شده می‌تواند از مزایای این سامانه به شمار رود. از آن‌جا که درختان و گیاهان زراعی مختلف نیازمندی‌های متفاوتی دارند و همیشه نیز با نوعی عدم توازن در سامانه روبرو هستیم، اضافه‌شدن بقایای ناشی از هرس درختان (به شرط کیفیت بالا) به خاک در زمان کاشت گیاه زراعی معمولاً موجب هم‌زمانی آزادسازی ترکیبات غذایی با نیاز گیاه می‌شود. البته در این زمینه باید ملاحظات لازم را نیز در نظر گرفت.

- ✓ جنگل‌زراعی موجب ایجاد تنوع اقتصادی در سامانه و در مجموع موجب تقویت اقتصاد جوامع روستایی شود. این سامانه با تولید هم‌زمان چند گیاه، مخاطره‌پذیری اقتصادی سامانه را کمتر می‌کند.
- ✓ سایه درختان با کاهش دمای برگ و تقاضای تبخیر گیاهان زراعی، سبب افزایش کارایی تعرق (گرم ماده خشک تولیدشده به ازای هر گرم آب تعرق‌یافته) می‌شود. زمانی که گیاه زراعی یک گیاه C_3 باشد، اثرات مثبت سایه‌اندازی بیش از اثرات منفی آن است (اونگ، ۱۹۹۶).
- ✓ درختان جمعیت علف‌های هرز را کاهش و پوشش آنها را به سمت علف‌های هرز کم‌خطرتر که سرعت رشد کمتری دارند، تغییر می‌دهند (لیبمن و گالاند، ۱۹۹۷).

در زمینهٔ چگونگی امکان کاربرد روش‌های اگرواکولوژیکی همچون جنگل‌زراعی، پسندیده است بخش‌هایی از مقاله‌ای که نگارنده (مهدوی دامغانی) ۵ سال پیش در شبکهٔ ملی سیاست‌پژوهشی (شمس) وابسته به مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست‌جمهوری در قالب توصیهٔ سیاستی به ستاد احیاء دریاچهٔ ارومیه منتشر کرد بازنشر گردد:

توسعهٔ کشت چوب: یک پیشنهاد اجرائی برای نجات دریاچهٔ ارومیه

اشاره. نوشتار پیش رو در نخستین روزهای فعالیت ستاد احیای دریاچهٔ ارومیه در اردیبهشت سال ۱۳۹۳ تهیه و برای ریاست محترم ستاد و همچنین دبیر محترم کارگروه اکولوژی این ستاد ارسال گردید. به زعم نگارندگان، می‌توان با طرح پیشنهادی برخورد جدی‌تری داشت.

در مورد مسالهٔ دریاچهٔ ارومیه و راهکارهای رفع آن در چند ماه اخیر تلاش‌های گوناگونی صورت گرفته است. با اطلاع از معذوریت‌ها و محذوریت‌های دولت محترم، به ویژه ریاست محترم جمهوری و معاون اول محترم، باید به این بزرگواران دو نکته را یادآور شد:

نخست؛ مساله دریاچه ارومیه، علاج شش ماهه و یک ساله ندارد و چنین توقع و انتظاری نباید ایجاد، طرح و رسانه‌ای شود؛ هرچند کار را باید با شتاب و سریع انجام داد. دوم؛ دولت باید نگاه ملی به مساله دریاچه ارومیه داشته باشد: پس باید برای رفع آن از همه ظرفیت‌های فنی، اقتصادی و دیپلماتیک خود کمک بگیرد؛ به ویژه باید سرمایه‌گذاری مالی جدی، سنگین و درازمدتی داشته باشد.

مساله دریاچه ارومیه با چند میلیون دلار حل نخواهد شد. البته، منابع درآمدی جدیدی وجود دارد که می‌تواند ایجاد و از آن برای احیای دریاچه ارومیه استفاده شود. به یکی از آنها در این نوشتار اشاره شده است.

با عنایت به این که همه نیک می‌دانیم مساله دریاچه ارومیه، تا حد زیادی، ریشه در سوءمدیریت آب و الگوی کشت نادرست و توسعهٔ آمایش‌نشدهٔ کشت سیب از دههٔ ۱۳۴۰ در منطقه و دیگر بی‌مبالاتی‌های توسعه‌ای در دهه‌های اخیر دارد و محصولات پرمصرف جایگزین کشت پیشین شده‌اند، نخستین ضرورت و اولویت کاری قطعاً تدوین الگوی کشت منطقه است. این الگوی کشت در وهله نخست باید مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف آب باشد و از سوی دیگر قطعاً باید برای کشاورز و تولیدکننده توجیه اقتصادی داشته باشد و معیشت جامعهٔ منطقه را تامین کند. هر پیشنهاد و الگویی که به این دو نکته کلیدی بی‌توجه باشد، قطعاً عملی و گره‌گشا نخواهد بود.

و اما پیشنهاد اجرایی:

به نظر می‌رسد ما در سال‌های پیشِ رو نمی‌توانیم برای سطح کشت چندصد هزار هکتاری منطقه، بیش از نصف مقدار کنونی آب برداشت کنیم. برای مدیریت این مساله باید الگوی کشت به سمت محصولاتی تغییر کند که آب کمتری نیاز دارند (با رعایت ملاحظات پیش‌گفته) و همچنین باید رویکرد بهره‌برداری از آب‌های جایگزین به شکل جدی دنبال شود.

برای الگوی کشت، باید محصولی (محصولاتی) تعیین و پیشنهاد شود که هم از نظر اقتصادی برای کشاورز جذاب باشد، هم منطبق با ساخت اقلیمی و ظرفیت محیطی باشد و هم بازار مصرف داشته باشد. به عنوان مثال، تغییر کشت و تولید یک محصول جدید در ۲۰۰ هزار هکتار، اگر بازاری برای آن وجود نداشته باشد، بی معنی و هجو خواهد بود، کما این که برخی پیشنهادها که در رسانه‌ها مشاهده می‌شود از همین دست است. در مورد آب‌های جایگزین باید توجه داشت اکنون در کشور زیرساخت‌های فنی، نیروی انسانی و تجربه نسبتاً خوبی از تامین پساب‌های تصفیه‌شدهٔ شهری که تا حد زیادی منطبق با استانداردهای بین‌المللی هستند وجود دارد. این پساب‌های تصفیه‌شده را (به شرط دارا بودن استانداردهای ایمنی، بهداشتی و فنی) می‌توان برای برخی محصولات غیر خوراکی کشاورزی استفاده کرد. با توجه به این که در کشور مشکلی از جهت تولید پساب نداریم و خودکفا هستیم، اگر بتوان در منطقه با توجه به جمعیت موجود و ظرف دو سال، امکان تصفیهٔ پساب استان‌های آذربایجان شرقی،

غربی و اردبیل را فراهم کرد آنگاه می‌توان با جمیع جهات به یک گزینه به عنوان محصول اصلی الگوی کشت منطقه رسید که هم مصرف منابع آب شیرین به شکل قابل توجهی کاهش یاید و هم اهداف دیگر محقق شود:

تولید چوب در منطقه با استفاده از پساب. ایجاد نظام‌های جنگل‌زراعی برای تولید چوب اهداف ۳گانهٔ اقلیمی، معیشت کشاورز و محیط زیستی را تامین می‌کند. از نظر اقلیمی منطقه برای تولید چوب مساعد است و گونه‌های چوبی تجاری را می‌توان با مطالعه انتخاب کرد که تولید مطلوبی داشته باشند. از نظر اقتصادی نیز تولید چوب برای تولیدکنندهٔ محلی جذابیت کافی را دارد؛ بازار هم برای این حجم تولید چوب تقاضا دارد: پیگیری نگارندگان نشان می‌دهد مجموعه‌ای مانند IKEA که قریب به ۱۱٪ مبلمان چوبی جهان را تامین می‌کند، آمادهٔ خرید محصول چوب ما در این حجم و سطح است. کافی است گواهی سبز و ارگانیک و از این دست هم برای این سیستم‌ها گرفته شود تا ارزش افزوده‌ای با این برند ایجاد شده و بازارهای جهانی با قیمت مناسب‌تری از این محصول استقبال کنند. سازمان‌های بین‌المللی نیز کاملاً آماده‌اند از این راهکار (ایجاد نظام‌های تولید چوب ارگانیک) که موجب نجات دریاچه و دیگر برکات محیط زیستی است استقبال کنند.

دولت باید در سال‌های اول که هنوز چوبی تولید نشده است به کشاورزان و تولیدکنندگان یارانه دهد. محل تامین آن؟ هیچ نیازی نیست دولت محترم منابع فعلی خود را برای آن اختصاص دهد؛ کافی است ظرفیت‌های بهره‌برداری‌نشدهٔ کشور در زمینه مکانیسم توسعهٔ پاک (CDM)[1] و تجارت کربن (CT)[2] فعال شود: مطالعات نگارنده نشان می‌دهد به شرط سرمایه‌گذاری و حمایت‌های دولت، ایران سالانه می‌تواند تا یک میلیارد دلار از محل این دو مورد، درآمد داشته باشد که می‌تواند به احیای دریاچه ارومیه و یارانه سال‌های اول به کشاورزان و بهره‌بردارانی که چوب استحصال نکرده‌اند اختصاص یابد. چالش شور شدن و آلودگی خاک منطقه به دلیل استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده را می‌توان با آبیاری تناوبی با آب شیرین و دیگر راهکارهای مدیریتی و پایش‌های منظم به حداقل رساند.

بدون تردید، عملیاتی کردن چنین ایده‌ای که با تغییرات جدی الگوی کشت، سبک زندگی و سایر موضوعات مرتبط همراه است نیازمند عزم جدی، پیگیری مستمر، بررسی دقیق همه ابعاد و یک اراده عمومی است و هنوز این ایده می‌تواند پخته‌تر و سنجیده‌تر ارائه گردد. سخن نخست را در پایان تکرار

1- Clean Development Mechanism
2- Carbon Trade

می‌کنیم: رفع چنین مسالهٔ پیچیده و چندجانبه‌ای نیازمند همدلی، همسویی و همفکری کلیه صاحب‌نظران و تصمیم‌سازان و مدیران اجرایی است.

سامانه‌های دام- گیاه زراعی

از دیر باز مشخص شده است که بسیاری از کشت‌بوم‌ها که در بین پایدارترین سامانه‌ها از نظر اکولوژیک قرار دارند، سامانه‌هایی هستند که در آنها ترکیبی از گیاه زارعی و دام وجود دارد. این امر در بسیاری از کشت‌بوم‌های سنتی صورت گرفته است، اما به شکلی خفیف‌تر در سامانه‌های موجود در کشورهای صنعتی نیز انجام شده است. حتی آن دسته از کشت‌بوم‌ها که وابستگی بیشتری به فناوری و سوخت‌های فسیلی دارند نیز می‌توانند دام‌ها را به نحوی در کشت‌بوم‌ها تلفیق کنند که موجب افزایش تولید و پایداری شود. برای مثال، گنجاندن گیاهان علوفه‌ای تثبیت‌کننده نیتروژن از خانواده بقولات در تناوب‌های گیاهی نه تنها نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد که خود سبب افزایش عملکرد گیاه بعدی در تناوب خواهد شد، بلکه علوفه‌ای با ارزش غذایی بالا برای دام‌ها فراهم می‌کند. علوفه‌های با کیفیت بالا ارتباط مستقیمی با عملکرد دام دارند، و بقولات عموماً ارزش غذایی بالاتری نسبت به علف‌های چمنی دارند. از آن‌جا که گاو می‌تواند از آن دسته از گیاهانی که در حال رقابت با گیاه زراعی نقدی اصلی در یک مزرعه هستند، تغذیه کند، می‌توان این دام را یک ابزار مفید برای کنترل زیستی علف‌های هرز به شمار آورد. در سامانه‌های جنگل‌زراعی، مصرف علف‌کش را در کشت درختان جوان می‌توان با وارد کردن دام به درون سامانه و اجازه به آنها برای چرای پوشش گیاهی که با درختان رقابت می‌کنند، کاهش داد. البته در این حالت مدیریت مناسب چرا جهت ممانعت از چرای خود درختان ضروری است.

اگر قرار است پایداری یک کشت‌بوم مبتنی بر دام افزایش یابد، نمی‌توان از اهمیت بازچرخش کود دامی چشم‌پوشی کرد. کود دامی یک منبع بسیار خوب مواد غذایی است، به ویژه در مناطقی که قابلیت دسترسی کودهای شیمیایی محدود یا قیمت‌ها بازدارنده است. بسته نگاه‌داشتن چرخه عناصر غذایی روش مناسبی برای حفظ باروری زمین بدون تکیه بیش از حد به منابع خارجی کود است. برای مثال، هنگامی که کود دامی‌ای که در یک سامانه تولید شده است، مجدداً به زمین برگردانده می‌شود، بخش زیادی از عناصر غذایی گیاهی که توسط گاو مصرف شده است در قالب فضولات به خاک برگردانده می‌شود. حتی با وجودی که استفاده از کود دامی به تنهایی نمی‌تواند تمام نیاز نیتروژن یک کشت‌بوم را برآورده سازد (همواره مقداری اتلاف نیتروژن به دلیل تبخیر یا سایر اشکال وجود دارد)، حاصلخیزی

خاک در این سامانه‌ها نسبتاً خوب باقی می‌ماند. به این دلیل، گاه ممکن است دام‌ها نقش اصلاح زمین‌های حاشیه‌ای تحت رژیم‌های بسیار دقیق مدیریت زمین را ایفا کنند (لارنی و یانسن، ۱۹۹۷). هر چند در بسیاری از سامانه‌ها، فضولات به جای این که در کشتزارها به کار روند، از مزرعه خارج می‌شوند. این مساله نه فقط هزینه زیاد و اتلاف شدید عناصر غذایی را در پی دارد، بلکه به تدریج در طی زمان، موجب کاهش منابع عناصر غذایی خاک می‌شود. در این حالت، اغلب نیاز به اضافه کردن کودهای مصنوعی به مزارع است که این کودها با استفاده از مقادیر بسیار زیاد سوخت‌های فسیلی، در خارج از منطقه تولید شده و سپس به آن انتقال یافته‌اند.

مزیت عمده دیگر ورود دام به کشت‌بوم، نقشی است که آنها در پاک‌سازی پسماندها ایفا می‌کنند. حیوانات می‌توانند بقایای گیاهی و دانه‌های با کیفیت پایین غلاتی را که انسان استفاده نمی‌کند، مصرف نمایند. در حقیقت، بقایای گیاهی، بخش عمده‌ای از جیره گاو را در بسیاری از کشورهای جهان تشکیل می‌دهد. طیور و خوک می‌توانند باقی‌مانده سفره و پسماند آشپزخانه را مصرف کرده و بدین صورت، غذاهای غنی از پروتئین از پسماندهای انسان فراهم می‌شود. البته این امر می‌تواند تنها در یک مقیاس کوچک صورت گیرد. اغلب خانواده‌ها باقی‌مانده غذای کافی برای نگهداری بیشتر از چند پرنده یا خوک را در یک زمان ندارند.

تلفیق دام در کشت‌بوم فواید جانبی دیگری نیز در پی دارد. در بسیاری از کشورهای جهان، بخش اندکی از روستائیان نیروی محرک کافی و منابع سوخت غیرقابل تجدید جهت آشپزی در اختیار دارند. در برخی از این کشورها، فضولات گاو به گازهای زیستی که یک منبع تجدید شدنی انرژی ومواد غذایی برای کشاورزی است، تبدیل می‌شود.

مدیریت چرای وویسین: بوم‌شناسی کشاورزی پایدار مبتنی بر دام. هنگامی که گیاهان به وسیلهٔ یک دام چرا می‌شوند، قسمت عمده سطح برگ گیاه قطع می‌شود. برای اینکه گیاه مجدداً قادر به از سرگیری فتوسنتز باشد، باید سطح برگی را که قطع شده است جایگزین کند. گیاه این کار را به وسیله استفاده از ذخایر غذایی تأمین می‌کند. اگر قبل از این که ذخایر گیاه پر شده باشد، مجدداً چریده شود، حتی اگر رشد گیاه به طور کامل هم متوقف نشود، رشد مجدد به خوبی صورت نخواهد گرفت. فرض منطقی موجود در مدیریت چرا، اجازه دادن به گیاه مرتعی جهت تکمیل مجدد ذخایر خود و فتوسنتز و رشد مجدد قبل از چرای مجدد است. این زمان رشد مجدد به عنوان استراحت شناخته می‌شود. اگر زمان استراحت تا حد قابل توجهی کوتاه شود، میزان رشد مجددی که علف چمنی قادر خواهد بود تا

در طی زمان کوتاه‌تر انجام دهد نیز تا حد قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. در هنگامی که گیاهان در حال استراحت هستند، دام‌ها در بخش دیگری از چراگاه تغذیه کرده که بعداً با حرکت دام به یک بخش دیگر، اجازه استراحت می‌یابند. بنابراین تمامی چراگاه به محدوده‌های کوچک‌تر که به عنوان قطعات چرا شناخته می‌شوند، تقسیم می‌شود (اغلب با حصارهایی که به طور الکتریکی به راحتی حرکت می‌کنند) و بر اساس نیازهای دام‌ها و گیاهان مرتعی، دام‌ها از یک قطعه به قطعه دیگر چرخش می‌کنند. این روش نه تنها به گیاهان اجازه می‌دهد تا بدون تنش بعدی، خود را باز یابند، بلکه به دلیل این که هر قطعه قبل از اینکه دام‌ها به قطعه دیگری منتقل شوند، ضرورتاً پاک می‌شود، ضایعات علوفه به حداقل می‌رسد.

دوره‌های استراحت. به دلیل این که سرعت رشد گیاه با فصل تغییر می‌کند، دوره‌های استراحت بین چرا باید مطابق با تغییر سرعت رشد گیاه تغییر نماید. به این دلیل، دوره‌های استراحت نباید همیشه یکسان باشند، بلکه بر خلاف آن باید در طی زمان تنظیم شوند. برای مثال، اگر سرعت رشد گیاهان مرتعی در اردی‌بهشت دو برابر سریع‌تر از ماه تیر باشد، دوره‌های استراحت در ماه تیر باید سه برابر طولانی‌تر از اردی‌بهشت باشد. البته، سرعت رشد گیاه بر اساس شرایط اقلیمی تغییر کرده و باید برای هر وضعیت خاص، تعیین شده باشند.

چرا دوره‌های استراحت این چنین مهم هستند، و اگر این دوره‌ها کوتاه شوند، برای تولید سامانه چه اتفاقی خواهد افتاد؟ نخست، درک این نکته مهم است که تولید گیاهان در یک چراگاه است که میزان کلی علوفه قابل دسترس برای حیوانات وارد شده به یک قطعه چراگاه را تعیین می‌کند. از آن‌جا که علوفه کافی در دسترس نخواهد بود، حیوانات در درون سامانه سریع‌تر حرکت خواهند کرد و در نهایت رشد گیاهان مرتع متوقف خواهد شد.

در شمال شرق ایالات متحده، دوره‌های ایده‌ال استراحت برای مرتع حدود ۱۸ روز در بهار (اردی‌بهشت و خرداد) و حدود ۳۶ روز در اواخر تابستان (مرداد و شهریور) است (مورفی، ۱۹۹۰). اگر چنین فاصله زمانی بین دو چرا وجود داشته باشد، کل رشد مجدد علوفه حدود ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. فرض کنید که دوره‌های استراحت مطابق با فصل تنظیم نشده باشد و فقط اجازه ۱۸ روز استراحت در ماه مرداد داده شده باشد (نیمی از دوره مطلوب استراحت برای آن ماه). این کاهش دوره استراحت در ماه مرداد تا نصف، تولید را به یک سوم آن‌چه که به طور معمول تولید می‌شود (۱۵۶۰ کیلوگرم) کاهش می‌دهد. اگر اجازه داده شود که چراگاه بلافاصله پس از این که گیاهان به حد کافی رشد کردند تا حیوانات بتوانند از آنها استفاده کنند (شش تا ۱۲ روز، بسته به فصل) چریده شوند، این

امر دوره استراحت را حتی بیشتر کاهش خواهد داد، و می‌تواند تولید را به ۱۰ درصد یا کمتر (کمتر از ۴۷۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش دهد. با چنین مقادیر اندکی از علوفه قابل دسترس برای حیوانات، افزایش وزن دام حداقل و سرعت رشد آن بسیار کم خواهد بود.

اگر دوره استراحت بیشتر از زمان مورد نیاز باشد، برای تولید سامانه چه اتفاقی خواهد افتاد؟ عموماً اگر دوره‌های استراحت بسیار طولانی‌تر از حد مطلوب باشد، تجمع علوفه در مرتع ادامه یافته، اما این افزایش عمدتاً از مواد فیبری است که ارزش غذایی کمی دارد.

البته بهترین شاخص استراحت کافی، رشد گیاه است. توجه کافی به سرعت رشد گیاه، به یک دامدار اجازه می‌دهد تا بر مبنای شرایط محلی، تغییراتی در دوره‌های استراحت ایجاد کند. اگرگیاهان در یک قطعه چراگاه که حیوانات در شرف ورود به آن هستند، به قدر کافی رشد نکرده باشند (معمولاً حدود ۱۰-۱۵ سانتی‌متر، بسته به نوع علوفه)، دوره‌های استراحت را می‌توان به یکی از چند روش زیر افزایش داد:

- ✓ افزایش میزان چراگاه قابل دسترس برای چرای دام‌ها، و بنابراین افزایش تعداد قطعات چراگاه؛
- ✓ چرای تنها نیمی از کل سطح چراگاه در طی دوره‌های رشد سریع؛ تولید علوفه خشک یا علوفه جهت سیلو در باقی زمین. استفاده مجدد از زمین برای چرا پس از یک دوره استراحت کافی؛
- ✓ خارج ساختمان تمامی دام‌ها از چراگاه و فروش آنها یا تغذیه آنها به نحو دیگر، شرایطی که چراگاه استراحت می‌کند؛ و
- ✓ اضافه کردن علوفه خشک انبار شده به جیرهٔ غذایی حیوانات در یک قطعه چراگاه به عنوان یک مکمل، درمرحله‌ای است که چرگاه در حال استراحت است.

این سامانه بسیار پایدار است، به شرط این که دوره‌های استراحت کافی بوده و تعداد دام چراکننده ثابت باقی بماند. اگر تعداد زیادی دام موجود باشد، آنها هر قطعه چراگاه را سریع‌تر چرا کرده و حرکت از یک قطعه چراگاه به دیگری را ناگزیر می‌سازند. تنها روش افزایش تعداد دام و حفظ پایداری، افزایش اندازه چراگاه و تعداد قطعات چراگاه است. البته تغییرات شدید در شرایط اقلیمی، قابلیت دسترسی آب، یا سلامت خاک نیز می‌تواند به شدت پایداری را تحت تاثیر قرار دهد. در نهایت، طول زمانی که تعداد معینی از حیوانات در هر قطعه چراگاه باقی می‌مانند، تعیین می‌کند که چه میزان زمین برای فراهم ساختن خوراک کافی برای نگهداری و رشد دام‌ها نیاز خواهد بود.

دوره‌های اقامت. طول مدت زمانی که هر گروه از دام‌ها در یک قطعه چراگاه باقی می‌مانند، به عنوان «دوره اقامت» شناخته می‌شود. این دوره برای هرگروه معین از دام‌ها نباید از سه روز تجاوز کند (مورفی، ۱۹۹۰). اگردام‌ها بیشتر از سه روز در یک قطعه چراگاه رها شوند، زمان و انرژی بیشتری برای جستجوی غذای خوب صرف خواهند کرد، زیرا پیش‌تر، بهترین گیاهان علوفه‌ای چریده شده و گیاهان باقی‌مانده معمولاً خوش خوراکی کمتری دارند. به این دلیل، دوره‌های کوتاه‌تر توقف بهتر از دوره‌های طولانی‌تر هستند.

دوره‌های کوتاه‌تر اقامت (دو روز یا کمتر) برای دام‌های در حال رشد، یا در حال پرواربندی از اهمیت بیشتری برخوردارند. اگر دام شیرده پس از هر بار شیردوشی از یک قطعه چراگاه سرسبز برخوردار شود، تولید بیشتری (شیر با کیفیت بالاتر) خواهد داشت. دام‌های در حال رشد نیز اگر هر ۱۲ تا ۲۴ ساعت به یک قطعه چراگاه سر سبز برده شوند، بسیار سریع‌تر افزایش وزن پیدا خواهند کرد (مورفی، ۱۹۹۰). این دوره‌های کوتاه‌تر اقامت، تصمین می‌کند که علوفه فراهم‌شده برای دام‌ها دارای کیفیت بهتری، ارزش غذایی بالاتر و نسبت به علوفه‌ای که برای یک دوره طولانی‌تر زمانی مورد چرا قرار گرفته، به طور یکنواخت‌تری چریده شده است.

اندازه و تعداد قطعات چراگاه. با فرض این که دوره‌های کوتاه اقامت برای تولید دام‌ها کارامدتر هستند، و اینکه چرای کمتر از حد یک چراگاه می‌تواند به شدت بر کیفیت علوفه اثر بگذارد، اندازه قطعات چراگاه باید جهت تضمین این که تمامی علوفه در هر قطعه به طور یکنواخت و کامل در طی هر دوره اقامت چرا شود، تنظیم شده باشد. اگر برای یکنواخت و کامل بودن چرا، یک دوره طولانی‌تر اقامت نیاز باشد، این مساله نشان می‌دهد که علوفه زیادی در چراگاه موجود است، به شکلی که ممکن است محدوده به چند بخش تقسیم شود یا از تناوب کنار گذاشته شود و به صورت علوفه خشک برداشت شود. اگر دوره اقامت بیش از حد کوتاه شود، این امر نشان می‌دهد که قطعات بزرگ‌تر و یا بیشتری مورد نیازند. ممکن است اندازه قطعات چراگاه با تغییر شرایط رشد گیاه در طی زمان تغییر کند.

تعداد قطعاتی از چراگاه که در یک برنامه چراب تناوبی گنجانده می‌شوند، به دوره استراحت و نیز دوره‌های اقامت بستگی دارد. در کل، دوره‌های کوتاه‌تر اقامت موجب عملکرد علوفه و تولیدات دامی بالاتری می‌شود، به شکلی که با افزایش تعداد قطعات چراگاه، تولید سامانه افزایش می‌یابد. عوامل دیگری که بر روی تصمیم دامدار درباره تعداد قطعات چراگاه اثر می‌گذارند، عبارتند از:

- ✓ پستی و بلندی زمین،
- ✓ دوره‌های مورد نیاز استراحت،

- ✓ گیاهان موجود در چراگاه و عملکرد بالقوه، و
- ✓ فشارهای مالی شامل هزینه دام، هزینه حصاربندی، و هزینه‌های کارگری جهت حرکت دام.

کشاورزی ارگانیک

کشاورزی ارگانیک[1] در ساده‌ترین تعریف عنوان «کشاورزی بدون افزودن مواد شیمیایی صنعتی» تعریف شده است. ماده شیمیایی صنعتی، ماده‌ای است که با کمک فرایندهای شیمیایی تهیه شده است. کاربرد سنگ فسفات در کشاورزی ارگانیک مجاز و کاربرد سوپرفسفات غیر مجاز است. تفاوت این دو ماده آن است که سوپر فسفات، سنگ فسفاتی است که با افزودن مواد شیمیایی (اسید سولفوریک)، حلالیت فسفات آن افزایش یافته است. این تعریف، ناقص و حتی نادرست است. این تعریف بدان معنا نیست که کشاورزی ارگانیک قطعاً کشاورزی بدون مواد شیمیایی باشد، زیرا ما در جهانی زندگی می‌کنیم که در آن مواد شیمیایی مصنوعی در خاک، آب و هوا وجود دارد. واژه Organic مانند بسیاری از واژگان انگلیسی، چندین معنا دارد. معنایی که در کشاورزی ارگانیک مراد است، برای مدیریت تمام مزرعه به‌کار می‌رود و بر اساس آن، مزرعه به‌عنوان موجود زنده[2] در نظر گرفته می‌شود. مواد شیمیایی صنعتی (مصنوعی) چون علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، داروهای دامی، سوپر فسفات و اوره در کشاورزی ارگانیک به‌کار نمی‌رود. به طور کلی در مزارع ارگانیک، هیچ‌گونه ماده شیمیایی مصنوعی به کار برده نمی‌شود. این مواد در آماده‌سازی خاک، رویش گیاه یا تولید نهاده‌هایی که در تغذیه گیاه، ذخیره‌سازی، فراوری و یا فروش آن دخالت دارند، به کار نمی‌روند. به‌علاوه، دام‌ها تا حد امکان اجازه حرکت آزادانه در مرتع را دارند. کشاورزی ارگانیک، حرکت رو به عقب نیست. در این سامانه، بهترین دانش سنتی با علم جدید ترکیب می‌شود و در عین حال با سایر روش‌های نوین مدیریت، سازگار است. مزارع ارگانیک همچون دیگر زمین‌های زراعی به خوبی آماده شده و نیازمند مدیریت قوی، به ویژه در مورد خاک و آفات است.

با توجه به افزایش مصرف کود و آفت‌کش‌هایی که پیامد آنها زوال باروری خاک، سلامتی و آلودگی هوا، آب و غذا است، نگرانی‌های روزافزونی دربارهٔ محیط زیست جهانی ایجاد شده و مفهوم کشاورزی ارگانیک اهمیت فزاینده‌ای در راستای توسعه کشاورزی اگرواکولوژیک و بوم‌سازگار در سرتاسر جهان پیدا کرده است. کشاورزی ارگانیک بر پایه استفاده از نهاده‌های زیستی طبیعی و درون مزرعه‌ای چون

1- Organic Agriculture
2- organism

کود دامی تازه، کمپوست، کود سبز، کنجاله و ضایعات فرآوری موادغذایی و همچنین کنترل زیستی آفات همراه با کمترین استفاده از مواد معدنی طبیعی برای تقویت نظام زراعی- اقتصادی مزرعه و بهبود فعالیت‌های زیستی خاک استوار است.

کشاورزی ارگانیک یک نظام مدیریت تولید جامع‌نگر است که موجب افزایش سلامت کشت‌بوم از نظر تنوع زیستی، چرخه طبیعی عناصر غذایی و فعالیت‌های میکروبی و زیستی خاک می‌شود. وزارت کشاورزی ایالات متحده این سامانه تولیدی جامع‌نگر را به این شکل تعریف کرده است: «سامانهٔ تولیدی که در آن استفاده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد و افزودنی‌های غذای انسان و دام، ممنوع یا در کمترین حد ممکن است. این کشت‌بوم جهت تغذیه گیاهی و حفظ حاصلخیزی خاک تا حد امکان متکی به تناوب زراعی، استفاده از بقایای گیاهی، کود حیوانی، بقولات، کود سبز، پسماندهای آلی برون مزرعه‌ای، کنترل مکانیکی علف‌های هرز، سنگ‌های معدنی و برای کنترل آفات و بیماری‌ها، متکی به روش زیستی است».

کارگروه Codex Alimentarius، نهاد بین‌المللی تدوین استانداردهای مواد غذایی که از زیرمجموعه‌های فائو و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است، کشاورزی ارگانیک را با جزئیات بیشتری به شرح زیر تعریف کرده است: «کشاورزی ارگانیک یک سامانه مدیریت تولیدی جامع‌نگر است که موجب بهبود سلامت کشت‌بوم از طریق حفظ و تقویت تنوع زیستی، چرخه‌های زیستی و فعالیت زیستی خاک می‌شود. در این سامانه بر استفاده از عملیات مدیریتی به جای نهاده‌های خارجی و در نظر گرفتن شرائط اقلیمی منطقه‌ای و کاربرد روش‌های سازگار با محیط تاکید می‌شود که در آن برای بروز کارکردهای سامانه از روش‌های مکانیکی، زیستی و زراعی استفاده می‌شود و کاربرد مواد شیمیایی در آن جایی ندارد». کشاورزی ارگانیک به طور مختصر به عنوان تولید غذا و سایر محصولات بدون کاربرد کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی مصنوعی توصیف می‌شود.

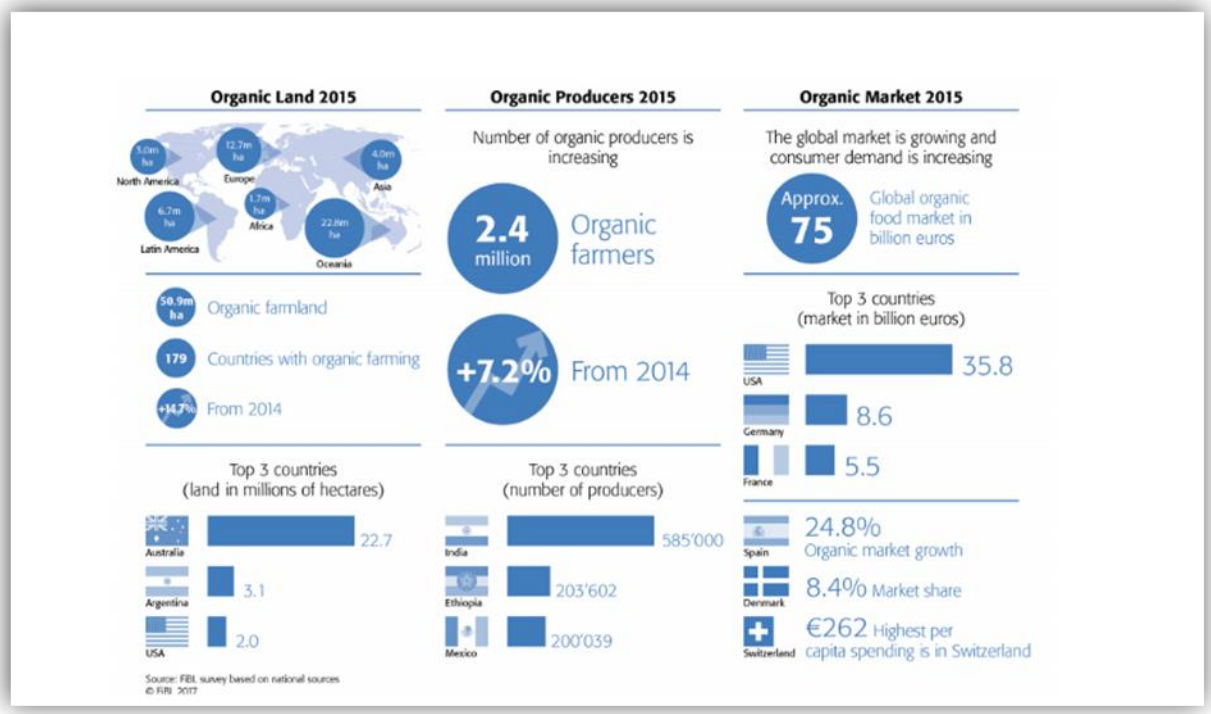
بر اساس تعریف فدراسیون بین‌المللی جنبش کشاورزی ارگانیک[1] (IFOAM)، کشاورزی ارگانیک یک سامانه کشاورزی است که در آن جنبه‌های زیستی، اجتماعی و اقتصادی تولید پایدار غذا، پوشاک، فراورده‌های چوبی و غیره بهبود می‌یابد. در این سامانه حاصلخیزی خاک به‌عنوان کلید تولید موفق در نظر گرفته می‌شود. در کشاورزی ارگانیک با بهره‌گیری از ویژگی‌های طبیعی گیاهان، دام‌ها و محیط، کیفیت نظام کشاورزی و محیط زیست حفظ شده و بهبود می‌یابد.

1- International Federation of Organic Agriculture Movement

کشاورزی ارگانیک در کشورهای گوناگون با نام‌های مختلف شناخته می‌شود که ۱۶ نام برای آن از جمله کشاورزی بیولوژیک، کشاورزی پایدار و کشاورزی زاینده ذکر شده است. کشاورزی بیولوژیک نامی است که در اروپا بسیار رایج است، در حالی‌که در آمریکا و بریتانیا عبارت کشاورزی ارگانیک را ترجیح می‌دهند، هر چند که مکتب Organic به عبارت دقیق‌تر، فلسفه‌ای است که شامل آموزش، هنر، تغذیه، مذهب و همچنین کشاورزی است.

کشاورزی ارگانیک در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه عمدتاً به علت مسائل اقتصادی و کمبود نهاده‌های شیمیایی به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود، در حالی‌که توفیق آن در کشورهای پیشرفته، بیشتر در واکنش به کشاورزی پر نهاده و یا کشاورزی صنعتی بوده است. بر چسب‌گذاری محصولات ارگانیک باید توسط یک سازمان سوم و اثبات این امر صورت بگیرد که محصول، مطابق استانداردهایی که در سراسر جهان توسط صدها سازمان گواهی‌کننده، کشاورزان مختلف، شرکت‌های تجاری، سازمان‌های غیردولتی و اخیراً دولتی شکل گرفته‌اند، تولید شده است. گواهی محصولات ارگانیک، فرایندی پیچیده است، اما تلاش‌هایی در راستای هماهنگ کردن استانداردهای گوناگون به منظور توسعه بازار محصولات ارگانیک در جریان است. چالش فعلی در این راه، هماهنگ‌سازی هر چه بیشتر استانداردها ضمن رعایت محدودیت‌ها و ملاحظات منطقه‌ای و کاهش هزینه‌های مراحل چندگانه گواهی و اعتباردهی و تنگناهای ورود به بازار این محصولات است.

با این تعاریف متوجه می‌شویم که در گذشته‌ها تولیدات نواحی روستایی ما در ایران چقدر همسو با طبیعت بود و محصولات سالم را به سفره‌های ما ارزانی می‌داشت و از سوی دیگر چه ظرفیت‌های عظیمی برای کشاورزی ارگانیک در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده میشود، طبق آخرین آمار که مربوط به سال ۲۰۱۵ است، ۲/۴ میلیون کشاورز به تولید ارگانیک مشغولند که نسبت به سال ۲۰۱۴، حدود ۷٪ رشد داشته است. سهم بازار جهانی ارگانیک نیز حدود ۷۵ میلیارد یورو است که انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۰ از یکصد میلیارد یورو فرا رود (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷).



شکل ۱. آخرین آماره‌های تولید، سطح زیر کشت و بازار ارگانیک در سال ۲۰۱۵ (فیبل، ۲۰۱۸)

سطح زیر کشت ارگانیک در دنیا حدود ۶۰ میلیون هکتار است که ۴۵٪ آن در قاره اقیانوسیه قرار دارد و پس از آن قاره اروپا بیشترین سهم تولید ارگانیک را دارد. در قاره آسیا، کشور چین و سپس هند بیشترین سهم را در تولید ارگانیک دارند. طبق آخرین آمار، ایران حدود ۴۲ هزار هکتار تولیدات ارگانیک دارد که بیشترین سهم مربوط به برداشت از عرصه‌های طبیعی است (حدود ۲۲ هزار هکتار) (فیبل، ۲۰۱۸). محصولات ارگانیک ایران که بیشترین سطح زیر کشت را دارد عبارت است از: کشمش، گل سرخ، انار، خرما، پسته و زعفران. به عبارت دیگرسهم تولید ارگانیک در کشور کمتر از ۱ درصد است، در حالی که ظرفیت کشور بیش از این اندازه است و بسیاری از مناطق روستایی کشور، به‌ویژه در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه ظرفیت تولید این محصولات را دارند.

سامانه‌های کشاورزی ایران را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم کرد: کشاورزی سنتی و کشاورزی صنعتی. کشاورزان ایرانی در کشت‌بوم‌های سنتی خود و از دیرباز به شیوه‌ای طبیعت‌محور و بوم‌سازگار به عملیات کشاورزی پرداخته‌اند و اهمیت پایداری درازمدت اکولوژیک این سامانه‌ها برای آنها کمتر از عملکرد گیاهان زراعی و منافع اقتصادی کوتاه‌مدت نبوده است. کشاورز ایرانی طی سده‌های مختلف به دانشی بومی که حاصل تلاش‌ها و فعالیت‌های چند نسل از مردمان این منطقه بود دست یافت و نتیجهٔ

این دانش بومی، بهره‌گیری از نهاده‌های درون مزرعه‌ای برای حفظ باروری خاک و گیاه زراعی و مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بوده است. سامانه‌های کشاورزی سنتی ایران از الگوها و فرایندهای مشترکی پیروی می‌کرده‌اند که می‌توان این اصول را به ترتیب زیر صورت‌بندی کرد:

- ✓ بهره‌برداری از منابع طبیعی با نگاهی کل‌گرایانه
- ✓ کاربرد بهینهٔ منابع محلی با شیوه‌ای کم‌نهاده
- ✓ توجه به تنوع ژنتیکی و فیزیکی
- ✓ حفظ و نگهداری خاک
- ✓ کمینه‌سازی مخاطرات
- ✓ کاربرد روش‌ها و فنون بومی و ویژهٔ هر منطقه.

کشاورزی سنتی هنوز هم در بسیاری از نقاط ایران اجرا می‌شود، هر چند شاید به دلایل مختلف که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد، تا حدودی با اصل خود فاصله گرفته باشد. باری، این کشت‌بوم‌های سنتی را می‌توان به نوعی «سامانه‌های ارگانیک فراموش‌شده» در نظر گرفت. همان‌گونه که اشاره شد، عملیات و فرایندهای کشت‌بوم‌های سنتی در ایران شامل کاربرد نهاده‌های درون مزرعه‌ای، تناوب زراعی، کنترل مکانیکی و دستی (وجین) علف‌های هرز با هدف پایداری درازمدت اکولوژیک و عدم آسیب به محیط زیست است که ریشه در اندیشهٔ کل‌گرایی (جامع‌نگری) دارد که پایهٔ اگرواکولوژی و کشاورزی ارگانیک را تشکیل می‌دهد. نوع دیگر کشاورزی در ایران، کشاورزی صنعتی یا همان کشاورزی رایج است که بر اساس کاربرد سنگین نهاده‌های برون مزرعه‌ای و انرژی‌خواه، مانند نهاده‌های شیمیایی مصنوعی و ماشین‌آلات کشاورزی استوار است و هدف نهایی آن، بیشینهٔ عملکرد گیاه زراعی بدون توجه به پیامدهای درازمدت کاربرد این نهاده‌ها و عملیات است. جای تاسف آن که با وجود مصرف سنگین چنین نهاده‌های ناپایداری در این کشت‌بوم‌ها، سوء مدیریت موجب شده است تا عملکرد این سامانه‌ها با استانداردهای جهانی نیز فاصلهٔ زیادی داشته باشد. در واقع، بخش عمده‌ای از این سامانه‌ها، ضمن آن که عملکرد مطلوبی تولید نمی‌کنند، به شدت به محیط زیست آسیب می‌رسانند.

دلایل زیادی وجود دارد که با استناد به آنها می‌توان چنین ادعا کرد که ظرفیت‌ها و توانمندی‌های فراوانی برای استقرار و گسترش کشاورزی ارگانیک در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارد. این فرصت‌ها در تمام بخش‌های کشاورزی، شامل گیاهان زراعی، محصولات باغی، محصولات صیفی، گیاهان دارویی و محصولات طبیعی (وحشی) و بخش دام، پرندگان و آبزیان وجود دارد.

همینطور این فرصت برای کشاورزی ارگانیک حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارد که گسترهٔ وسیع عرصه‌های طبیعی را که اکنون در تمام نقاط کشور مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد به عنوان ارگانیک گواهی کند. بسیاری از عرصه‌های طبیعی در کشور وجود دارد که در حال حاضر مورد بهره‌برداری افراد محلی قرار می‌گیرد. بهره‌برداری از این عرصه‌ها عمدتاً شامل گیاهان دارویی و گیاهان غیر زراعی با مصرف خوراکی است. در اکثر قریب به اتفاق این عرصه‌ها، هیچگونه نهاده یا عملیاتی که مغایر با اصول و استانداردهای کشاورزی ارگانیک باشد، استفاده نمی‌شود. بنابراین، اگر نحوهٔ برداشت و بهره‌برداری از منابع این عرصه‌ها بر اساس استانداردهای کشاورزی باشد، به راحتی می‌توان این عرصه‌ها را در ایران به شکل عرصه‌های برداشت طبیعی ارگانیک گواهی‌شده، ثبت کرد. مهم‌ترین شرایط بهره‌برداری ارگانیک از این منابع، توجه به ظرفیت محیطی عرصه، عدم به هم خوردن توازن گونه‌ای، فیزیکی و شیمیایی منطقه بر اثر برداشت از آن، داشتن فاصلهٔ لازم تا زمین‌های کشاورزی که به شکل رایج مدیریت می‌شوند و رعایت نکات جزئی دیگر است.

از طرفی، اکثریت غالب کشاورزان حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه خرده‌پا هستند. این کشاورزان با وجود نقش مهمی که در تولید محصولات کشاورزی کشور دارند، در شرایط اقتصادی و اجتماعی مناسبی به سر نمی‌برند و این در حالی است که کشاورزی ارگانیک به دلایل گوناگون، شرایط را برای کشاورزان خرده‌پا برای دستیابی به درآمد بهتر و عرضهٔ غذای با کیفیت به جوامع محلی مهیا می‌سازد. بدین‌ترتیب، کشاورزی ارگانیک به عنوان موتور محرک توسعهٔ پایدار در کاهش فقر، توسعهٔ انسانی، برابری جنسیتی و حفاظت محیط زیست ایفای نقش ایفا می‌کند.

به نظر می‌رسد بقای بخش کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه ایران به تغییر سامانه‌های رایج فعلی به سامانه‌هایی پایدارتر وابسته باشد که ضمن تولید غذای کافی برای جمعیت رو به رشد کشور، منابع طبیعی را نیز حفظ و از آلودگی و زوال بیشتر محیط زیست، جلوگیری و سلامت و ایمنی غذایی را تضمین کند. کشاورزی ارگانیک یکی از بهترین گزینه‌ها برای این هدف است و گسترش آن در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نیازمند توجه به نکاتی است که در پی می‌آید:

- ✓ شناخت مناطقی که بیشترین ظرفیت‌ها را برای تبدیل به کشاورزی ارگانیک دارند.
- ✓ آموزش کشاورزان در مورد مفاهیم و عملیات کشاورزی ارگانیک
- ✓ آموزش مصرف‌کنندگان با هدف افزایش آگاهی آنها در مورد محصولات ارگانیک
- ✓ فراهم کردن زیرساخت‌های لازم برای پژوهش و آموزش کشاورزی ارگانیک

- ✓ تدوین استانداردها و قوانین تولید، فراوری و بازار محصولات ارگانیک
- ✓ کاربرد دانش بومی در فرایند تولید محصولات ارگانیک.

بنابراین استفاده از ظرفیت تولید محصولات سالم و ارگانیک می تواند اشتغال پایدار و درآمد قابل توجهی را برای تولیدکنندگان روستایی در پی داشته باشد. اما تجربه ثابت کرده است که برای پویایی این فعالیت اقتصادی نیاز به شبکهسازی است تا تولید و مصرف این محصولات در زنجیره مطلوب خود قرار گیرد. در این راستا این پروژه به دنبال طراحی و استقرار یک الگوی شبکهای است که هم سبب رونق اقتصاد میشود و هم ارتباط بین روستا و شهر را در یک راهبرد برد- برد بازسازی میکند. این شبکهسازی در راستای اقتصاد مقاومتی است که هم ویژگی درونزایی و هم برونگرایی را در قالب توسعهٔ درونزاد در خود دارد. افزون بر آن، اهداف کلان کشور را در حفظ منابع در نظر دارد و سهم سود تولید را به نفع تولیدکنندگان با کاهش سهم واسطهها در پی خواهد داشت. به علاوه، پاسخگوی نیاز فزایندهٔ سلامت غذایی خواهد بود و ساماندهی در تولید و عرضه غذای سالم را هدف قرار میدهد. اهداف کاربردی این شبکهسازی به شرح زیر است:

- ✓ ایجاد زمینههای اشتغال و تنوع شغلی در روستاها
- ✓ شناسایی ظرفیتهای تولید کشاورزی اکولوژیک و ارگانیک در کشور
- ✓ جلب مشارکت و توانمندسازی روستاییان در توسعهٔ گردشگری کشاورزی
- ✓ نزدیک شدن به عدالت درآمدی روستا و شهر در قالب توسعه گردشگری کشاورزی
- ✓ کاهش فقر روستایی

رشد این بازار ناشی از ارزش‌های مرتبط با مفهوم «ارگانیک» بوده است. اکنون این مفهوم که مواد غذایی ارگانیک دارای ماهیت و تمامیتی خاص هستند، افراد بسیاری را از کشاورزان خرده‌پا در آفریقا و آمریکای لاتین گرفته تا شرکت‌های غذایی معظم دنیا به خود جلب کرده است. در حال حاضر این سوال مطرح است که چگونه می‌توان هم ارزش ذاتی مواد غذایی ارگانیک را حفظ کرد و هم بازار آن را گسترش داد. در واقع پرسش این است که آیا می‌توان این ارزش‌ها را در چارچوب تک‌بُعدی کشاورزی رعایت کرد یا باید به آنها در قالب مفاهیم اعتقادی که گسترهٔ وسیع‌تری دارند، نگریسته شود که براساس آن کاربرد این ارزش‌ها در خدمت زمین، آب، هوا، کارگران، کشاورزان، مصرف‌کنندگان و جامعه آنها است.

کشاورزی دقیق

کشت‌بوم‌ها همواره از پیشرفت و گسترش فناوری‌هایی که در اصل برای سایر حوزه‌ها تکامل یافته‌اند، سود برده‌اند. در عصر صنعتی شدن، مکانیزاسیون و کودهای شیمیایی صنعتی، رهاوردهای صنعت برای کشاورزی بودند. در عصر فناوری، مهندسی ژنتیک و اتوماسیون به یاری کشاورزی آمدند. در نهایت، در عصر اطلاعات است که مجموع پیشرفت‌های فناوری و صنعت، کشاورزی را به سمت رهیافت نوینی که از آن با عنوان «کشاورزی دقیق[1]» یاد می‌شود، رهنمون ساخته است.

اساس کشاورزی دقیق، یعنی نوسانات فضایی و زمانی عوامل خاکی و گیاهی در یک مزرعه، از مدت‌ها پیش شناخته شده بود. نوسانات و تغییراتی که در یک کشت بوم وجود دارد شامل نوسان عملکرد (تاریخچهٔ عملکرد)، نوسانات مزرعه (تغییرات توپوگرافی)، نوسانات خاک (حاصلخیزی خاک، کوددهی آن، ساختمان و بافت خاک)، نوسانات گیاه زراعی (تراکم، ارتفاع، وضعیت عناصر غذایی، تشعشع دریافتی)، نوسان عوامل نامنظم (آلودگی حشرات و علف‌های هرز، خسارت باد) و در نهایت نوسانات مدیریتی (خاک‌ورزی، تناوب زراعی و رژیم کوددهی) است. پیش از مکانیزاسیون کشاورزی، کوچک بودن زمین‌های کشاورزی این امکان را به کشاورزان می‌داد که خود، بسته به شرایط متغیر مزارع، تیمارهای گوناگونی را برای این زمین‌ها اعمال کنند. مقدار متفاوت کودپاشی با دست در قطعات کوچک چند هزار متری که از نظر حاصلخیزی خاک در شرایط متفاوتی قرار دارند و تنظیم مقدار کود در هر نقطه از زمین، مثالی از چنین شرایطی است. اما پس از عصر صنعتی و با بزرگ شدن مزارع و فشردگی سامانه‌های کشاورزی، پایش و مدیریت نوسانات درون مزرعه‌ای روز به روز دشوارتر شد. پیشرفت فناوری‌های نوین این امکان را برای کشاورزان فراهم کرد تا دوباره قادر به پایش تمام تغییرات و نوسانات سامانهٔ کشاورزی باشند.

کشاورزی دقیق را می‌توان یک رهیافت سامانه‌ای در جهت مدیریت کشت‌بوم‌ها در قالب سامانه‌هایی کم‌نهاده با کارایی بالا تعریف کرد. در این رهیافت نوین عمدتاً از فناوری‌های نوظهور مانند سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی[2] (GPS)، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[3] (GIS)، تجزیه‌وتحلیل رایانه‌ای تصاویر ماهواره‌ای، فراوری پیشرفتهٔ داده‌ها و ارتباطات مخابراتی استفاده می‌شود. کشاورزی اکنون قادر است با کمک این مجموعه فناوری‌ها، اطلاعات کامل و جامعی از نوسانات تولید در زمان و مکان و در مقیاس

1- Precision agriculture
2- Global Positioning System
3- Geographic Information System

خُرد در اختیار کشاورز قرار می‌گیرد که با کمک آن می‌تواند نسبت به افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها و در نتیجه، پایداری کشت‌بوم اقدام کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

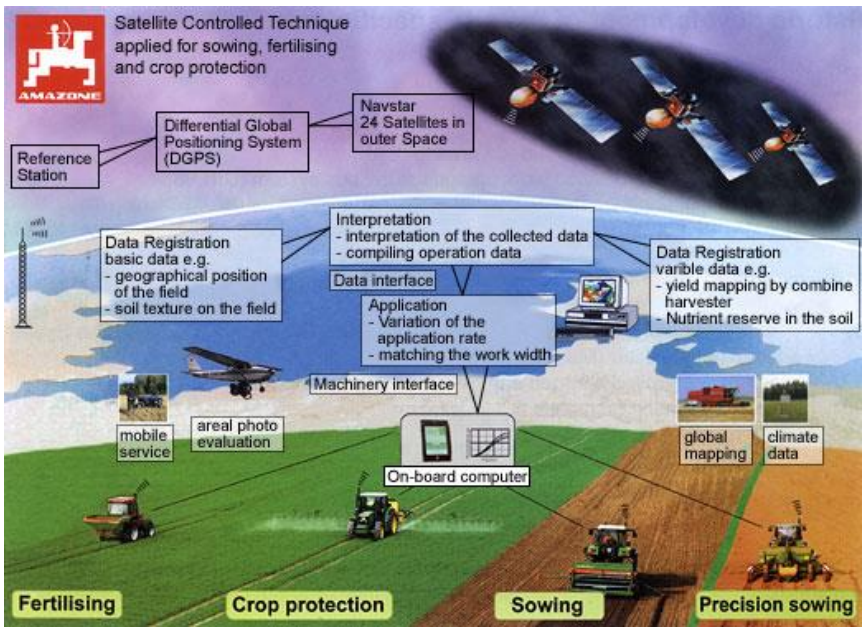
اکثر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در کشت‌بوم‌ها، حتی در سطوح کوچک، متغیر و در نوسان (مکانی) است. بنابراین، کارکردهای مرتبط با ویژگی‌های خاک در گیاه زراعی (مانند عملکرد، جذب آب و عناصر غذایی)، پیامدهای زیست‌محیطی (آلودگی آب‌های زیرزمینی با آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی، مردابی شدن سامانه‌های آب شیرین با فسفات حاصل از روان‌آب و رسوبات مزرعه‌ای، انتشار گازهای اکسید نیتروژن) و فرایندهای زوال و فروسایش خاک (تلفات ماده آلی خاک، کاهش تنوع زیستی، فرسایش خاک) نیز همگی در مکان، متغیر هستند (اسپاروک و شونگ، ۲۰۰۱). علوم کشاورزی که در چند دههٔ اخیر به مفهوم پایداری توجه زیادی نشان می‌دهند، به دنبال تولید عملکردهای مطلوب و در عین حال، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی و حفظ منابع طبیعی و از جمله خاک، آب و عناصر غذایی هشتند. اما در اکثر اوقات عملیات کشاورزی بدون توجه به این نوسان و تنوع شرایط درون کشت‌بوم‌ها انجام می‌شوند؛ به عبارت دیگر، عملیات خاک‌ورزی در عمق یکسانی در سطح وسیعی از مزرعه به کار می‌رود، مقدار یکنواختی کود در چند ده یا چند صد هکتار زمین به کار می‌رود و تراکم گیاه زراعی نیز در تمام سطح مزرعه یکسان در نظر گرفته می‌شود. بنابراین ملاحظه می‌شود که در هیچ یک از این عملیات، ماهیت نوسان شرایط خاک و عوامل اقلیمی و زراعی رعایت نمی‌شود.

ارزش اقتصادی و زراعی اطلاعات مربوط به نوسانات درون کشت‌بوم و اثرات آن بر مدیریت مزرعه و در نهایت، عملکرد آن تا حد زیادی ناشناخته مانده است. گزارش‌های متعددی وجود دارد که بر شناسایی برهمکنش‌های پیچیدهٔ بین عوامل مختلفی که بر رشد گیاه زراعی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی کشت‌بوم تاثیر می‌گذارند، تاکید دارند (ورینت و همکاران، ۲۰۰۳).

اجزای یک سامانهٔ کشاورزی دقیق عبارت است از:

- ✓ جمع‌آوری داده‌های گیاه زراعی و خاک در قسمت‌های مختلف مزرعه
- ✓ ثبت اطلاعات در قالب نقشه‌های یارانه‌ای
- ✓ تجزیه‌وتحلیل داده‌های ثبت‌شده برای تعیین مقادیر بهینه کود، بذر، آفت‌کش و سایر عملیات و نهاده‌ها، و
- ✓ ورود داده‌ها به سامانه‌های کنترلی که با هدایت رایانه و GPS عمل می‌کنند.

تصویری کلی از یک سامانه کشاورزی دقیق و اجزای آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. تصویری کلی از یک سامانهٔ کشاورزی دقیق و اجزای آن

مدیریت نوسانات کشت‌بوم در کشاورزی دقیق

در کشاورزی دقیق، نوسانات موجود در کشت‌بوم را می‌توان به دو روش مشخص و سپس مدیریت کرد: روش مبتنی بر نقشه و روش مبتنی بر حسگر (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲). با در اختیار بودن فناوری‌های GPS، دور سنجی، پایش عملکرد و نمونه‌گیری خاک، روش مبتنی بر نقشه معمولاً ساده‌تر و کاربردی‌تر است. مراحل مختلف به کارگیری این روش عبارت است از: تهیه نقشه زمین به تفکیک هر بخش که معمولاً به صورت قطعات چهار خانه تهیه می‌شود، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، تهیه نقشه مزرعهٔ مورد نظر و در نهایت، استفاده از این نقشه برای کنترل نوسانات درون کشت‌بوم. در این روش معمولاً به یک سامانهٔ موقعیت‌یاب مانند GPS نیاز است. از سوی دیگر، روش مبتنی بر حسگر به اندازه‌گیری لحظه‌ای ویژگی‌های مورد نظر مانند صفات خاک و گیاه زراعی با استفاده از حسگرهایی که در خاک یا روی گیاه زراعی نصب شده‌اند، می‌پردازد و خاک یا گیاه زراعی را بر اساس اطلاعاتی که حسگر مخابره می‌کند، کنترل می‌نماید. برای این روش همیشه به ابزارهای موقعیت‌یاب نیاز نیست.

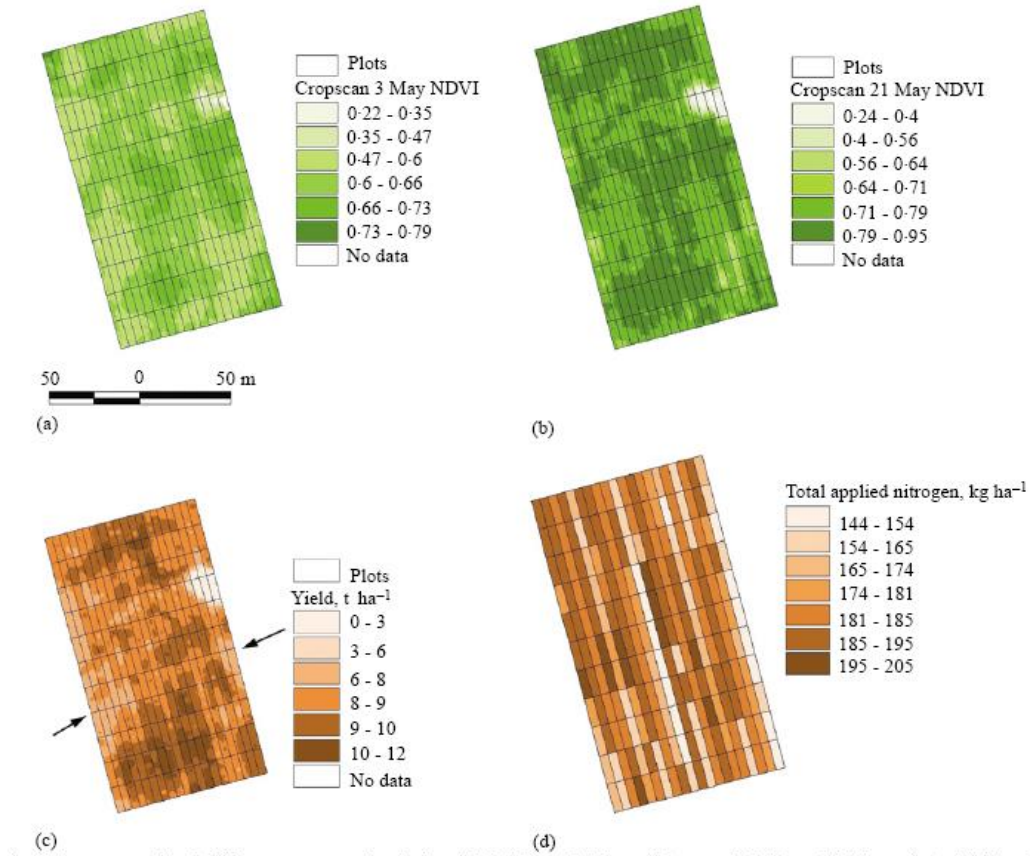
اکثر سامانه‌های کشاورزی دقیق از روش مبتنی بر نقشه استفاده می‌کنند، زیرا حسگرهایی که برای پایش مزرعه، خاک و نوسانات کشت‌بوم استفاده می‌شوند، بسیار گران هستند، دقت کافی را ندارند یا

همواره در اختیار نیستند. مجموعه داده‌های مختلفی با استفاده از سامانه‌های گوناگون GIS و تلفیق اطلاعات نقشه‌هایی که با دورسنجی، نمونه‌گیری خاک، پایش عملکرد و حسگرهای مختلف تهیه شده‌اند، تولید و پردازش شده است. از روش‌های آماری پیشرفته برای تجزیه و تحلیل این نوسانات فضایی و زمانی استفاده می‌شود. به علاوه، از مدل‌های شبیه‌سازی گیاه زراعی برای تهیه نقشهٔ پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی برای توصیه کودی در هر نقطه از مزرعه استفاده شده است. از این نقشه‌ها می‌توان در پیش‌بینی نوسانات رشد گیاه زراعی و هجوم آفات و بیماری‌ها در شرایط اقلیمی موجود در کشت‌بوم استفاده کرد. بنابراین، کشاورزی دقیق، ابزار مناسبی برای ارزیابی خطرات پیش‌رو در کشت‌بوم و برنامه‌ریزی برای مقابلهٔ کارامد با این مخاطرات است.

کشاورزی دقیق به طور کلی به دنبال بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها است که این امر با تعیین ویژگی‌های هر نقطه از مزرعه با کمک فناوری‌های داده‌پردازی صورت می‌گیرد. روش‌هایی که در کشاورزی دقیق استفاده می‌شود ما را در تعیین نوسانات درون مزرعه‌ای و سپس، تعیین مقدار نهاده لازم برای بهینه‌سازی کارکردهای اجزای کشت‌بوم یاری می‌کند.

مزارعی که نوسان مکانی زیادی دارند (به عنوان مثال حاصلخیزی بخش‌های مختلف مزرعه، متنوع و گوناگون است) ولی از نوسان زمانی زیادی برخوردار نیستند (یک تناوب زراعی مشخص در دوره‌های معین در آن تکرار می‌شود) از شانس بیشتری برای بهره‌گیری موفقیت‌آمیز از کشاورزی دقیق و ابزارهای آن برخوردارند (ورینت و همکاران، ۲۰۰۳). ثبات زمانی موجب تسهیل اندازه‌گیری‌ها و تصمیم‌گیری در مورد مقدار مصرف نهاده‌ها می‌شود.

شکل ۳ مثالی از کاربرد اطلاعات حاصل از فناوری‌های رایانه‌ای و داده‌های مزرعه‌ای در کشاورزی دقیق است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، پوشش گیاهی در مناطق مختلف مزرعه از نوسان بالایی برخوردار است که ناشی از عوامل خاکی، محیطی و ریزاقلیمی است. بر همین اساس، مصرف کود نیتروژن نیز در این مزرعه به شکل یکنواخت نبوده است، بلکه بر اساس نوسانات درون مزرعه‌ای صورت گرفته است و در نهایت، عملکرد بخش‌های مختلف مزرعه نیز یکسان نبوده است.



(a) Crop normalised difference vegetation index (NDVI) on 5 May; (b) crop NDVI on 21 May; (c) yield in t denote an area with lower yield and steep slope; (d) total applied nitrogen dose in kg ha^{-1}

شکل ۳. شاخص NDVI در گندم در ۱۳ اردی‌بهشت (a) و ۳۱ اردی‌بهشت (b)، عملکرد گندم (تن در هکتار، c) و مقدار کود نیتروژن مصرف‌شده (کیلوگرم در هکتار، d) بر اساس اطلاعات حاصل از سامانه‌های کشاورزی دقیق در یک مزرعه در بلژیک (ورینت و همکاران، ۲۰۰۳)

کارکردهای زراعی فناوری‌های کشاورزی دقیق

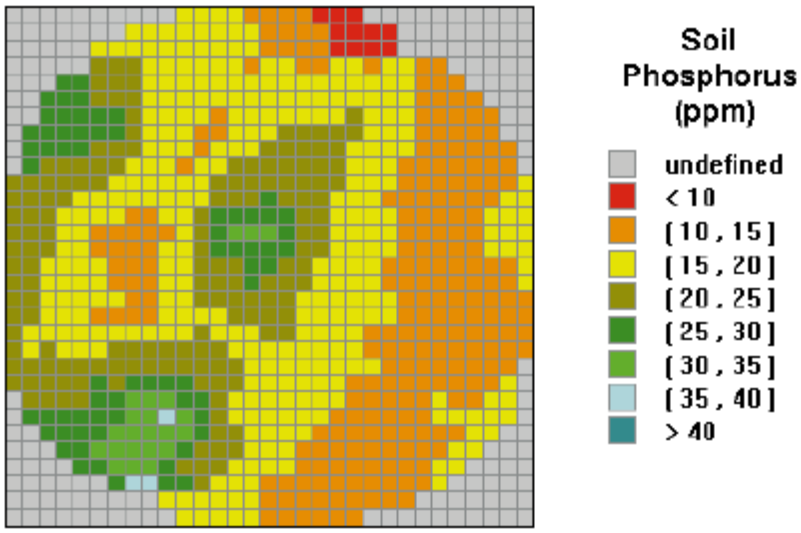
به طور کلی ارزش‌های کشاورزی دقیق را برای کشاورزان می‌توان تنظیم مقدار دقیق بذر برای کشت، افزایش دقت و کارایی برنامه مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، عملیات خاک‌ورزی بر مبنای زمان مناسب و آگاهی از نوسانات حاصلخیزی خاک مزرعه و در نهایت افزایش کارایی سامانهٔ کشاورزی دانست (یوهانسن، ۱۹۹۵).

کاشت بذر. بذر در شرایطی بهترین عملکرد را تولید خواهد کرد که در تراکمی کشت شود که حداکثر دسترسی را به نور و رطوبت داشته باشد. این امر در شرایطی به وجود می‌آید که تراکم بذر را بسته به نوسانات حاصلخیزی و عوامل خاکی مانند بافت، ماده آلی و رطوبت قابل دسترس آن، در نظر بگیریم و

تراکم در تمام نقاط مزرعه یکسان نباشد. به عنوان مثال، تراکم کاشت در بخش‌هایی که خاک مزرعه، شنی است باید کمتر از مناطقی باشد که بافت خاک، سیلتی لومی است، زیرا رطوبت قابل دسترس خاک شنی کمتر است. تراکم پایین‌تر کاشت معمولاً موجب تولید خوشه‌های بزرگ‌تر و در نتیجه تولید حداکثر عملکرد ممکن می‌شود. از آن‌جا که خاک، حتی در مزارع کوچک در نوسان است و بافت متغیری در قسمت‌های گوناگون آن دارد، توانایی اِعمال تراکم‌های گوناگون در یک مزرعه موجب می‌شود کشاورز بتواند به تراکم بهینه بر اساس شرایط خاک همان مزرعه دست یابد. یک نقشهٔ رایانه‌ای از خاک مزرعه که بر روی تراکتور نصب شده باشد همراه با یک سامانه GPS این امکان را برای کشاورز فراهم می‌کند تا در یک نقطه تراکم را پایین‌تر و در نقطه‌ای دیگر، تراکم را بالاتر در نظر بگیرد.

مدیریت نهاده‌های شیمیایی. یکی از نگرانی‌های اصلی کشاورزان در کشاورزی نوین، کاربرد نهاده‌های شیمیایی به صورتی است که ضمن براورده ساختن نیازهای زراعی، پیامدهای زیست‌محیطی به دنبال نداشته باشد و از نظر اقتصادی نیز کارامد باشد. به علاوه، قوانین زیست‌محیطی که روز به روز سخت‌گیرانه‌تر می‌شوند موجب محدودیت مصرف نهاده‌های شیمیایی برای کشاورزان شده‌اند. در اختیار داشتن سامانه‌های موقعیت‌یاب و نقشه حاصلخیزی خاک یا نقشهٔ پراکنش آفات یا علف‌های هرز در مزرعه موجب می‌شود تا کشاورز در نقاطی که خاک، نیاز کمتری به کود شیمیایی دارد، از کود کمتری استفاده کند که این امر موجب افزایش کارایی زیست‌محیطی، زراعی و اقتصادی کشت‌بوم می‌شود. شکل ۴ مثالی از تعیین مقدار فسفر بخش‌های مختلف خاک یک منطقه با کمک فناوری‌های کشاورزی دقیق است. همین امر در مورد کاربرد سموم آفت‌کش و عدم به‌کارگیری آنها به شکل یکسان در تمام مزرعه صادق است، به ویژه که الگوی پراکنش آفات و علف‌های هرز نشان می‌دهد این موجودات هرگز به شکل یکنواخت در داخل یک بوم‌نظام توزیع نشده‌اند.

خاک‌ورزی. توانایی انجام شخم به عمق‌های مختلف در نقلط گوناگون یک مزرعه، یکی از نکات مهم برای تهیه بستر بذر بهینه، کنترل مطلوب علف‌های هرز و حتی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و بنابراین افزایش کارایی اقتصادی کشت‌بوم است. در برخی سامانه‌های کشاورزی پایدار، کشاورزان از خاک‌ورزی حفاظتی و کاهش‌یافته استفاده می‌کنند که موجب حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و کاهش فرسایش آن می‌شود. بهره‌گیری از GPS برای عملیات خاک‌ورزی نیز به معنای افزایش عملکرد، کاهش پیامدهای منفی خاک‌ورزی و افزایش کارایی اقتصادی تولید خواهد بود. هر چند این بخش از کشاورزی دقیق هنوز در آغاز راه است.



شکل ۴. مقدار فسفر (ppm) بخش‌های مختلف یک خاک که با استفاده از نمونه‌گیری و تفسیر داده‌های سامانه کشاورزی دقیق تعیین شده است (سیرسی، ۲۰۰۷)

برداشت. سودمندی کاربرد فناوری‌های کشاورزی دقیق در مزرعه در زمان برداشت محصول، تعیین عملکرد دقیق در هر بخش از مزرعه است. می‌توان کمباین و دیگر ماشین‌آلات برداشت را به ابزار خاص و همچنین یک سامانهٔ GPS تجهیز کرد. چنان‌چه نرم‌افزار مربوط به شکل دقیق کار کند، می‌توان با استفاده از آن، نقشهٔ عملکرد مزرعه را تهیه کرد که نوسان عملکرد را در قسمت‌های مختلف مزرعه به خوبی نشان می‌دهد. این امر به کشاورز کمک می‌کند تا با مطالعهٔ این نقشه، نقاطی را که بیشترین و کمترین عملکرد را داشته‌اند شناسایی کند و به دنبال تفاوت‌های عملکرد در بخش‌های گوناگون مزرعه باشد. به علاوه، چنین برنامه‌ای کشاورز را قادر به تهیه برنامهٔ هزینه- درامد می‌سازد و بنابراین به کمک آن می‌توان مناسب‌ترین عملیات و مقدار نهاده مصرفی را برای دستیابی به حداکثر عملکرد و حداقل هزینه، مشخص کرد. به اعتقاد برخی پژوهشگران، پایش عملکرد با این ابزار طی یک دوره ۳ ساله، نقطه شروع مناسبی برای اجرای کشاورزی دقیق در یک کشت‌بوم و شناسایی نقاط ضعف و قوت آن است.

چالش‌های گسترش کشاورزی دقیق

سه مانع عمده برای گسترش کشاورزی دقیق وجود دارد:

۱- کشاورزی دقیق مبتنی بر حجم زیادی از اطلاعات و داده‌ها است. نقشه‌برداری‌های متعدد از خاک، گیاه زراعی و عوامل محیطی در یک کشت‌بوم موجب می‌شود تا مقدار زیادی اطلاعات و ارقام تولید شود که باید آنها را با ابزار مناسب پردازش و تحلیل کرد. مدیر مزرعه (کشاورز) باید بتواند این حجم عظیم اطلاعات را با کمک ابزارهای تلفیق داده‌ها، سامانه‌های متخصصان مربوط و سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری پردازش کند. به علاوه بخشی از داده‌ها نیز باید پیش از کاربرد، استاندارد شوند.

۲- در حال حاضر فقدان راهبردهای مشخص برای کاربرد این اطلاعات در سطح محلی و منطقه‌ای و فقدان شواهد محکم مبنی بر امتیازات و سودمندی‌هایی که برای این روش ذکر می‌گردد، احساس می‌شود.

۳- با وجودی که داده‌های مورد نیاز در کشاورزی دقیق از قبیل داده‌های خاک، گیاه زراعی، عوامل اقلیمی و محیطی قابل دستیابی است، اما روش‌های کسب این اطلاعات، هزینه‌بر هستند (مانند نمونه‌گیری از خاک و سپس تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در آزمایشگاه).

با گذشت سه دهه از پیدایش عملیاتی کشاورزی دقیق، با وجودی که موفقیت‌های چشمگیری در تکامل فناوری‌های مورد نیاز کشاورزی دقیق حاصل شده است، دستاوردهای زیست‌محیطی و سودمندی اقتصادی که پیشتر برای این سامانه پیش‌بینی می‌شد، محقق نشده است. یکی از دلایل این امر آن است که با وجود پیشرفت‌های فناوری، پیشرفت‌های همسو در اصول زراعت و اکولوژی تولید محصولات زراعی برای بهینه‌سازی عملکرد به دست نیامده است. به همین خاطر، بسیاری از کشاورزان در به کارگیری فناوری کشاورزی دقیق هنوز مردد هستند. مهم‌ترین انگیزه‌های کشاورزان را در پذیرش کشاورزی دقیق می‌توان قانون‌گذاری‌های سخت‌گیرانهٔ زیست‌محیطی، نگرانی‌های عمومی در مورد مصرف مفرط نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی و سودمندی اقتصادی ناشی از کاهش هزینهٔ نهاده‌ها و بهبود مدیریت کشت‌بوم برشمرد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

جمع‌بندی

آن‌چه از توضیحات پیش‌گفته در مورد سامانه‌های کشاورزی و رویکردهای اگرواکولوژیک بر می‌آید این است که راه تولید غذا در آینده نه می‌تواند مبتنی بر سامانه‌های فشرده امروز و بهره‌برداری بی‌رویه از

منابع باشد و نه می‌تواند بر سامانه‌های سنتی و معیشتی استوار باشد. ممکن است ذهن مخاطب با تناقض روبرو شود که اگر نه می‌توان با سامانه‌های موجود فعلی و نه سامانه‌های قبلی به پایداری در ابعاد مختلف دست یافت، پس راهکار چیست؟ به نظر می‌رسد مدیریت طراحی سامانه‌های کشاورزی یک مدیریت وابسته به محیط[1] و وابسته به مکان[2] است و در صورتی که هدف تقویت منافع و تعدیل معایب سامانه‌های کشاورزی در یک منطقه است، طراحان سامانه‌های کشاورزی باید ضمن این که محیط‌شناسی خوبی داشته باشند، شرایط اجتماعی و کشاورزی منطقه را نیز به خوبی بشناسند. **رویکرد اگرواکولوژیک در کشاورزی، مصداق عینی «جهانی اندیشیدن و منطقه‌ای عمل کردن» است**. به یقین در طراحی سامانه‌های کشاورزی باید نسبت به انتخاب گیاهانی اقدام کرد که توفیق آنها در منطقه ثابت شده باشد، حداکثر نیروی کارگری و نیاز به ماشین‌آلات مورد نیاز آنها بر هم منطبق نباشد، در منطقه سبب اشتغال‌زایی شوند، صنایع تبدیلی آنها وجود داشته باشد و خرید آنها تضمین شده باشد. این توضیحات نشان می‌دهد که طراحی موفق سامانه‌های کشاورزی در جهت حصول پایداری باید یک طراحی جامع با نگرش زراعی، اقتصادی، ترویجی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی باشد که از آن با عنوان رهیافت اگرواکولوژیک یاد می‌شود. مسیر نیل به کشاورزی پایدار و اگرواکولوژی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه بسان مسیری سبز با شیبی فزاینده است که ما در ابتدای پویش این مسیر قرار داریم و موفقیت در این مسیر همیتی فراوان و بستری آماده می‌طلبد.

1- environmental specific
2- site specific

۲-۳ کمّی‌سازی شاخص‌های اگرواکولوژیک در حوضه آبریز دریاچهٔ ارومیه

برای درک اگرواکوسیستم‌ها چاره‌ای جز ساده‌سازی آنها وجود ندارد. فرایندهای اکولوژیک متعددی که به وسیله آنها انسان، محصولات زراعی، علف‌های هرز، ریزموجودات، جانوران، خاک و آب به هم پیوند می‌خورند چنان پیچیده و جزیی هستند که نمی‌توان آنها را به طور کامل و مفصل تشریح کرد و بنابراین برای شناخت کلیت آنها، باید آنها را ساده‌سازی کرد (مهدوی دامغانی، ۱۳۸۴). ولی، پرسش این است که این ساده‌سازی به چه شکل صورت بگیرد تا به ماهیت روابط کلیدی کشت‌بوم‌ها به عنوان یک مجموعهٔ یک‌پارچه آسیبی وارد نشود. یکی از روش‌های ساده‌سازی، تلفیق تعداد زیادی از فرایندهای کشت‌بوم در قالب سنجه‌های کمّی است که به سادگی نشان دهند یک کشت‌بوم تا چه حد از سلامت برخوردار و قادر به برآورده کردن نیازهای انسان است. در نتیجه، امروزه نیاز به کمّی کردن بسیاری از جنبه‌های کیفی پایداری اگرواکولوژیک احساس می‌شود. اما پایداری یک مفهوم است و نمی‌توان آن را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد (بروتران و زینک، ۱۹۹۷)؛ بنابراین باید شاخص‌هایی مناسب انتخاب شوند که بتوانند مقدار و دوام پایداری را تعیین کنند. در طراحی و کاربست شاخص‌های اگرواکولوژیک باید پیش از هر اقدامی نقاط بحرانی کشت‌بوم شناسایی شود. طبق جدول ۲ نقاط بحرانی، ویژگی‌ها یا فرایندهایی هستند که تولید، ثبات، تاب‌آوری، خوداتکایی و سازگاری کشت‌بوم را افزایش داده یا محدود می‌کنند. پرسش‌هایی که در این مرحله باید به آنها پاسخ گفت از این قرارند:

۱- چه عواملی کشت‌بوم تحت مدیریت ما را آسیب‌پذیر می‌سازد؟

۲- مشکلات فعلی کشت‌بوم کدامند؟

۳- مهم‌ترین و اصلی‌ترین اجزای تشکیل‌دهندهٔ کشت‌بوم کدامند؟

جدول ۲. نقاط بحرانی برای پایداری کشت‌بوم‌ها (ماسرا، ۱۹۹۹).

ویژگی	نقاط بحرانی
تولید	عملکرد پایین
	کیفیت پایین محصول / هزینهٔ زیاد تولید
ثبات و تاب‌آوری	زوال و فرسایش خاک / آلودگی آب و خاک
	جنگل‌زدایی/ خسارت شدید آفات و علف‌های هرز/ بی‌ثباتی قیمت‌ها در بازار
سازگاری	قیمت بالای نهاده‌ها
	اتکای زیاد به منابع مالی خارجی
عدالت	مهاجرت
	تبعیض بین طبقات مختلف اجتماع

خوداتکایی	زوال ساختارهای اجتماعی
	فقدان اتحادیه‌ها و تعاونی‌های تولیدی
	عدم امنیت شغلی کشاورزان

برای جمع‌آوری اطلاعات لازم جهت تدوین شاخص‌های اگرواکولوژیک می‌توان از روش‌های مختلف استفاده کرد. اطلاعات مربوط به سنجه‌هایی نظیر میزان بارندگی و پراکنش آن، وقوع خشکسالی در مقاطع زمانی مختلف و سنجه‌هایی از این دست را می‌توان با مراجعه به هواشناسی تهیه کرد. اطلاعات مربوط به سنجه‌هایی چون عملکرد محصولات زراعی، تنوع گونه‌ای و مصرف نهاده‌ها را می‌توان مستقیم اندازه‌گیری یا با مصاحبه و پرسش‌نامه جمع‌آوری کرد. برخی سنجه‌ها نیز پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه محاسبه می‌شود. به عنوان مثال، کارایی مصرف آب در یک کشت‌بوم پس از جمع‌آوری اطلاعات میزان مصرف آب و مقدار عملکرد محصولات زراعی قابل محاسبه خواهد بود. یکی دیگر از ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است. به عنوان مثال، با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی می‌توان میزان فرسایش خاک را در یک منطقه با توجه به عوامل خاکی، اقلیمی و زراعی شبیه‌سازی کرد و رابطهٔ آن را با پایداری و چگونگی واکنش پایداری کشت‌بوم را به تغییرات فرسایش خاک در درازمدت بررسی و مطالعه نمود.

نکته مهم این است که تمام سنجه‌ها در یک سطح مطالعه نمی‌شوند. بعضی از سنجه‌ها مانند مقدار نیتروژن (نیترات) آب زیرزمینی در مقیاس منطقه یا آبخیز مورد مطالعه و سنجش قرار می‌گیرند؛ سنجه‌ای مانند میانگین درآمد سرانه در سطح جامعه و سنجه‌ای نظیر درصد ماده آلی خاک در مقیاس کرت ارزیابی و تعیین می‌شود.

پیشینهٔ کاربرد شاخص‌های پایداری به حدود سه دهه باز می‌گردد. سناناياک (۱۹۹۱) در مطالعه‌ای جهت تدوین شاخص پایداری اگرواکولوژیک تاکید کرده است که برای تدوین یک شاخص باید از سنجه‌هایی استفاده کرد که مستقل از نوع سامانه کشاورزی باشند. بر این اساس شاخص پیشنهادی وی مرکب از اجزای زیر است:

$$S = f\{E_i, E_r, P_e, S_e, R_s, R_b\}$$

که به شکل زیر صورت‌بندی می‌شود:

$$S = \frac{R_s \times R_b}{f(V_e) - f(V_d)}$$

که در آنها S شاخص پایداری بوم‌شناختی در یک کشت‌بوم، E_i مقدار نهاده‌های خارجی، E_r نسبت انرژی، P_e معادل‌های انرژی (قدرت)، S_e کارایی مصرف نور و R_s و R_b به ترتیب دوام خاک و دوام پوشش گیاهی هستند. $f(V_e)$ سنجهٔ کارایی انرژی و $f(V_d)$ سنجهٔ وابستگی کشت‌بوم به انرژی است. بر اساس این شاخص، کشت‌بوم‌هایی که فرسایش خاک زیادی دارند یا تلفات پوشش گیاهی در آنها شدید است به دلیل این که صورت معادلهٔ شاخص پایداری در آنها ($R_s \times R_b$) به شدت کاهش می‌یابد، پایداری کمی دارند. به همین ترتیب ، سامانه‌هایی که از منابع موجود به خوبی حفاظت می‌کنند از پایداری بالایی برخوردار خواهند بود. شاخص دیگری با همین مبنا توسط لال (راسینگ و همکاران، ۱۹۹۷) ارائه شده است:

$$C_s = f\{o_i, o_d, o_m\} \times t$$

که در آن C_s شاخص پایداری ، o_i ستانده به ازای مقدار نهاده‌ای که بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دارد؛ o_d ستانده به ازای مقدار کاهش محدود کننده‌ترین منبع غیر قابل تجدید؛ o_m حداقل ستاندهٔ قابل حصول و t زمان است. بنابراین، شاخص پایداری وابسته به مقدار تولیدات محصولات کشاورزی، کاهش منابع محیطی که تولید به آنها وابسته است و از همه مهم‌تر زمان است.

نامبیار و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از یک سری سنجه‌های زیست- فیزیکی، شیمیایی و اجتماعی– اقتصادی، شاخصی جهت سنجش پایداری اگرواکولوژیک در چین تدوین کردند که صورت‌بندی این شاخص به این ترتیب است:

$$ASI = N \times Y \times S \times M \times Q \times B \times I \times E$$

که در آن ASI شاخص پایداری کشاورزی، N موازنه عناصر غذایی،Y عملکرد محصولات زراعی، S کیفیت خاک، M مدیریت کشاورزی، Q کیفیت زیست‌محیطی کشت‌بوم، B تنوع زیستی کشاورزی، I جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی نظام زراعی و E موازنه انرژی خالص در کشاورزی است. در هر یک از این گروه‌های هشت‌گانه سنجه‌هایی برای کمّی کردن آنها استفاده شده و امتیاز سنجه در سه گروه کم، متوسط و زیاد قرار داده شده که حداقل امتیاز ۷۵ و حداکثر امتیاز ۱۰۰ برای هر سنجه منظور شده است. به عنوان مثال در گروه کیفیت خاک از سنجهٔ عمق خاک استفاده شده است. چنانچه عمق خاک کمتر از ۵۰ سانتی‌متر باشد امتیاز کم (۷۵)؛ اگر عمق خاک بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر باشد امتیاز متوسط (۸۵) و چنانچه عمق خاک بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر باشد امتیاز زیاد (۱۰۰) برای آن منظور می‌شود. در نهایت، حاصل‌ضرب مجموع سنجه‌های گروه‌های هشت‌گانه است که امتیاز نهایی شاخص پایداری را تعیین می‌کند.

یوان و همکاران (۲۰۰۳) در چین با تهیه یک پرسش‌نامه که شامل ۱۷ سنجه بود، وضعیت پایداری یکی از مناطق شانگهای را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق، پاسخ‌دهندگان در قالب ۴ گروه دسته‌بندی شدند: کارمندان دولتی به عنوان تصمیم‌گیرندگان و مجریان، آموزگاران دبستان و دبیرستان به عنوان آموزش‌دهندگان، دانش‌آموزان ۱۲ تا ۱۴ ساله به عنوان نسل جدید و کشاورزان و کارگران به عنوان مردم محلی. سنجه‌ها در قالب سه گروه سنجه‌های اقتصادی (برون‌ده اقتصادی، درآمد خانواده، اشتغال)، اجتماعی (جمعیت، تامین اجتماعی، میزان جنایت) و محیطی (کیفیت محیط زیست، مدیریت ضایعات و پسماندها، حفاظت اکولوژیک) طبقه‌بندی شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد گروه‌های مختلف اجتماعی برای سنجه‌های مختلف، اهمیت متفاوتی قائلند و برای هر گروه یک سری از سنجه‌ها اهمیت بیشتری دارد. به عنوان مثال، برای کشاورزان و کارگران، سنجه‌های زیست‌محیطی و سنجه‌های موثر در کیفیت زندگی نظیر درآمد، اشتغال و رفاه اجتماعی یا به عبارت کلی‌تر نیازهای اولیهٔ زیستی در اولویت بود. برای کارمندان و آموزگاران، سنجه‌های آموزش، مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی و مدیریت ضایعات و پسماندها مهم‌تر بود و برای دانش‌آموزان مسایل اقتصادی، زیست‌محیطی و امید به زندگی از اهمیت بیشتری برخوردار بود. از جمله نکات این تحقیق، اثبات مجدد این ادعاست که اهمیت هر سنجه در هر جامعه و سامانه به شرایط خاص آن سامانه بر می‌گردد. به عنوان مثال در این تحقیق، اندازهٔ جمعیت سنجه‌ای بود که در مجموع از نظر شرکت‌کنندگان کم‌ترین اهمیت را داشت. اگر رشد جمعیت در این یک منطقه منفی باشد، طبیعی است که نگرانی در مورد تاثیر جمعیت بر پایداری چندان شدید نباشد، ولی اگر در منطقه‌ای همچون ایران رشد جمعیت مثبت باشد، انتظار می‌رود که اهمیت و اثر آن بر پایداری بیشتر از این منطقه باشد.

یکی دیگر از نکات قابل‌توجه در این تحقیق این است که بعضی از سنجه‌ها که توسط دانش‌آموزان به عنوان سنجه‌های مهم‌تر در نظر گرفته شدند در امتیازدهی نهایی در گروه شاخص‌های فرعی (درجه دوم) قرار گرفتند. این امر به این معنی است که طی سال‌های آینده که این نسل، جایگزین نسل فعلی می‌شود، اولویت‌های پایداری نیز تغییر خواهد کرد؛ هر چند باید توجه داشت که اولویت‌های همین نسل هم با افزایش سن و تغییر دیدگاه‌ها تغییر خواهد کرد.

نیکولز و همکاران (۲۰۰۴) شاخصی جهت تعیین پایداری اگرواکولوژیک تاکستان‌ها ارائه کرده‌اند که در آن دو گروه سنجه به کار رفته است. سنجه‌های کیفیت خاک شامل ساختمان، فشردگی، عمق، تجزیه بقایای گیاهی، رنگ و مقدار ماده آلی، مقدار آب، پوشش، فرسایش، تراکم بی‌مهرگان و فعالیت زیستی خاک در یک گروه و سنجه‌های سلامت محصولات زراعی شامل وضعیت ظاهری، رشد محصول،

شیوع بیماری‌ها، شیوع حشرات، فراوانی دشمنان طبیعی، رقابت علف‌های هرز، عملکرد بالقوه و حقیقی، تنوع زراعی و زیستی در گروه دیگری طبقه‌بندی شده‌اند. به هر سنجه امتیازی بین ۱ تا ۱۰ تعلق می‌گیرد که به نامطلوب‌ترین وضعیت امتیاز ۱، به وضعیت متوسط یا آستانه امتیاز ۵ و به مطلوب‌ترین وضعیت سنجه امتیاز ۱۰ تعلق می‌گیرد. در پایان، امتیاز تمام سنجه‌ها جمع و بر تعداد آنها تقسیم می‌شود تا مقدار کمّی نهایی شاخص تعیین شود. اگر امتیاز نهایی مزرعه کمتر از ۵ باشد، پایداری آن کمتر از آستانه است و هر چه امتیاز نهایی از ۵ بیشتر باشد، کشت‌بوم از پایداری بیشتری برخوردار است.

در ایران نیز شاخص‌های اگرواکولوژیک برای مطالعهٔ پایداری و بهره‌وری اگرواکوسیستم‌ها استفاده شده است. یکی از نخستین پژوهش‌های مربوط به کمّی کردن پایداری در ایران توسط حیاتی و کرمی (۱۳۷۶) صورت گرفته است. شاخصی که آنها تدوین کرده‌اند به گونه‌ای طراحی شده است که با بهره‌گیری از متغیرهای عام (عواملی که در تولیدات کشاورزی موثر بوده و مبنای تولیدات کشاورزی هستند) میزان پایداری کشت‌بوم‌های گندم را به شکلی کاربردی مورد سنجش و ارزیابی قرار داده است. متغیرهای استفاده شده در این تحقیق، در واقع سنجه‌هایی هستند که در تولیدات کشاورزی نقش دارند. بر اساس این مطالعه، میزان پایداری تابعی از متغیرهای (سنجه‌های) زیر خواهد بود:

$$S = f(\sum_{i=1}^{8} X_i, \sum_{j=1}^{3} y_j)$$

که در آن S میزان پایداری، X1 تا X8 به ترتیب عملکرد گندم در واحد سطح، تناوب زراعی، استفاده از بقولات، استفاده از کودهای آلی و حیوانی، استفاده از کود سبز، استفاده از بقایای گیاهی، شخم حفاظتی، روند تغییرات منابع آلی در طول زمان و تغییرات منابع خاکی در طول زمان و y1 تا y3 به ترتیب میزان مصرف سموم شیمیایی، مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و کود شیمیایی فسفاته هستند. در واقع سنجه‌های X1 تا X8 با افزایش خود قادرند پایداری کشت‌بوم را افزایش و سنجه‌های y1 تا y3 با افزایش مقدار خود می‌توانند پایداری آن را کاهش دهند. بنابراین صورت‌بندی نهایی شاخص پایداری به قرار زیر است:

$$S = \sum_{i=1}^{8} X_i - \sum_{j=1}^{3} y_j$$

برای کمّی کردن هر یک از سنجه‌های یازده‌گانه این پژوهش، سوالاتی در قالب پرسش‌نامه طراحی گردیده و با پاسخ‌هایی که از سوی گندم‌کاران به این پرسش‌ها داده شده، سنجه‌ها مورد ارزیابی قرار

گرفته‌اند. به عنوان مثال در رابطه با استفاده از کودهای آلی و حیوانی، از گندم‌کاران سوال شده که در کشت‌بوم خود به چه میزان از کودهای آلی یا حیوانی استفاده می‌کنید. به گزینهٔ استفادهٔ همیشگی ۴ امتیاز، گزینهٔ اغلب امتیاز ۳، گزینهٔ به ندرت امتیاز ۲ و گزینهٔ هیچ‌گاه امتیاز ۱ داده شده است. سایر سنجه‌ها نیز به همین صورت کمّی شده‌اند. آن گاه با جمع جبری مجموعهٔ پاسخ‌ها، امتیاز میزان پایداری کشت‌بوم هر کشاورز گندم‌کار به دست آمده است. بر اساس این امتیازها، پایداری کشت‌بوم‌ها در چهار سطح (بسیار ناپایدار، ناپایدار، نسبتاً پایدار و پایدار) دسته‌بندی گردیده است. نکته قابل‌توجه در این پژوهش این است که بر خلاف تصور رایج که سامانه‌های پایدار عملکرد کمتری دارند، مشاهده می‌شود که میزان عملکرد گندم سامانه‌های پایدار تفاوتی با سامانه‌های ناپایدار ندارد، به شکلی که عملکرد گندم در کشت‌بوم‌های پایدار که اصول پایداری و کشاورزی بوم‌شناختی در آنها رعایت شده است ۴/۲ و عملکرد سامانه‌های رایج ۴/۳ تن در هکتار بوده است (حیاتی و کرمی، ۱۳۷۶). بنابراین مدیریت مطلوب کشت‌بوم می‌تواند ضمن دستیابی به عملکرد قابل قبول، پایداری آن را نیز تضمین کند.

در پژوهشی دیگر، مقدار پایداری کشت‌بوم‌های سه استان مازندران، اصفهان و آذربایجان غربی به صورت کمّی و در قالب یک شاخص پایداری تعیین شده است (کوچکی، ۱۹۹۸). در این پژوهش ۳۱ سنجه مختلف زراعی، اکولوژیک و اقتصادی اجتماعی مورد ارزیابی قرارگرفته است. در هر استان ۲۰ روستا و ۲۰۰ مزرعه انتخاب شده است. سنجه‌هایی که در این پژوهش در قالب پرسش‌نامه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند عبارتند از: عوامل خاک، آب، تولید، تنوع زیستی زراعی، عملیات پایدار و عوامل اجتماعی و اقتصادی. هر یک از سنجه‌ها بر اساس روش پیشنهادی IUCN (۱۲۶) بین صفر تا ۱۰۰ امتیازبندی شدند و امتیاز کلی سه استان با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست‌آمده، پایداری کشت‌بوم‌های اصفهان، مازندران و آذربایجان غربی به ترتیب ۶۲، ۶۰ و ۵۱ امتیاز گرفت که در گروه نسبتاً پایدار قرار می‌گیرد.

جدول ۳. وضعیت پایداری کشت‌بوم با توجه به امتیاز شاخص پایداری (کوچکی، ۱۹۹۸).

امتیاز	وضعیت پایداری
۰-۲۵	ناپایدار
۲۶-۵۰	تا حدودی ناپایدار
۵۱-۷۵	تا حدودی پایدار
۷۶-۱۰۰	پایدار

فرشاد و زینک (۲۰۰۱) سنجه‌هایی جهت ارزیابی پایداری کشاورزی تدوین کرده و آن را در مطالعه‌ای در همدان به کار بسته‌اند. در این مطالعه از یک مدل پایداری شش ستونی استفاده شده است.

به اعتقاد آنها، یک سامانه پایدار از ۶ پایهٔ سلامت زیست‌محیطی، بقای اقتصادی، مقبولیت اجتماعی، قابلیت اجرای مدیریتی، سازگاری فنی کشاورزی و مقبولیت سیاسی تشکیل شده است. برای هر یک از این ۶ پایه، سنجه‌هایی جهت کمّی کردن آنها استفاده شده است. به عنوان مثال در بخش سلامت زیست‌محیطی، سنجه‌هایی چون pH، هدایت الکتریکی، رطوبت، وضعیت زهکشی و مقدار ماده آلی خاک و عملکرد محصولات زراعی؛ در بخش اجتماعی سنجه‌هایی نظیر اشتغال و سطح زیر کشت و در بخش سازگاری فنی کشاورزی از سنجه‌هایی مانند کارآیی آبیاری و نظام خاک‌ورزی استفاده شده است. یک نکته در این پژوهش جالب توجه است: بسته به اهداف تحقیقات می‌توان بر یکی از ستون‌های پایداری یا یک مجموعه از سنجه‌ها تاکید و توجه بیشتری داشت. به عنوان نمونه، هنگامی که محدودیت‌های شدید اقتصادی وجود دارد می‌توان این بخش را در اولویت نخست و بخش‌های دیگر را در درجهٔ دوم اهمیت قرار داد. یافته‌های حاصل از سنجه‌های مختلف این مطالعه در همدان نشان می‌دهد سامانه‌های رایج و سنتی هنگام مواجهه با محدودیت‌های اقلیمی و خاکی از دو رویکرد کاملاً متفاوت استفاده می کنند.

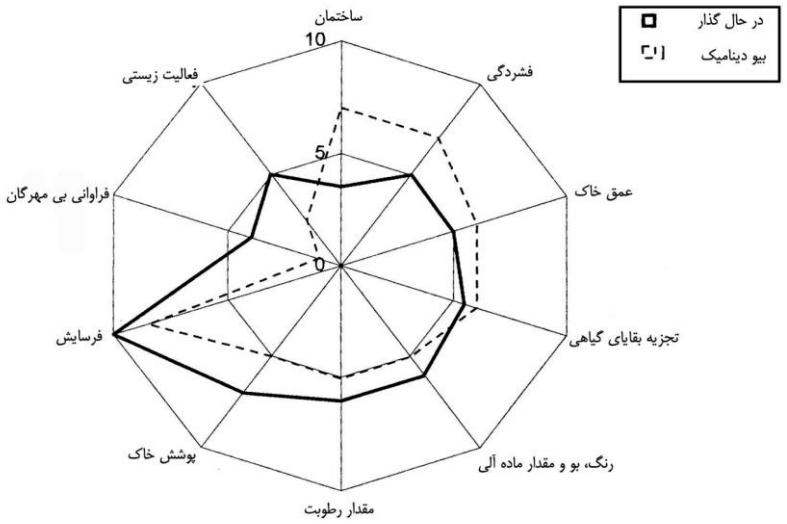
در سامانه‌های کشاورزی مدرن (رایج) عموماً با به کارگیری فناوری سنگین و پرنهاده (چاه‌های عمیق، ماشین‌آلات سنگین) بر محدودیت‌ها غلبه می‌شود؛ در حالی که در سامانه‌های سنتی از دانش بومی که در طول صدها سال تکامل یافته است برای مدیریت آب و خاک استفاده می‌شود. نتیجهٔ چنین رویکردهایی در میزان مصرف انرژی این سامانه‌ها نمود یافته است: در حالی که انرژی مصرفی در کشت‌بوم‌های مدرن فقط در بخش ماشین‌آلات بیش از ۵۲ گیگاژول در هکتار است، کل انرژی مصرفی سامانه‌های سنتی اندکی بیش از ۶ گیگاژول در هکتار بوده است (فرشاد و زینک، ۲۰۰۱).

مهدوی دامغانی و همکاران (۱۳۸۴) با تدوین یک شاخص به مطالعهٔ پایداری بوم‌شناختی دو سامانهٔ کشاورزی گندم- پنبه و گندم- چغندرقند در استان خراسان پرداختند. اطلاعات مربوط به این دو سامانهٔ کشاورزی شامل سنجه‌های اجتماعی- اقتصادی، تولید محصولات زراعی و دامی، کود و مواد شیمیایی، مدیریت بقایای گیاهی، آب و آبیاری، شخم و مکانیزاسیون، مدیریت علف‌های هرز و تنوع گونه‌ای کشاورزی با استفاده از پرسش‌نامه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین امتیاز شاخص پایداری در این دو سامانه به ترتیب ۴۴/۰ و ۴۸/۷ و میانگین کل دو سامانه ۴۶/۱ (از ۱۰۰ امتیاز) بود که حاکی از شرایط نامطلوب این کشت‌بوم‌ها از نظر پایداری است. نتایج نشان داد که تنها ۳۰/۵ درصد کشاورزان امتیاز ۵۰ یا بیشتر کسب کردند. در میان سنجه‌های مورد مطالعه، تولیدات دامی، زراعی و مدیریت کود و مواد شیمیایی به ترتیب با ۸، ۳۵ و ۴۲ درصد، پایین‌ترین امتیاز را داشتند. نتایج رگرسیون گام به گام

پس‌رونده نشان داد که مهم‌ترین عوامل تعیین‌کنندهٔ شاخص پایداری در دو کشت‌بوم مورد مطالعه، سطح زیر کشت، عملکرد محصولات زراعی، مدیریت بقایای گیاهی، درآمد زراعی و دسترسی به آموزش و ترویج بود؛ در حالی که مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن اثر تعیین کننده‌ای بر شاخص پایداری نداشت. بررسی نقاط بحرانی این دو سامانه نشان داد که برای بهبود پایداری آنها، آموزش کشاورزان، کمک به ثبات اقتصادی آنها، اصلاح مدیریت تولید محصول و مدیریت منابع آب از اولویت برخوردار هستند.

همان طور که مشاهده شد، برای تعیین شاخص پایداری، ابتدا باید سنجه‌هایی تعیین، سپس سنجه‌ها امتیازدهی، این امتیازات جمع و در نهایت امتیاز نهایی شاخص محاسبه شود. با این حال، در مورد بسیاری از سنجه‌ها امتیازدهی به سهولت مواردی که پیش از این اشاره شد نیست و گاه برای کمّی کردن یک سنجه لازم است از روش‌های پیچیده‌تر نظیر محاسبات و معادلات شبیه‌سازی بهره گرفت تا شدت اثر واقعی یک سنجه بر پایداری کشت‌بوم مشخص شود. علاوه بر شاخص‌هایی که ذکر شد، شاخص‌ها و سنجه‌های دیگری نیز برای ارزیابی پایداری کشت‌بوم‌ها و بسته به ضرورت‌های تحقیقاتی استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به سنجه‌های مصرف و سرانجام آفت‌کش‌ها (فری‌مارک و بوتین، ۱۹۹۵؛ فن‌درورِف، ۱۹۹۶)، آبشویی کودهای نیتروژن (هانسن و همکاران، ۲۰۰۰) و فراوانی و تنوع آغازیان خاکزی (فویسنر، ۱۹۹۷) اشاره کرد.

وضعیت پایداری یک سامانه را پس از تعیین امتیازات سنجه‌ها می‌توان در قالب نمودارهای موسوم به نمودارهای آمیبی نشان داد که در آن هر چه اضلاع نمودار آمیبی به مرکز چند ضلعی منتظمی که معرف امتیاز کل (۱۰) است نزدیک‌تر باشد، پایداری کمتر و هر چه به اضلاع چند ضلعی نزدیک‌تر باشد، پایداری بیشتر خواهد بود (شکل ۵). به این ترتیب، به سادگی می‌توان مشخص کرد کدام سنجه‌ها امتیاز کمتری آورده و باعث کاهش پایداری سامانه و کدام سنجه‌ها امتیاز بیشتری آورده و پایداری کشت‌بوم را افزایش داده‌اند. بنابراین می‌توان در مرحلهٔ بعد و با اعمال مدیریت‌های مناسب برای سنجه‌هایی که امتیاز پایینی آورده‌اند، نقاط ضعف سامانه را برطرف و پایداری را بهبود بخشید.



شکل ۵. نمودار آمیبی سنجه‌های کیفیت خاک دو تاکستان با سامانه‌های بیودینامیک (خطوط نقطه‌چین) و در حال گذار (خطوط پر) در شمال کالیفرنیا (نیکولز و همکاران، ۲۰۰۴)

۱-۱-۱- شاخص‌های تنوع زیستی

برای ارزیابی وضعیت تنوع زیستی اگرواکوسیستم‌ها که یکی از شاخص‌های مهم اگرواکولوژیک به شمار می‌رود از شاخص‌های شانون، تنوع سیمپسون و یکنواختی استفاده می‌شود. شاخص شانون[1] بر پایهٔ غنـای گونـه‌ای و فراوانـی نـسبی گونه‌ها و با معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$H = -\sum_{i=1}^{s}\left[\frac{n_i}{N}\right]\left[ln\frac{n_i}{N}\right]$$

که در آن H شاخص تنوع شانون، n_i: سطح زیر کشت گونـه iام در هـر منطقه و N: سطح زیر کشت کل منطقـه است. نسبت n_i بهN نشان دهندهٔ نسبت یـا فراوانـی نـسبی یـک گونـه است. هر چه شاخص تنوع شانون بیشتر باشد، مقدار زمین موجود در منطقه به کشت محصولات بیشتری اختصاص داده می‌شود.

شاخص تنوع سیمپسون[2] که از معادله زیر حاصل می شود:

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{s}\left[\frac{n_i}{N}\right]^2$$

1- Shannon index
2- Simpson index

1-D: شاخص تنوع سیمپسون، n_i: سطح زیر کشت گونه iام درمنطقه، N: کل زمین های قابل کشت در منطقه و S تعداد گونه های زراعی موجود می‌باشد. شاخص تنوع سیمپسون بـر این اصل استوار است که هر سیستمی که هیچکدام از گونه‌هـای آن نسبت به سایر گونه‌ها غالب نباشد، دارای تنوع بیشتری است و مقدار آن بین صفر تا ۱ متغیر است.

شاخص یکنواختی[1] طبق معادله زیر محاسبه می شود:

$$E = \frac{H}{ln\, S}$$

که در این معادله H: شاخص تنـوع شـانون و S: تعـداد گونـه‌هـا در منطقـه می‌باشد. شاخص یکنواختی معیاری از شدت یکنـواختی سـطح زیر کشت بین گونه‌های مختلف بـوده و مقـدار آن مـساوی یـا کوچک‌تر از ۱ است.E=1 ، نشان‌دهندهٔ یکسان بودن سطح زیر کـشت بـین تمـامی گونـه‌هـای زراعی موجود و E کوچک‌تر از یک بیـانگر غیریکنواختی در توزیع گونه‌هاست.

۱-۱-۲- شاخص‌های بررسی اثرات اگرواکولوژیک آفت‌کش‌ها

برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی آفت‌کش‌های مورد اسـتفاده در یک اگرواکوسیستم (خواه یک مزرعه تا یک کشور یا یک حوضهٔ آبریز) از شاخص اثر محیط‌زیستی (EIQ)[2] استفاده می‌شود. در این روش، میزان سمیت (شامل سمیت‌های مزمن، پوستی، سمیت برای ماهی‌ها، پرندگان، بندپایان و زنبورهای عسل)، آبشویی و تلفات سطحی بالقوه، و نیمه عمر خاک و گیاه برای تخمین میزان آسیب‌رسانی محیط‌زیستی مواد مؤثره آفت‌کش‌های مربوطه مد نظر قرار می‌گیرد. مقدار عددی EIQ میانگین سه جزء اصلی آسیب شامل آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه، آسیب بالقوه برای مصرف‌کنندگان از طریق اثر مستقیم مواد سمی باقیمانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیرزمینی و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبزی و خشکی‌زی را نشان می‌دهد. بدین ترتیب، این مدل مجموعه اطلاعات اثرات محیط‌زیستی مصرف آفت‌کش‌ها به صورت یک عدد از طریق معادله‌ای مبتنی بر سه جزء اصلی بیان شده را ارائه می‌دهد. این ضریب طبق معادله زیر(Kovach *et al.*, 1992) محاسبه می‌گردد:

1- Evenness index
2- Environmental Impact Quotient

$$EIQ = (C[(DT \times 5) + (DT \times P)] + (C \times [(S+P)/2] \times SY) + (L) + (F \times R) + (D \times [(S+P)/2] \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)/3$$

که در این معادله C = سمیت مزمن، DT = سمیت پوستی، P = نیمه‌عمر در سطح گیاه، SY = سیستمیک بودن، L = پتانسیل آبشویی، F = سمیت برای ماهی، R = پتانسیل رواناب، D= سمیت برای پرندگان، S = نیمه عمر در خاک، Z = سمیت برای زنبور عسل، و B = سمیت برای بندپایان سودمند می‌باشند. با توجه به این نکته که ممکن است درصد ماده موثره یک آفت‌کش، دز مصرف آن و تعداد دفعات سمپاشی برای هر فرمولاسیون متفاوت باشد، به همین دلیل پس از محاسبه مدل ضریب اثر محیط زیستی، از رابطه زیر برای محاسبه EIQ هر آفتکش در سطح مزرعه استفاده می‌شود (Levitan, 2000):

$$\text{FEIQ for } i\text{th crop} = \sum_{1}^{j} EIQ \ \ of \ pecticide_j \times \%\ active\ ingredient\ of\ pesticide_j \times \ dosage\ rate\ per\ ha\ of\ pesticide_j$$

وضعیت جریان انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی یکی از شاخص‌های اگرواکولوژیک مهم در ارزیابی پایداری، ثبات، بهره‌وری و تاب‌آوری آنها به شمار می‌رود که بسته به شرایط منطقه، نوع محصول، نوع مدیریت زراعی، دسترسی به مکانیزاسیون و نهاده‌ها و غیره بسیار متفاوت است. مطالعات زیادی وضعیت انرژی را در بوم‌نظام‌های زراعی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. برای محاسبه شاخص‌های انرژی در محصولات مورد مطالعه، انرژی نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، آفت‌کش‌ها، ماشین‌آلات، آب، نیروی انسانی و غیره که طی عملیات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرند به همراه عملکرد محصول شامل محصول اصلی و فرعی مطابق معادل انرژی آن‌ها که در جدول ۴ نشان داده شده، محاسبه می‌شود. روش محاسبهٔ شاخص‌های انرژی به این شرح است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷):

کارایی مصرف انرژی

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

بهره‌وری انرژی

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

انرژی خالص

انرژی خالص = انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) – انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)

انرژی مخصوص

$$\text{انرژی مخصوص} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}$$

انرژی ورودی در سیستم‌های زراعی را می‌توان به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم یا تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی کرد. بر اساس این تقسیم‌بندی‌ها، انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت دیزلی، آب آبیاری و الکتریسیته و انرژی غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، کود حیوانی، آفت‌کش‌ها و ماشین‌آلات می‌باشد. همچنین، نیروی انسانی، بذر، آب آبیاری و کود دامی به عنوان انرژی تجدیدپذیر و الکتریسیته، کودهای شیمیایی، سوخت دیزلی، آفت‌کش‌ها و ماشین‌آلات جزو انرژی تجدیدناپذیر به شمار می‌روند (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۶).

جدول ۴. معادل انرژی ورودی و خروجی در بوم‌نظام‌های زراعی

الف) ورودی	واحد	انرژی معادل (مگاژول)	منبع
نیروی انسانی	h	1.96	(Yousefi *et al.*, 2016)
ماشین‌آلات	h	62.7	(Yousefi *et al.*, 2016)
گازوئیل	l	47.8	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
بنزین	l	46.3	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
نیتروژن	kg	66.14	(Yousefi *et al.*, 2016)
فسفر (P_2O_5)	kg	12.44	(Yousefi *et al.*, 2016)
پتاسیم (K_2O)	kg	11.15	(Yousefi *et al.*, 2016)
گوگرد	kg	1.12	(Pahlavan *et al.*, 2012)
کلسیم	kg	8.8	(Bakhtiari *et al.*, 2015)
علفکش‌ها	l	85	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
حشره‌کش‌ها	l	229	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
قارچ‌کش‌ها	l	115	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
الکتریسیته	KWh	12	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
آب آبیاری	m^3	1.02	(Yousefi *et al.*, 2016)
بذر	kg		(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
گندم		15.7	
جو		14.7	

ذرت		15.7	
گوجه فرنگی		0.28	
سیب‌زمینی		3.6	
پیاز		1.6	
کلزا		3.6	
هویج		1	
یونجه		28.1	
زعفران		13.8	
ب) خروجی	kg		(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
دانه گندم و جو		14.7	
کاه		12.5	
گوجه فرنگی		0.8	
سیب زمینی		3.6	
پیاز		1.6	
دانه کلزا		27.6	
هویج		1.6	
ذرت سیلویی		4.1	
یونجه خشک		15.8	
کلاله زعفران		19.7	
سوخ زعفران		13.8	
گل زعفران		16.1	
برگ زعفران		16.3	

محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق نهاده‌های شیمیایی مطابق ضرایب انتشار CO_2، N_2O و CH_4 در هر یک از نهاده‌ها که در جدول ۵ نشان داده شده است محاسبه گردید. سپس، پتانسیل گرمایش جهانی در یک هکتار بر اساس میزان انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای و ضریب اثر آن‌ها برای یک دوره ۱۰۰ ساله که برای CO_2 برابر ۱، برای N_2O برابر ۲۱ و برای CH_4 برابر ۳۱۰ بود محاسبه شد (IPCC, 1995). در نهایت، پتانسیل گرمایش جهانی گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته برای یک هکتار محصولات بر اساس معادل CO_2 بیان شد.

جدول ۵. انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای مصرف هر واحد نهاده ورودی

ورودی	CO_2	N_2O	CH_4	منبع
گازوئیل	۳۵۶۰	۰/۷۰	۵/۲۰	(Kramer *et al.*, 1999)
بنزین	۲۳۲۰	-	-	(Koga and Tajima, 2011)
نیتروژن	۳۱۰۰	۰/۰۳	۳/۷۰	(Snyder *et al.*, 2009)
فسفر	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱/۸۰	(Snyder *et al.*, 2009)
پتاسیم	۷۰۰	۰/۰۱	۱	(Snyder *et al.*, 2009)
الکتریسیته	۶۱/۲۰	۸/۸۲	۰/۰۲	(Tzilivakis *et al.*, 2005)
علفکش	۶۳۰۰	-	-	(Lal, 2004)
حشره‌کش	۵۱۰۰	-	-	(Lal, 2004)
قارچ‌کش	۳۹۰۰	-	-	(Lal, 2004)
معادل CO_2	۱	۳۱۰	۲۱	(IPCC, 1995)

۱-۱-۳- مقایسه شاخص شدت عملیات خاک‌ورزی

این شاخص با استفاده از اثر هر یک از ادوات خاک‌ورزی بر دو عامل اصلی اثرپذیر از عملیات خاک‌ورزی شامل بقایای گیاهی باقی‌مانده بر سطح خاک پس از خاک‌ورزی و نیز پایداری خاکدانه‌ها، شدت اثر خاک‌ورزی بر پایداری خاک را محاسبه می‌کند. جدول ۶ اثر عملیات مختلف خاک‌ورزی را بر این دو ویژگی اصلی در پایداری خاک نشان می‌دهد. ادواتی که مقدار کمی از بقایای گیاهی را در سطح خاک رها می‌کنند سبب کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها خواهند گردید. به وسیله این دو شاخص جزئی، میانگین وزنی اثر هر یک از ادوات به صورت زیر حساب می‌شود:

$$Tool\ impact\ (T_{imp}) = 1 - (0.6STU + 0.4STA)$$

که در آن STU بیانگر اثر دستگاه بر میزان بقایای گیاهی در سطح خاک و STA اثر دستگاه بر پایداری خاکدانه های خاک می‌باشد. در نهایت، مجموع اثر عملیات خاک‌ورزی در هر محصول در یک سال از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$Sum\ T_{imp} = \sum_{1}^{n} T_{imp_i}$$

که در این معادله T_{imp_i} اثر دستگاه خاکورز iام؛ و n تعداد دفعات استفاده از آن در کشت محصول است.

جدول ۶. خصوصیات ادوات خاک‌ورزی از نظر اثرگذاری بر بقایای گیاهی سطح خاک و پایداری خاکدانه‌ها

دستگاه‌های خاک‌ورزی	میزان بقایای گیاهی در سطح خاک	پایداری خاکدانه ها	ضریب اثر دستگاه
گاوآهن برگردان دار	۰	۰/۲	۰/۹۲
گاوآهن بشقابی	۰/۱	۰/۲	۰/۸۶
دیسک تاندم سنگین	۰/۳	۰	۰/۸۲
دیسک	۰/۳	۰/۲	۰/۷۴
کولتیواتور	۰/۳۵	۰/۹	۰/۴۳
گاوآهن قلمی	۰/۶	۰/۸	۰/۳۲
چنگک‌های دوار	۰/۶	۰/۹	۰/۲۸
ماله دندانه میخی	۰/۶	۰/۹	۰/۲۸
کولتیواتور ویبره‌ای	۰/۶	۰/۹	۰/۲۸
دروگر دوار	۰/۶	۱	۰/۲۸
کولتیواتور ردیفی	۰/۷	۰/۹	۰/۲۸
کارنده مستقیم	۰/۹	۰/۷	۰/۱۸
جوی و پشته ساز	۰/۸	۰/۹	۰/۱۸
علف‌کن میله‌ای	۰/۸	۰/۹	۰/۱۶
گاوآهن پارا	۰/۸	۱	۰/۱۲
سمپاشی هوایی و زمینی	۱	۱	۰

۴-۲ بررسی پتانسیل‌های کشاورزی اکولوژیک در منطقه با توجه به محدودیت منابع تولید (آب، اراضی، و...) و شناسایی خلأ بهره‌وری موجود در مقایسه با بهره‌وری واقعی در منطقه

منبع: این بخش از گزارش بر پایهٔ اطلاعات، ارقام و نقشه‌ها و نتایج گزارش زیر استخراج و تدوین شده است:

دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. ۱۳۹۱. گزارش پیش‌بینی امکان توسعهٔ کشاورزی تا افق ۱۴۲۰: زیرحوضهٔ ارومیه (بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس، سفیدرود بزرگ، بین سفیدرود و هراز، هراز- قره‌سو، گرگان‌رود- قره‌سو، اترک، ارومیه).

***

اقلیم خشک و نیمه خشک ایران با متوسط بارش یک‌سوم جهانی استفاده صحیح و اصولی ازمنابع آب را به عنوان یک تلاش دائمی در کشور درآورده است. رشد جمعیت و افزایش نیاز به موادغذائی و منابع آب در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، شرب و صنعت به‌ویژه در دهه‌های اخیر یکی ازمهم‌ترین موانع دستیابی به توسعه پایدار تلقی می‌شود. تاثیر رشد شتابان جمعیت بر مدیریت منابع آب بسیار جدی و هشداردهنده است.

تمام کوشش‌های صورت‌گرفته در زمینه منابع آب کشور بیشتر با هدف استفاده بهینه از منابع آب و افزایش تولیدات کشاورزی و همچنین تأمین غذای مورد نیاز جمعیت کشور است. در همین راستا مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع حوضه‌های آبریز شمال کشور، از جمله ارومیه با همین هدف انجام شده است. با عنایت به این نکته که بخش کشاورزی به عنوان عمده‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در میان بخش‌های مختلف (۹۳٪ مصرف آب کشور) به شمار می‌رود تعیین پتانسیل‌ها و خلأ موجود در این حوضهٔ آبریز یکی از گام‌های اساسی برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و بهینه‌سازی مصرف آب در این حوضهٔ آبریز است.

خصوصیات طبیعی، فیزیوگرافی، اقلیمی و جغرافیایی

حوضه آبریز دریاچه ارومیه از نظر درجهبندی به عنوان حوضه آبریز درجه ۱ به شمار میرود. حوضه ارومیه دارای مساحت تقریبی ۵۱۸۷۶ کیلومترمربع است. از موجودات زنده موجود در دریاچه ارومیه می‌توان به پرندگان مهاجر فلامینگو و تنها موجود زنده داخل آب دریاچه بنام آرتمیا اشاره نمود. چنانچه با بالا رفتن غلظت نمک در آب دریاچه رشد و تولید مثل آرتمیا دچار مشکل شود مهاجرت فلامینگوها

به دریاچه صورت نخواهد گرفت. نوسانات رقوم سطح آب دریاچه در سری تاریخی بین ۱۲۷۱ تا ۱۲۷۸ متر از سطح دریا و نوسانات رقوم غلظت نمک در سری تاریخی بین ۲۵۰ تا ۳۷۰ گرم بر لیتر بوده است. در اطراف دریاچه ارومیه تعداد ۱۶ تالاب با وسعت‌های ۵ تا ۱۲۰۰ هکتار (که بعضی خشک شده‌اند) وجود دارد که اکثراً دارای آب شیرین و یا شور و شیرین بوده و از ارزش اکوسیستمی بالائی برخوردار هستند.

از نظر اقلیمی ارتفاعات جنوبی و غربی این حوضه دارای اقلیم نیمه مرطوب تا مرطوب بوده و به تدریج به طرف دریاچه ارومیه به نیمه خشک تبدیل می‌گردد. نواحی شمال شرقی و ارتفاعات شرق حوضه نیز دارای اقلیم نیمه خشک است. بیشترین قسمت حوضه دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. حوضه ارومیه دارای مساحت تقریبی ۵۱۸۶۲ کیلومترمربع بوده که از این میان استان آذربایجان غربی مساحت ۲۱۷۲۰ کیلومترمربع و استان آذربایجان شرقی مساحت ۲۰۱۸۳ کیلومترمربع و استان کردستان مساحت ۵۳۲۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. توجه شود که مساحت دریاچه ارومیه جزء مساحت هیچ یک از استانها در نظر گرفته نمیشود.

منابع خاک

مطالعات منابع خاک و توپوگرافی حوضه دریاچه ارومیه براساس شرح خدمات طرح جامع و با بهره‌گیری از گزارش‌های و نقشه‌های موسسهٔ تحقیقات خاک و آب و مهندسین مشاور مطالعه‌کننده و موسسه پژوهش‌های اقتصاد کشاورزی است. در این راستا بعد از شناسایی محدوده طرح و تعیین دقیق مرز حوضه آبریز، زیرحوضه‌ها، استان‌ها، محدوده‌های مطالعاتی و دیگر مواردی که با نیازهای گروه‌های دیگر طرح مطابقت داشته هماهنگ شد، نقشه‌های تهیه‌شده به محیط GIS منتقل و با تصاویر ماهواره‌ای (TM Sat Land) تدقیق گردید. با توجه به اینکه نقشه‌های ارزیابی بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی قدیمی تهیه شده است، لذا ناهماهنگی‌های زیادی در نقشه‌های ذکرشده وجود داشته که اکثر آنها در مقیاس‌های دقیق اصلاح گردید و موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

- ✓ تعیین تیپ‌ها و واحدهای اراضی حوضه و تعیین مشخصات واحدهای اراضی
- ✓ تدقیق مرز تیپ‌ها و واحدهای اراضی با تصاویر ماهواره‌ای

- ✓ تدقیق مرز باندری‌های کلاس‌ها و تحت کلاس‌های طبقه‌بندی اراضی در محدودهٔ دارای مطالعات
  خاک‌شناسی با تصاویر ماهواره‌ای
- ✓ با جمع‌بندی مطالعات خاک‌شناسی در عرصه‌های دارای مطالعه و بهره‌گیری از نتایج مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی در خصوص استعداد اراضی و قابلیت آبیاری، تصمیم‌گیری و نقشه‌ای تحت عنوان اراضی قابل توسعه جهت زراعت‌های آبی و دیم تهیه و ارائه گردید.
- ✓ با استفاده از مطالعات خاک‌شناسی انجام‌شده، نقشه‌های شوری و قلیائیت تهیه گردید.
- ✓ با استفاده از مطالعات خاک‌شناسی انجام‌شده و نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، نقشه خاک‌ها به روش طبقه‌بندی جامع خاک و FAO تهیه گردید.
- ✓ با استفاده از نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، نقشهٔ کاربری اراضی تهیه و در محیط GIS ارائه شده است.

کلیه اطلاعات تولیدی جهت بررسی و تجزیه و تحلیل در سیستم اطلاعات جغرافیایی و در لایه‌های مختلف تولید و مورد استفاده قرار گرفت. با تعیین دقیق مرز حوضه آبریز مشخص شد که محدوده طرح در استان‌های آذربایجان غربی وشرقی، اردبیل، زنجان وکردستان قرارگرفته که مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی آنها توسط موسسه تحقیقات خاک و آب انجام و نقشه‌های مربوطه به روال معمول در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه و منتشر گردیده که کل منطقه را پوشش می‌دهد. سپس نسبت به جمع‌آوری اطلاعات خاک‌شناسی موجود اقدام شد. این مطالعات به صورت پراکنده و با مقیاس‌های مربوط جمع‌آوری و مرز تیپ‌ها و واحدها با تصاویر ماهواره‌ای کنترل و نهایی گردید تا در تهیه گزارش و نقشه استفاده شود.

نقشه منابع و قابلیت اراضی

پس از جمع‌آوری گزارش‌ها و نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان‌های محدوده طرح از مؤسسه تحقیقات، اقدام به موزائیک نقشه‌ها گردید. سپس ضمن رقومی کردن اطلاعات موجود و اصلاح مغایرت‌های به‌وجودآمده، اطلاعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی بر اساس مرز استان‌ها در حوضه آبریز مشخص شد. نقشه تهیه‌شده در محیط GIS پردازش و نسبت به تفکیک اطلاعات تیپ و واحد اراضی در استانهای محدوده طرح اقدام و سطح و درصد هر یک از آنها تهیه و در قالب جدول ارائه گردیده است. همچنین مساحت و درصد تیپ‌ها و واحدهای اراضی به تفکیک محدوده‌های مطالعاتی تهیه و ارائه

شده است. نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی که با تصاویر ماهواره‌ای کنترل شده تحت عنوان شکل‌هایی تهیه شده است.

طبقه‌بندی اراضی

طبقه‌بندی استاندارد اراضی برای آبیاری

منظور از طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری، تعیین ارزش اراضی از نظر کشاورزی و آبیاری است. این طبقه‌بندی براساس راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری (نشریه فنی شماره ۲۰۵ مؤسسه تحقیقات خاک و آب) تهیه و در آن عواملی از قبیل قابلیت نفوذ، بافت خاک سطحی، میزان سنگریزه در خاک سطحی و تحتانی، میزان شوری و قلیائیت و نوع و عمق طبقه محدودکننده و همچنین عوارض طبیعی از قبیل شیب، پستی و بلندی، فرسایش، سیل‌گیری، سطح آب زیرزمینی و وضعیت زهکشی اراضی در نظر گرفته شده است. در این طبقه‌بندی، اراضی به شش کلاس تقسیم می‌شوند:

اراضی کلاس I قابل کشت و مرغوب برای آبیاری و کشاورزی.

اراضی کلاس II قابل کشت و مناسب برای آبیاری و کشاورزی که دارای اشکالات یا محدودیت‌های اندکی است.

اراضی کلاس III قابل کشت برای زراعت‌های آبی که دارای اشکالات و محدودیت‌های متوسطی است.

اراضی کلاس IV فقط در شرایط خاص قابل آبیاری است.

اراضی کلاس V قابلیت آبیاری این اراضی در حال حاضر تعیین نشده و برای آبیاری دارای اشکالات و محدودیت‌های زیادی است و احتیاج به مطالعات بیشتر و دقیق‌تری برای رفع اشکالات و تعیین قطعی درجه اراضی دارد.

اراضی کلاس VI اراضی غیر قابل کشت که به علت وجود اشکالات و محدودیت‌های بسیار زیاد در شرایط موجود قابل آبیاری و کشاورزی نیست.

به استثناء اراضی درجه I که دارای هیچ محدودیت زراعی نیست، بقیه کلاس‌ها بر حسب محدودیت‌هایی که دارند، به چند تحت کلاس تقسیم می‌شوند که علائم هر یک به شرح زیر است:

S معرف محدودیت خاک از نظر قابلیت نفوذ، بافت خاک سطحی، میزان سنگ‌ریزه خاک سطحی و زیرین و عمق مؤثر خاک.

A معرف محدودیت خاک از نظر شوری و قلیائیت.

T معرف محدودیت خاک و اراضی از نظر وضعیت پستی و بلندی، شیب، فرسایش آبی و بادی.

W معرف محدودیت خاک و اراضی از نظر آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی.

طبقه‌بندی اراضی در محدوده حوضه آبریز ارومیه

با استفاده از گزارش‌ها و نقشه‌های جمع‌آوری‌شده در مقیاس‌های اجمالی، نیمه تفصیلی و تفصیلی و رقومی
نمودن آنها مبادرت به پردازش اطلاعات طبقه‌بندی اراضی در محیط GIS گردید، سپس محدوده کلاس‌ها
و زیرکلاس‌ها با تصاویر ماهواره‌ای کنترل شد. در توضیح ضرورت تدوین این اطلاعات لازم است اشاره گردد که طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری ثقلی است. جهت تفسیر مطالعات خاک‌شناسی، که طی آن اراضی دارای درجات تناسب مختلف برای آبیاری تعیین می‌گردند، این درجه‌بندی بر پایه خصوصیات فیزیکی اراضی و تاثیر آنها بر تکنیک‌ها و مسائل اقتصاد آبیاری استوار است. بر این اساس هدف اصلی طبقه‌بدی اراضی، فراهم آوردن امکان ارزیابی کیفی استعداد آبیاری اراضی برای طراحان پروژه‌های آبی است، زیرا درجهبندی قابلیت آبیاری بر اساس درجهبندی محدودیتها و مشکلات اراضی و همچنین میزان محصول پیش‌بینی‌شده در هر یک از اراضی است. اطلاعات حاصل از طبقه‌بندی اراضی اساساً برای انتخاب اراضی به منظور آبیاری در شرایط فعلی است ولی می‌تواند به امکان توسعه شبکه آبیاری در شرایط آتی نیز کمک شایانی نماید. خصوصیات هر یک از کلاس‌های اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به شرح زیر است:

- ✓ **اراضی کلاس I** اراضی قابل کشت و مناسب برای آبیاری؛ مساحت این اراضی در کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه برابر ۶۶۹۲۰ هکتار معادل ۱/۴۲٪ است.
- ✓ **اراضی کلاس II** اراضی قابل کشت و مناسب برای آبیاری که دارای اشکالات و محدودیت‌های کمی است. این اراضی برای آبیاری مناسب بوده ولی به علت داشتن محدودیت‌های کم، ارزش زراعی و میزان بازدهی آن در شرایط مساوی کمتر از اراضی درجه I است. مساحت اراضی

کلاس II در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه برابر ۲۶۹۸۸۵ هکتار معادل ۵/۶۸٪ است. زیرکلاس‌های اراضی درجه دو به شرح زیر است:

IIA اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت. مساحت آن ۳۹۵۵ هکتار، معادل ۰/۰۸درصد کل اراضی

IIS اراضی با کمی محدودیت خاک. مساحت آن ۶۵۳۸۸ هکتار معادل ۱/۳۹ درصد کل اراضی

IIT اراضی با کمی محدودیت پستی و بلندی. مساحت آن ۴۹۲۹۲ هکتار معادل۱/۰۵ درصد کل اراضی

IIW اراضی با محدودیت کم سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی. مساحت آن ۲۲۵۶۸ هکتار، معادل ۰/۴۸ درصد کل اراضی.

IIAS اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت خاک. مساحت آن ۱۱۱۰۹ هکتار، معادل۰/۲۴ درصد کل اراضی

IIAT اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت و شیب و توپوگرافی. مساحت آن ۲۰۲۴ هکتار، معادل۰/۰۴ درصد کل اراضی.

IIAW اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی. مساحت آن ۱۰۶۹۷ هکتار، معادل۰/۲۳ درصد کل اراضی.

WSAII اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت، خاک و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی است. مساحت آن ۱۸۸۹ هکتار، معادل ۰/۰۴ درصد کل اراضی.

TSAII اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت، خاک و سطح آب زیرزمینی، توپوگرافی و شیب؛ مساحت آن ۳۸۳۸ هکتار، معادل ۰/۰۸ درصد کل اراضی.

WTAII اراضی با کمی محدودیت شوری و قلیاییت و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی و توپوگرافی و شیب؛ مساحت آن ۲۸۰ هکتار، معادل ۰/۰۱ درصد.

IIST اراضی با کمی محدودیت خاک، شیب و توپوگرافی؛ مساحت آن ۸۱۵۸۱ هکتار، معادل۱/۷۳ درصد کل اراضی.

IISW اراضی با کمی محدودیت خاک و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی؛ مساحت آن ۱۲۳۹۵ هکتار، معادل ۰/۲۶ درصد کل اراضی.

IITW اراضی با کمی محدودیت سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی، شیب و توپوگرافی؛ مساحت آن ۳۱۴۱ هکتار، معادل ۰/۰۷ درصد از کل اراضی.

IISTW اراضی با کمی محدودیت خاک و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی و توپوگرافی و شیب؛ مساحت آن ۱۴۱۳ هکتار، معادل ۰/۰۳ درصد از کل اراضی.

IIASTW اراضی با کمی محدودیت‌های شوری وقلیائیت، خاک، توپوگرافی و شیب و محدودیت‌های زهکشی (سطح آب زیرزمینی، هیدرومورفی، سیل‌گیری و ماندابی)؛ مساحت آن ۳۱۵ هکتار، معادل ۰/۰۱ درصد از کل اراضی.

- ✓ **اراضی کلاس III** اراضی قابل کشت و نسبتاً مناسب برای زراعت‌های آبی که دارای اشکالات و محدودیت‌های متوسطی است. قابلیت آبیاری این اراضی محدود و به علت داشتن یک یا چند عامل محدودکننده درآمد کلی در واحد سطح کمتر از اراضی درجه II است. مساحت اراضی کلاس III در کل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۲۶۳۵۲۶ هکتار معادل ۶/۵٪ است. زیرکلاس‌های اراضی درجه سه به شرح زیر است:

IIIA اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد شوری و قلیاییت. مساحت آن ۳۶۰۳۹ هکتار، معادل ۰/۷۶٪ کل اراضی.

IIIS اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد خاک. مساحت آن ۲۳۴۴۸ هکتار، معادل ۰/۵ درصد کل اراضی.

IIIT اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد توپوگرافی. مساحت آن ۷۸۳۸۱ هکتار، معادل ۱/۶۶ درصد کل اراضی.

IIIW اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی. مساحت آن ۷۱۸۳۷ هکتار، معادل ۱/۵۲ درصد کل اراضی.

IIIAS اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد جنس خاک، توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۴۴۱هکتار، معادل ۰/۰۱ درصد کل اراضی.

IIIAW اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی و شوری و قلیاییت. مساحت آن ۱۸۵۸۶ هکتار، معادل ۰/۳۹ درصد کل اراضی.

TAIII اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد شوری و قلیاییت و توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۳۳۶۰ هکتار، معادل ۰/۰۷ درصد کل اراضی.

TSAIII اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد شوری و قلیاییت، جنس خاک و توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۳۶۲ هکتار، معادل ۰/۰۱ درصد کل اراضی.

IIIATW اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی و شوری و قلیاییت، توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۱۱۲۴ هکتار، معادل ۰/۰۲ درصد کل اراضی.

IIIST اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد، جنس خاک و توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۲۶۸۳۱ هکتار، معادل ۰/۵۷ درصد کل اراضی.

IIISW اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیلگیری و ماندابی و جنس خاک. مساحت آن ۶۲۷ هکتار، معادل ۰/۰۱ درصد کل اراضی.

WTIII اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی، توپوگرافی و پستی و بلندی. مساحت آن ۱۱۵۰ هکتار، معادل ۰/۰۲ درصد کل اراضی.

WTSIII اراضی با محدودیت نسبتا زیاد توپوگرافی و پستی و بلندی و جنس خاک و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی. مساحت آن ۱۱۳۲ هکتار، معادل ۰/۰۲ درصد کل اراضی.

WSAIII اراضی با محدودیت نسبتاً زیاد شوری و قلیاییت، جنس خاک ومحدودیت‌های زهکشی، مساحت آن ۲۰۸ هکتار، معادل ۰/۰۰۴ درصد کل اراضی.

- ✓ **اراضی کلاس IV.** اراضی با قابلیت کشت محدود که برای زراعت‌های آبی دارای اشکالات و محدودیت‌های زیادی است. این اراضی فقط در شرایط خاص قابل آبیاری است. مساحت اراضی کلاس VI در کل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۸۳۶۹۶ هکتار معادل ۱/۸٪ است. زیرکلاس‌های اراضی درجه چهار به شرح زیر است:

SVI اراضی با محدودیت بسیار زیاد جنس خاک. مساحت آن ۳۳۷۷ هکتار، معادل ۰/۰۷ درصد کل اراضی.

TVI اراضی با محدودیت بسیار زیاد توپوگرافی. مساحت آن ۷۸۰۶۲ هکتار، معادل ۱/۶۶ درصد کل اراضی.

IVST اراضی با محدودیت بسیار زیاد جنس خاک، پستی و بلندی و توپوگرافی. مساحت آن ۱۵۰۴ هکتار، معادل ۰/۰۳ درصد کل اراضی.

IVTW اراضی با محدودیت بسیار زیاد توپوگرافی و محدودیتهای زهکشی. مساحت آن ۶۳ هکتار، معادل ۰/۰۰۱ درصد کل اراضی.

IVSTW اراضی با محدودیت بسیار زیاد جنس خاک، محدودیتهای مربوط به زهکشی، پستی و بلندی و توپوگرافی. مساحت آن ۷۹۱ هکتار، معادل ۰/۰۲ درصد کل اراضی.

اراضی کلاس V. اراضی با محدودیت نامشخص برای زراعتهای آبی که اصلاح آنها مستلزم به کارگیری تدابیر اصلاحی بسیار مهمی است. در شرایط حاضر، امکان احیاء این اراضی نامشخص است. مساحت اراضی کلاس V درکل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۶۲۳۰۸ هکتار معادل ۱/۳٪ است. زیرکلاس‌های اراضی درجه پنج به شرح زیر است:

AV اراضی با محدودیت بسیار زیاد شوری و قلیاییت که اصلاح آنها مستلزم تدابیر بسیار مهم است. مساحت آن ۴۸۶۶۵ هکتار، معادل ۱/۰۳ درصد کل اراضی.

WV اراضی با محدودیت بسیار زیاد سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی، که اصلاح آنها مستلزم تدابیر بسیار مهم است. مساحت آن ۸۸۹۲ هکتار، معادل ۰/۱۹ درصد کل اراضی.

WAV اراضی با محدودیت بسیار زیاد شوری و قلیاییت و سطح آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی، که اصلاح آنها مستلزم تدابیر بسیار مهم است. مساحت آن ۴۷۵۱ هکتار، معادل ۰/۱٪ کل اراضی.

- ✓ **اراضی کلاس VI.** اراضی غیر قابل کشت برای هر نوع زراعت آبی در شرایط حاضر است، به گونه‌ای که اصلاح محدودیت آنها در شرایط حاضر به لحاظ فنی یا اقتصادی مقدور نیست. مساحت اراضی کلاس VI در کل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۴۷۳۶۴ هکتار معادل ۰/۹۷٪ است. زیرکلاسهای اراضی درجه شش به شرح زیر است:

TIV اراضی با محدودیت شدید پستی و بلندی و توپوگرافی، مساحت آن ۱۶ هکتار، معادل ۰/۰۰۰۳درصد
کل اراضی.

AIV اراضی با محدودیت شدید شوری و قلیاییت، مساحت آن ۴۵۹۱۲ هکتار، معادل ۰/۹۷ درصد کل اراضی.

اراضی ترکیبی (Complex). زمین‌هایی که خصوصیات و عوامل محدودکننده بیش از یک کلاس طبقه‌بندی در آنها قابل مشاهده است، اما امکان تفکیک و مرزبندی مشخص بین کلاس‌های مذکور در این اراضی وجود ندارد. بر این اساس، در اراضی ترکیبی از علائم مربوط به عوامل محدودکنندهٔ خاک و اراضی به گونه‌ای نمود یافته که در آن خصوصیات کلاس‌ها و زیرکلاس‌های مرتبط قابل‌ملاحظه است. حالت‌های مختلف کلاس‌ها و زیرکلاس‌های این اراضی در کل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه مساحتی به وسعت ۱۷۵۰۵۴ هکتار معادل ۳/۸٪ را شامل می‌شود.

اراضی فاقد مطالعه. این اراضی شامل مناطقی است که فاقد مطالعات خاک‌شناسی و ارزیابی منابع بوده و در کل محدوده حوضه شامل مساحتی ۳۶۷۵۰۰۵ هکتاری معادل ۷۷/۹۶ درصد کل اراضی است.

اراضی متفرقه. تیپ‌های مختلف اراضی متفرقه در کل محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مساحتی به وسعت ۷۶۲۱۳ هکتار معادل ۱/۶ درصد را شامل می‌گردد.

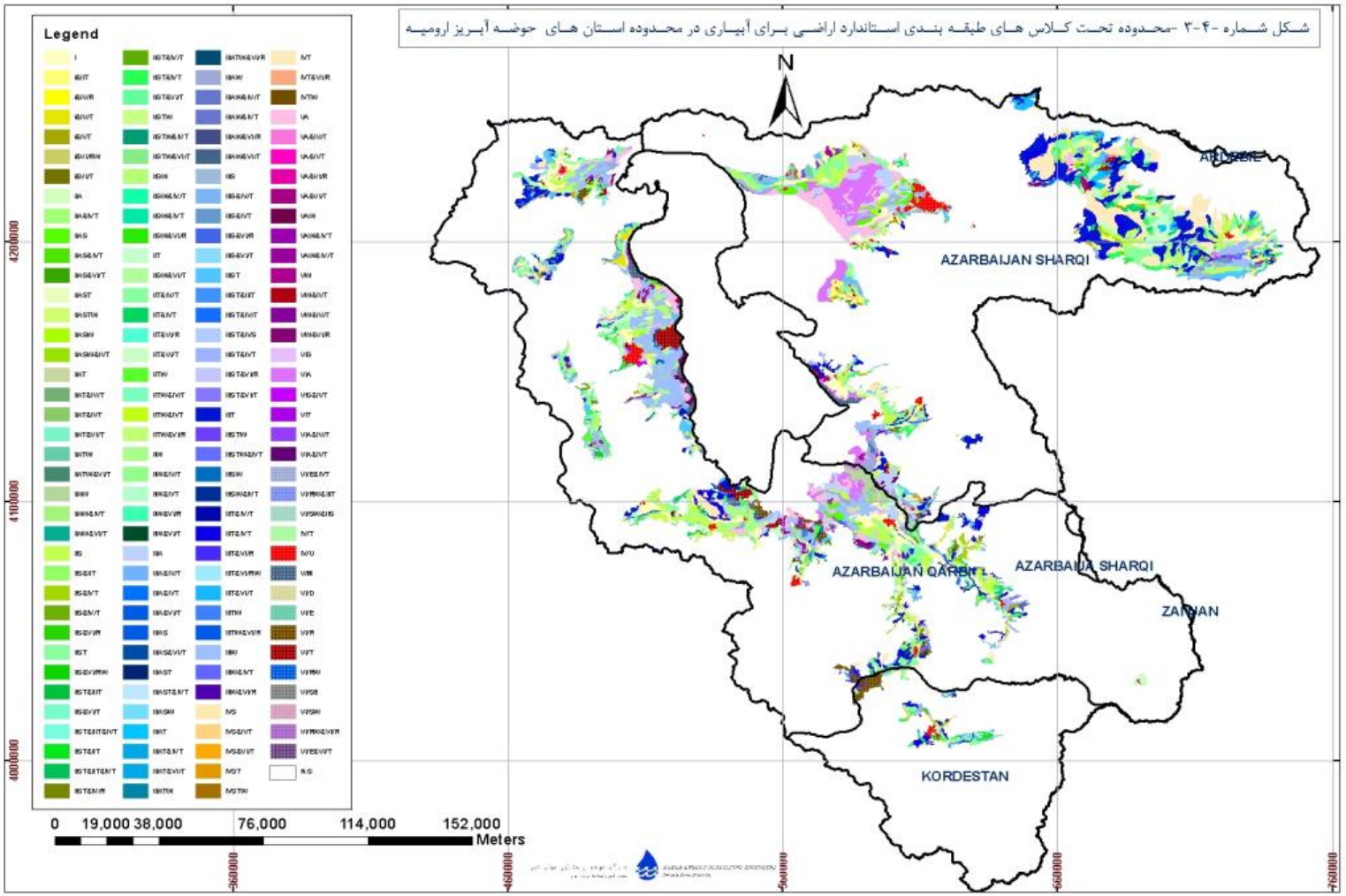
قابلیت استفاده از اراضی بر اساس راهنمای نقشه‌های ارزیابی

قابلیت استفاده از اراضی به طور کلی در دو مرحله شرایط فعلی و شرایط آتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. قابللیت استفاده از اراضی در حال حاضر به مفهوم ظرفیت اراضی برای انواع استفاده‌های اساسی از قبیل زراعت‌های آبی، مرتع، جنگل، تفرجگاه، حفاظت حوضه و غیره است که در شرایط فعلی و با توجه به محدودیت‌های مختلف عمق خاک، مقدار سنگ‌ریزه سطحی و عمقی، فرسایش، پستی و بلندی، شوری و قلیائیت و زهکشی تعیین می‌گردد. منظور از قابلیت استفاده از اراضی در شرایط آتی آن است که پس از رفع تمام یا قسمتی از محدودیت‌های اصلی که در شرایط فعلی وجود دارد اراضی و خاک‌ها باید برای چه نوع استفاده‌ای تخصیص یافته و در واقع برای چه نوع استفاده‌ای قابلیت دارند. محدودیت‌های موجود در حوضه مورد مطالعه را از نظر اصلاح‌پذیری به دو دسته تقسیم می‌کنند:

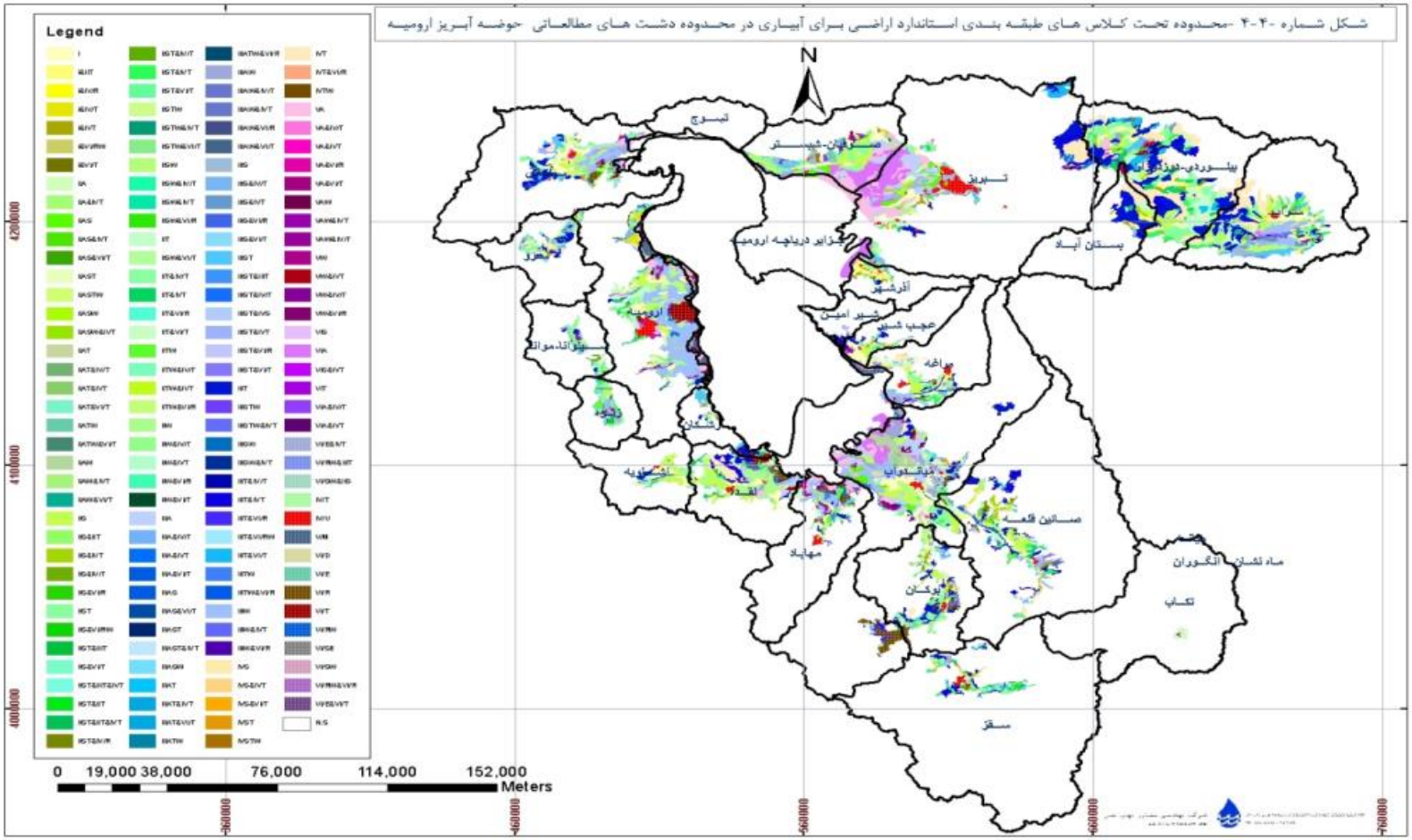
الف- محدودیت‌های غیر قابل اصلاح: عمدتاً شامل محدودیت‌های جنس خاک مثل بافت، سنگ‌ریزه عمقی و قلوه‌سنگ‌ها، تخته‌سنگ‌ها، کم بودن عمق خاک و آب و هوا است. این محدودیت‌ها یا کاملاً غیر قابل اصلاحند و یا اصلاح آنها مستلزم هزینه بسیار زیادی است.

ب- محدودیت‌های قابل اصلاح: شامل کمبود عناصر غذایی، توپوگرافی، فرسایش، سنگ‌ریزه سطحی، سیل‌گیری، شوری و قلیائیت است. محدودیت‌های فوق با صرف هزینه‌های کمتر قابل اصلاح است. در مورد محدودیت‌های غیر قابل اصلاح کلاس اراضی در شرایط فعلی و آتی تفاوتی نمی‌کند ولی در مورد محدودیت‌های قابل اصلاح کلاس اراضی معمولاً با توجه به میزان رفع محدودیت‌ها کاهش پیدا می‌کند.

شکل‌های ۶ و ۷ محدودهٔ زیرکلاس‌های طبقه‌بندی کاربری زمین‌ها برای آبیاری را در به ترتیب در استان‌ها و دشت‌های محدودهٔ حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نشان می‌دهد.



شکل ۶. محدودهٔ زیرکلاس‌های طبقه‌بندی کاربری زمین برای آبیاری در محدودهٔ استان‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه



شکل ۷. محدودهٔ زیرکلاس‌های طبقه‌بندی کاربری زمین برای آبیاری در محدودهٔ دشت‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

سطح اراضی قابل توسعه

قابلیت استفاده از اراضی برای زراعت آبی در شرایط آتی

الف) واحدهای اراضی ۴,۲، ۴,۹، ۴,۱۴، ۵,۲، ۵,۶، ۵,۸، ۵,۱۳، ۷,۱ و ۹,۸

واحدهای فوق دارای محدودیت‌های کمی از نظر کلاس‌های بافت خاک، پستی و بلندی، خطر سیل‌گیری، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، شوری در بعضی قسمت‌ها، نامناسب بودن وضعیت زهکشی و
فرسایش در بعضی قسمت‌ها هستند. لذا با انجام عملیات تسطیح در بعضی موارد، جمع‌آوری سنگ‌ریزه سطحی و احداث سیستم‌های زهکشی، آبشویی، کنترل سیلاب، احداث سیستم‌های آبرسان، احداث بادشکن و نیز به‌کار بردن اصول مدیریت صحیح دارای قابلیت نسبتاً خوب تا خوب و مناسب برای زراعت‌های آبی هستند. مساحت این واحدها برای زراعت آبی ۳۸۰۵۸۵ هکتار است. ضمناً با توجه به توسعه فناوری کشاورزی در رابطه با آبیاری تحت فشار موجب کسب فرصت‌های جدید و امکان دستیابی به منابع خاک در اراضی شیب‌دار گردیده است.

اکنون با توجه به امکان استفاده از فناوری‌های مدرن و ضرورت تأمین نیازهای جدید جامعه به فرآورده‌های کشاورزی، الزاماً تغییراتی در معیارهای طبقه‌بندی و درجه تناسب اراضی تشخیص داده شده که در مطالعات جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا با توجه به نشریه فنی ۲۰۵ تهیه شده برای آبیاری‌های تحت فشار بعضی از واحدهای بالا با انجام عملیات عمرانی کم از قبیل تسطیح اراضی، احداث سیستم آبرسانی و جمع‌آوری سنگ جهت توسعه طرح‌های آبیاری تحت فشار مناسب هستند که در مبحث پهنه‌های مناسب برای آبیاری تحت فشار ارائه شده است

قابلیت استفاده از اراضی برای دیمکاری در شرایط آتی

انجام عملیات بهبود وضعیت زراعت دیم در مورد محدودیت‌های قابل اصلاح در کاهش کلاس دیم این اراضی مؤثر خواهد بود. انجام عملیات به‌طور خلاصه عبارتند از:

- ✓ انجام عملیات به‌زراعی
- ✓ کشت روی خطوط تراز برای جلوگیری از فرسایش
- ✓ انجام شخم در جهت عمود بر شیب زمین

✓ جمع‌آوری سنگ‌ریزه سطحی

واحدهای اراضی دارای قابلیت دیم در شرایط آتی و پس از انجام عملیات اصلاحی عبارتند از:

واحد اراضی ۲,۲۰

با اجرای عملیات زراعی از قبیل عملیات فنی تسطیح ،کشت نواری وکنترل آبراهه‌ها قابلیت نسبتاً خوب برای دیمکاری هستند.

واحد اراضی ۳,۱

با اجرای عملیات زراعی از قبیل عملیات فنی حفاظت خاک و کنترل مسیل‌ها و جلوگیری از دیمکاری در
شیب‌ها دارای قابلیت متوسط تا نسبتاً مناسب برای دیمکاری در دامنه‌ها است.

واحد اراضی ۳,۷

با اجرای عملیات مدیریت زراعی از قبیل انجام عملیات فنی حفظ خاک احداث سیستم آبرسانی و کشت نواری دارای قابلیت مناسب برای دیمکاری خواهد بود.

واحد اراضی ۳,۲۹

با اجرای عملیات مدیریت زراعی از قبیل شخم روی خطوط تراز، کشت نواری دارای قابلیت نسبتاً خوب برای دیمکاری خواهد بود.

واحدهای اراضی ۹,۸، C6

با اجرای عملیات کنترل چرا، احیا و توسعه مراتع و جلوگیری از فرسایش و حفاظت خاک این واحدها دارای قابلیت کم تا نسبتاً مناسب برای دیمکاری است.

قابلیت استفاده از اراضی برای مرتع و چراگاه در شرایط آتی

با توجه به این که در مناطق دارای قابلیت مرتع در شرایط حاضر استفاده از مرتع توسط دام بیش از ظرفیت
چرای مرتع صورت می‌گیرد، لذا نابود شدن گونه‌های خوش‌خوراک و نیز عدم وجود فرصت مناسب جهت
رشد گیاهان را بدنبال خواهد داشت، به‌طوری که بعضی از ارقام مرتعی که فقط قدرت حفاظتی خاک

را دارند توسعه یافته، لذا گونه‌های خوش‌خوراک مرتعی تنها با اجرای رعایت اصول مرتعداری حفظ خواهند شد. عملیات حفظ مراتع عبارتند از:

- ✓ عملیات چرای احشام در فصول مخصوص بدون چرای مفرط (کنترل ظرفیت چرا)
- ✓ قرار دادن فرصت کافی برای رشد گیاهان در فصل رشد
- ✓ رعایت اصول مرتعداری، احیا و قرق و تکثیر گونه‌های خوش‌خوراک
- ✓ برطرف نمودن موانع رشد گیاهان مرتعی
- ✓ افزایش پوشش خاک جهت جلوگیری از فرسایش خاک

با توجه به این موارد کلاس‌های واحدهای اراضی برای مرتع پس از انجام عملیات اصلاحی عبارتند از

الف) واحدهای ۳,۲۹، ۳,۲۰، ۳,۷، ۳,۱، ۲,۲۳، ۲,۲۰، ۲,۳، ۱,۲۲، ۱,۱۹، ۱,۱۵، ۱,۸، ۱,۶، ۱,۴، C6، C2، ۹,۸، ۹,۱، ۸,۴، ۸,۱، ۷,۱، ۶,۲

پس از اجرای عملیات کنترل چرا، رعایت اصول مرتعداری و حفاظت خاک، حفاظت حوضه آبخیز، احیاء و توسعه مراتع و جلوگیری از فرسایش آبی، جلوگیری از شخم وکنترل آبراهه‌ها دارای قابلیت متوسط، نسبتاً خوب و خوب برای چرای تحت کنترل هستند.

قابلیت استفاده از اراضی برای باغات در شرایط آتی

واحدهای اراضی ۴,۲، ۴,۱۴، ۴,۹

پس از انجام عملیات تسطیح اراضی و احداث سیستم‌های آبرسانی و زهکشی، احداث سیل‌بند، اصلاح بافت خاک دارای قابلیت مناسب برای باغات است.

واحدهای اراضی ۵,۲، ۵,۸، ۸,۴

پس از انجام عملیات، تسطیح اراضی و احداث سیستم‌های آبرسانی و زهکشی، احداث سیل‌بند و بادشکن و جمع‌آوری سنگ‌ریزه در واریزه‌ها دارای قابلیت متوسط تا بسیار مناسب برای باغات و درختکاری است.

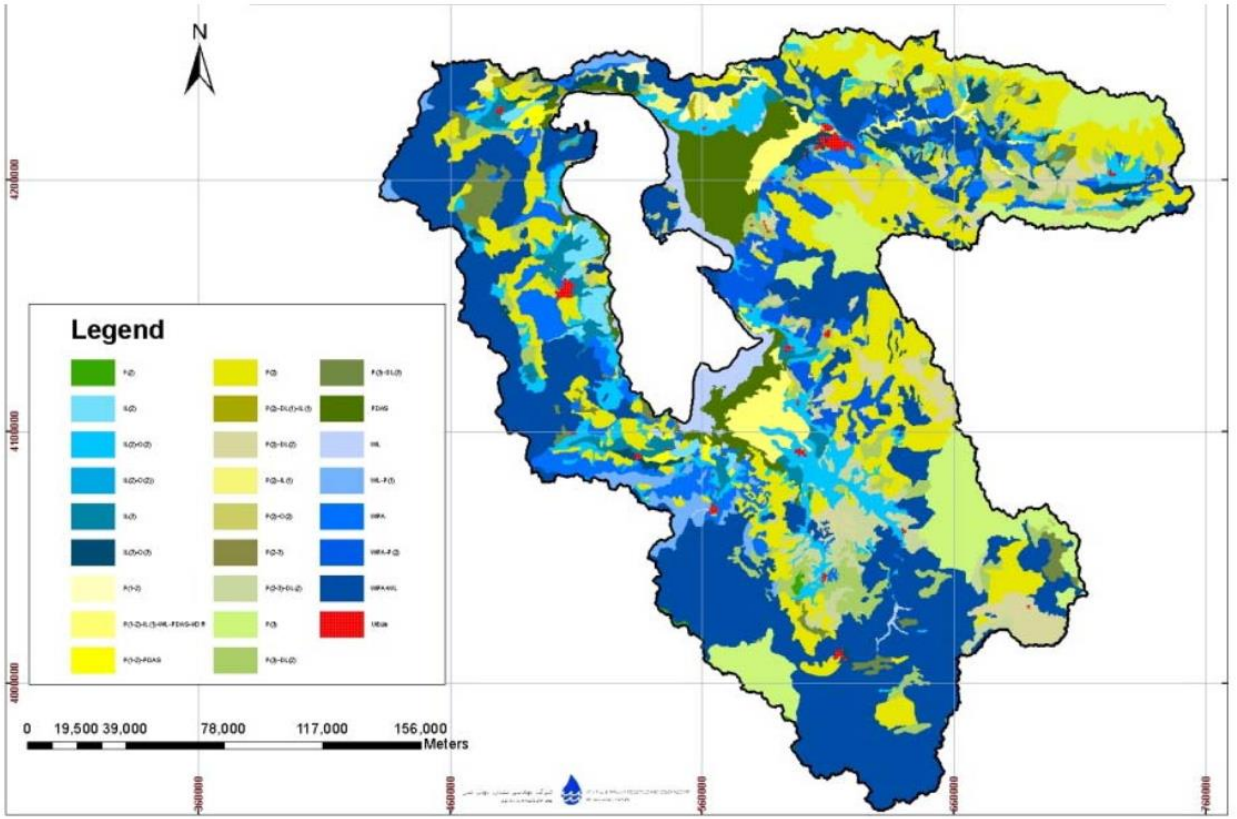
قابلیت استفاده از اراضی برای جنگل در شرایط آتی

کاربست یک سری اصول حفاظت از جنگل‌ها، از جمله احیاء جنگل‌ها و ممانعت از قطع درختان، جلوگیری از شخم و همچنین اجرای طرح‌های مختلف توسعهٔ جنگل در واحدهای اراضی ۱,۱۳ و ۲,۱۴ منطقه می‌تواند با هدف حفاظت جنگل‌ها و بهره‌برداری از آنها باشد.

جدول ۷. مساحت و درصد قابلیت اراضی در واحدها پس از انجام عملیات عمرانی و اصلاحی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

جمع کل	نوع پتانسیل											واحد اراضی
	مناطق مسکونی	درختکاری	نباتات مقاوم به شوری	استعداد اراضی پس از مطالعات تعیین می‌شود	اراضی بایر	زراعت دیم	زراعت آبی	تفرجگاه	جنگل	چرای تحت کنترل	پناهگاه وحوش	باغ میوه و قلمستان	منطقه حفاظتی آبخیزداری	
۹۱۷۹۸					۳۰۰۰								۹۱۷۹۸	۱.۱
۱۲۰۵۵۴۶										۱۲۰۵۵۵			۱۰۸۴۹۹۱	۱.۴
۶۸۱۳۴					۶۱۳۳۲					۶۸۰۲				۱.۶
۹۲۶۷۸					۷۴۱۴۲					۱۸۵۳۶				۱.۸
۴۴۹۹									۴۴۹۹					۱.۱۳
۱۴۱۰۶۰										۱۴۱۰۶۰				۱.۱۵
۱۳۹۷										۳۹۷			۱۰۰۰	۱.۱۹
۴۲۴۶۴۲										۴۲۴۶۴۲				۱.۲۲
۲۲۲۵۲													۲۲۲۵۲	۲.۱
۶۵۶۶۱۱										۶۵۶۶۱۱				۲.۳
۱۴۳۸۵۹													۱۴۳۸۵۹	۲.۷
۵۹۳۹۳													۵۹۳۹۳	۲.۹
۲۵۶۱									۲۵۶۱					۲.۱۴
۹۶۴۳۱						۹۶۴۳				۸۶۷۸۸				۲.۲۰
۱۵۱۷۲۸										۳۰۳۴۵			۱۲۱۳۸۳	۲.۲۳
۲۳۸۵۱۶						۲۳۸۵۲				۲۱۴۶۶۴				۳.۱
۸۲۳۱۸						۸۲۳۱				۷۴۰۸۷				۳.۷
۷۷۹۸										۷۷۹۸				۳.۲۰
۱۷۴۴۶۲						۸۷۲۳۱				۸۷۲۳۱				۳.۲۹
۲۴۹۴۲۶							۱۴۹۶۵۶					۹۹۷۷۰		۴.۲

جمع کل	نوع پتانسیل												واحد اراضی
	مناطق مسکونی	درختکاری	نباتات مقاوم به شوری	استعداد اراضی پس از مطالعات تعیین می‌شود	اراضی بایر	زراعت دیم	زراعت آبی	تفرجگاه	جنگل	چرای تحت کنترل	پناهگاه وحوش	باغ میوه و قلمستان	منطقه حفاظتی آبخیزداری	
۱۴۶۴۹							۱۱۷۱۸					۲۹۳۱		۴.۹
۷۴۵۴۶							۵۹۶۳۷					۱۴۹۰۹		۴.۱۴
۶۷۹۷۸							۵۷۷۸۱					۱۰۱۹۷		۵.۲
۴۸۲۹۳							۴۸۲۹۳							۵.۶
۲۹۸۶۳							۲۳۸۹۰					۵۹۷۳		۵.۸
۱۷۷۸۰							۱۷۷۸۰							۵.۱۳
۲۲۲۶۳			۱۵۵۸۵	۲۲۲۶						۴۴۵۲				۶.۲
۲۰۰۳۶۸				۲۰۰۳۶۸										۶.۵
۱۰۹۱۹۷				۱۰۹۲۰	۷۶۴۳۸		۱۰۹۱۹			۱۰۹۲۰				۷.۱
۳۱۱۹										۳۱۱۹				۸.۱
۴۰۴۵۱		۲۰۲۱								۳۶۴۰۹		۲۰۲۱		۸.۴
۶۶۳۶										۶۶۳۶				۹.۱
۶۰۵۱						۹۰۸	۹۰۸			۴۲۳۵				۹.۸
۱۱							۳			۸				C۲
۳۳۲۴۵						۳۲۲۵				۳۰۰۲۰				C۶
۲۱۰۰۲	۲۱۰۰۲													U
۱۸۷۱					۱۸۷۱									X۵
۳۶۰۸					۳۶۰۸									X۸
۹۵۰۷۵					۹۵۰۷۵									X۲۰
۴۷۱۱۱۱۵	۲۱۰۰۲	۲۰۲۱	۱۵۵۸۵	۲۱۳۵۱۴	۳۱۵۴۶۶	۱۳۳۰۹۰	۳۸۰۵۸۴۶		۷۰۶۰	۱۹۶۵۳۱۵		۱۳۵۸۰۱	۱۵۲۴۶۷۶	مجموع



شکل ۸. استعداد اراضی بر اساس قابلیت اراضی بر اساس مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی پس از عملیات عمرانی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

تعیین پهنه‌های مستعد جهت آبیاری تحت فشار

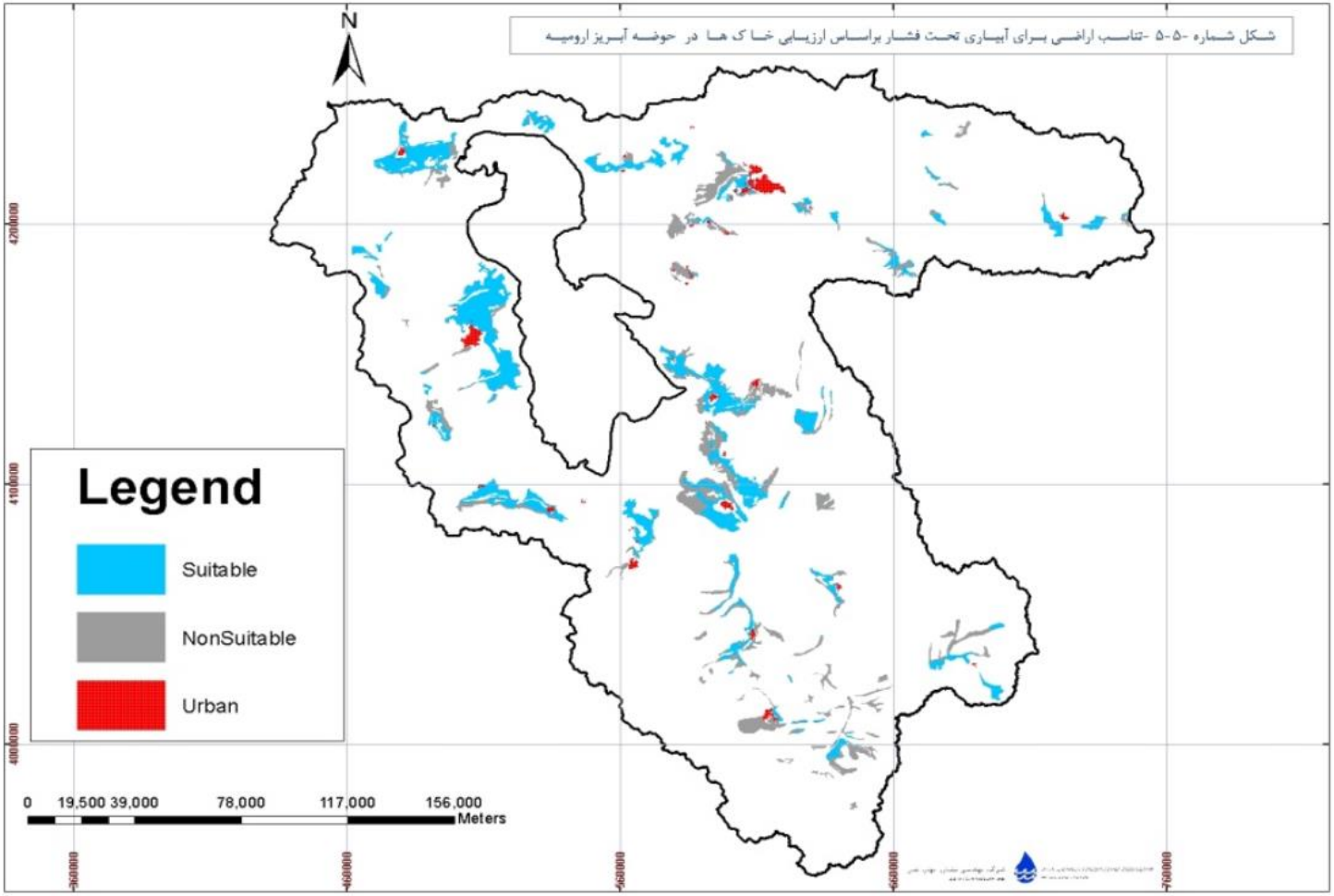
به منظور شناخت امکانات و محدودیت‌های توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار مطالعاتی در کل ایران توسط معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی تحت عنوان مطالعات امکان‌سنجی توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار و بر اساس مطالعات اقلیم، هواشناسی، منابع خاک و توپوگرافی، کشاورزی و آبیاری، اجتماعی و اقتصادی و... انجام شده است. پهنه‌های مساعد و مستعد جهت آبیاری تحت فشار بر اساس اطلاعات دریافتی از بایگانی مؤسسهٔ تحقیقات آب در حوضهٔ ارومیه تعیین و بر اساس واحدهای اراضی در استان‌ها و دشت‌های واقع در حوضهٔ مذکور در شکل ۹ و شکل ۱۰ نمایش داده شده است. همچنین مساحت پهنه‌های مستعد و غیرمستعد بر اساس واحدهای اراضی بر اساس کلاس‌ها و زیرکلاس‌های طبقه‌بندی اراضی در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. مساحت واحدهای اراضی در پهنه‌های آبیاری تحت فشار بر اساس اطلاعات مستخرج از نقشهٔ پهنه‌های مناسب و نامناسب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

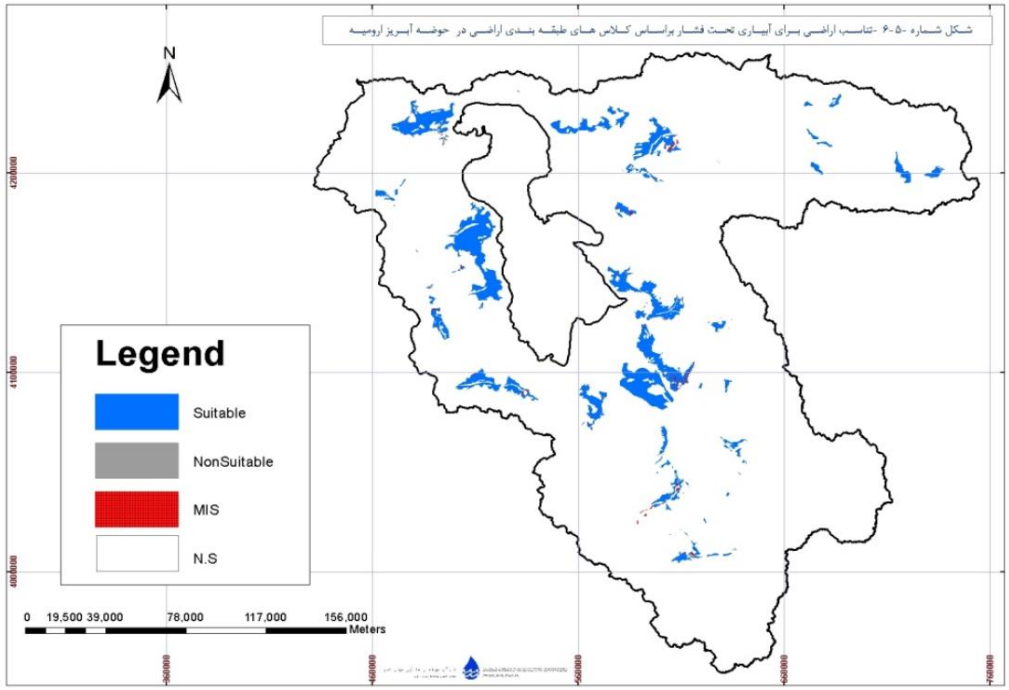
تیپ اراضی	واحد اراضی	آذربایجان شرقی(مساحت)		آذربایجان غربی(مساحت)		کردستان(مساحت)		مساحت
		مناسب	نامناسب	مناسب	نامناسب	مناسب	نامناسب	(هکتار)
کوهها	۱.۱		۴۶					۲۴۱۶۱
	۱.۴				۵۷۶۵		۱۷۵۶۱	
	۱.۶				۷۸۹			
	۱.۸							
	۱.۱۳							
	۱.۱۵							
	۱.۱۹							
	۱.۲۲							
تپه ها	۲.۱				۳۷۶			۵۱۶۰۳
	۲.۳		۱۳۷۴۳		۱۷۰۵۹		۹۱۸۷	
	۲.۷				۳۲۴۴			
	۲.۹		۶۱۰					
	۲.۱۴				۱۱۸			
	۲.۲۰		۴۲۶		۳۶۰۴		۳۳۸	
	۲.۲۳		۲۷۲۷		۱۷۱			
فلاتها و تراسهای فوقانی	۳.۱		۱۲۵۷۵		۶۳۷۵	۳۰۹۲		۳۲۹۶۰۶
	۳.۷	۳۹۸		۲۷۱۰		۱۱۴۹		
	۳.۲۰			۵۱				
	۳.۲۹	۱۱۸۲۰		۶۲۵۶				
دشتهای رسوبی	۴.۲	۳۶۱۰۶		۲۲۲۸۶		۱۳۲		۷۶۶۵۵
	۴.۹			۴۸۰۹				
	۴.۱۴	۱۲۵۱۱				۸۱۱		
دشت های آبرفتی رودخانه‌ای	۵.۲	۱۵		۳۸۹۰۹				۹۶۷۰۳
	۵.۶			۲۸۹۹۸				
	۵.۸	۲		۱۴۸۸۹		۱۰۱۰		
	۵.۱۳		۹۵۸۵	۳۲۹۵				
اراضی پست و شور	۶.۲	۱۹۰			۹۲۶۵			۱۱۹۲۹
	۶.۵		۳۰۳		۲۱۷۱			
دشت های سیلابی	۷.۱		۲۶۳۳۴		۱۱۷۰۲			۳۸۰۳۶
واریزه های بادبزنی شکل سنگریزه دار	۸.۱		۸۳۲					۶۵۸۷
	۸.۴	۳۸۲۴		۱۹۳۱				
آبرفت های بادبزنی شکل سنگریزه دار	۹.۱		۲۹۷					۷۸۰
	۹.۸	۲۵			۴۵۸			
اراضی مخلوط	C۲							۸۶
	C۶		۸۶					
اراضی متفرقه	IV/U		۱۲۲۹		۹۷۱		۵۶	۳۸۶۶
	X۵		۳					
	X۸						۱۱۵۲	
	X۲۰		۳۶		۴۱۹			
مناسب ونامناسب		۶۴۸۹۱	۶۸۸۳۲	۱۲۴۱۳۴	۶۲۴۸۷	۶۱۹۴	۲۸۲۹۴	۳۵۴۸۳۲
مجموع		۱۳۳۷۲۳		۱۸۶۶۲۱		۳۴۴۸۸		۳۵۴۸۳۲

جدول ۹. مساحت و درصد کلاس و زیرکلاس طبقه‌بندی اراضی در پهنه‌های تحت فشار حوضهٔ ارومیه

علائم کلاس و تحت کلاس		آذربایجان غربی		آذربایجان شرقی		کردستان		کل حوضه ارومیه			
کلاس	تحت کلاس	مناسب (هکتار)	نامناسب (هکتار)	مناسب (هکتار)	نامناسب (هکتار)	مناسب (هکتار)	نامناسب (هکتار)	مناسب (هکتار)	نامناسب (هکتار)	مناسب (درصد)	نامناسب (درصد)
I	I	۲۰۵۱۱	۰.۰	۱۰۸۸۹	۰.۰	۴۱	۰.۰	۳۱۴۴۱	۰	۰.۷۹	۰.۰۰
II	S	۱۶۵۲۲	۰.۰	۹۲۴۲	۰.۰	۷۲	۰.۰	۲۵۸۳۶	۰	۰.۶۵	۰.۰۰
	T	۵۵۱۱	۰.۰	۴۵۷۶	۰.۰	۶۹	۰.۰	۱۰۱۵۶	۰	۰.۲۶	۰.۰۰
	W	۷۱۲۱	۰.۰	۹۵۸	۰.۰		۰.۰	۸۰۷۹	۰	۰.۲۰	۰.۰۰
	A	۸۱۱	۰.۰	۱۰۷۷	۰.۰		۰.۰	۱۸۸۸	۰	۰.۰۵	۰.۰۰
	ST	۸۷۷۶	۰.۰	۸۶۷۳	۰.۰	۱۴۳۱	۰.۰	۱۸۸۸۰	۰	۰.۴۸	۰.۰۰
	SW	۷۵۵۵	۰.۰	۸۳۴	۰.۰		۰.۰	۸۳۸۹	۰	۰.۲۱	۰.۰۰
	AS	۱۰۷۱	۰.۰	۳۱۳۵	۰.۰		۰.۰	۴۲۰۶	۰	۰.۱۱	۰.۰۰
	TW	۱۵۵۵	۰.۰	۶۹	۰.۰		۰.۰	۱۶۲۴	۰	۰.۰۴	۰.۰۰
	AT	۶۳	۰.۰	۲۲۹	۰.۰		۰.۰	۲۹۲	۰	۰.۰۱	۰.۰۰
	AW	۳۲۴۱	۰.۰	۰	۰.۰		۰.۰	۳۲۴۱	۰	۰.۰۸	۰.۰۰
	AST	۱۵۱۹	۰.۰	۱۱۶۲	۰.۰		۰.۰	۲۶۸۱	۰	۰.۰۷	۰.۰۰
	ASW	۱۸۵	۰.۰	۱۶۰۴	۰.۰		۰.۰	۱۷۸۹	۰	۰.۰۵	۰.۰۰
	ATW	۲۸۱	۰.۰		۰.۰		۰.۰	۲۸۱	۰	۰.۰۱	۰.۰۰
	STW	۳۱۸	۰.۰	۰	۰.۰		۰.۰	۳۱۸	۰	۰.۰۱	۰.۰۰
III	S	۲۴۲۳	۰.۰	۳۸۴۱	۰.۰	۲۸۶	۰.۰	۶۵۵۰	۰	۰.۱۷	۰.۰۰
	T	۳۰۲۱	۰.۰	۶۶۶۰	۰.۰	۲۷۹	۰.۰	۹۹۶۰	۰	۰.۲۵	۰.۰۰
	A	۴۲۷۷	۰.۰	۱۱۰۶۴	۰.۰		۰.۰	۱۵۳۴۱	۰	۰.۳۹	۰.۰۰
	W	۳۹۹۸۰	۰.۰	۵۶۰۴	۰.۰		۰.۰	۴۵۵۸۴	۰	۱.۱۵	۰.۰۰
	AS	۲۷۱	۰.۰	۲۱	۰.۰		۰.۰	۲۹۲	۰	۰.۰۱	۰.۰۰
	ST	۱۵۷۲	۰.۰	۲۲۲۰	۰.۰	۴۰	۰.۰	۳۸۳۲	۰	۰.۱۰	۰.۰۰
	TW	۸۲۲	۰.۰	۰	۰.۰		۰.۰	۸۲۲	۰	۰.۰۲	۰.۰۰
	SW	۱۰۰	۰.۰	۰	۰.۰		۰.۰	۱۰۰	۰	۰.۰۰	۰.۰۰
	AW	۴۳۷۰	۰.۰	۷۰۰۲	۰.۰		۰.۰	۱۱۳۷۲	۰	۰.۲۹	۰.۰۰



شکل ۹. اراضی قابل آبیاری تحت فشار بر اساس ارزیابی خاک در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه



شکل ۱۰. اراضی قابل آبیاری تحت فشار بر اساس طبقه‌بندی اراضی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

راندمان آبیاری در برنامه توسعه

پیش‌بینی راندمان‌های آبیاری

راندمان کل آبیاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی جهت آبیاری سطحی در وضع کنونی معادل ۵۰-۴۰٪، آبیاری بارانی معادل ۷۰-۶۰٪ و در آبیاری قطره‌ای ۸۰-۷۰٪ مدنظر قرار گرفته است. راندمان کل آبیاری در شرایط توسعه برای شبکه‌های آبیاری دیریک، نازلو، شهرچای، باراندوز، حسنلو، چپرآباد و مهاباد به ترتیب ۶۰، ۵۰، ۵۰، ۴۰، ۴۰، ۴۰ و ۴۲ درصد در نظر گرفته شده است. راندمان آبیاری طرح سیمینه‌رود در آبیاری سطحی ۶۵٪، آبیاری بارانی ۷۳٪ و آبیاری قطره‌ای ۸۵٪ منظور شده است.

۵-۲ بررسی وضعیت کشاورزی حوضه در شرایط فعلی و میزان انطباق آن با شاخص‌های اگرولولوژیک

مصوبهٔ کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی به عنوان اصلیترین راه حل احیاء دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۵ توسط کارگروه ملی و برمبنای اصول علمی و منطبق بر شاخصهای توسعه پایدار آب و تعادل اکوسیستم تعیین شده است و به عنوان مسئولیت ذینفعان بخش کشاورزی برای تعادلبخشی منابع و مصارف آب و به عنوان اصلیترین راهکار پایدار احیا، تثبیت شرایط اکولوژیک دریاچه ارومیه، جلوگیری از خشکی آن از طریق تامین آب کافی از منابع داخلی حوضه بر مبنای شاخصهای توسعه پایدار است.

بر اساس مطالعات ستاد احیاء دریاچه ارومیه درسال ۱۳۹۵، کشاورزی با سطحی حدود ۵۰۰ هزار هکتار مهمترین منبع درآمد، معیشت و اشتغال در حوضه دریاچه ارومیه است که بخش بزرگی از آن (بیش از ۹۰٪) در قالب نظام خردهمالکی و روستایی مستقر است. بخش کشاورزی با سهم ۱۵درصدی از تولید ناخالص داخلی، سهم حدود۳۰درصدی در اشتغال داشته و ۸۹٪ از ۴۸۲۵ میلیون مترمکعب آب حوضه را مصرف میکند.

نظام بهرهبرداری دراین محدوده در اشکال متنوع ولی با اکثریت مبتنی برخردهمالکی در مزارعی باخصوصیات، شکل، ابعاد، مساحت و ساختار متفاوت و پیچیده، در معرض ریسک، با اکثریت بهرهبرداری روستایی با میانگین مالکیت زیر یک هکتار است. معیشتی ناپایدار با میانگین درآمدی متنوع محصولی سالانه حدود ۵۰ میلیون ریال در هکتار و مبتنی بر نظام روستایی گستردهشده در صدها روستا و آبادی، از ویژگیهای این محدوده است. ساختار موجود نظام بهرهبرداری در محدوده ارومیه، نظام نوع سوم، به معنای پیچیده، در معرض ریسک و متنوع، با مالکیت خصوصی فردی و شامل ترکیب متنوعی از محصولات زراعی یک تا چند ساله زراعی با پوشش سطح حدود ۷۰درصدی محصولات زراعی با اولویت کاشت گندم، جو، یونجه، چغندرقند و سطح ۳۰ درصدی محصولات باغی با ترکیبی با اولویت سیب و انگور است. الگوی زراعت آبی این محدوده عمدتاً گندم، جو، یونجه، چغندر قند و تا حدودی گوجهفرنگی و الگوی باغی عمدتاً شامل سیب و انگور است. پایین بودن بهرهوری و ناپایداری در توسعه کشاورزی، علاوه بر فشار بیشتر بر منابع آب موجب تهدید منابع طبیعی و تنوع زیستی شده و باعث خروج جمعیت شاغل از بخش کشاورزی در روستاها و فشار برای ورود به بخش عمومی و افزودن هزینه‌های دولت و پیامدهای اجتماعی حاصل از بیکاری و افزایش مهاجرت و خالی شدن روستاها شده است (مطالعات مشاور یکم در حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۵).

دانش اگرواکولوژی به ما آموخته است که ظرفیت تولید غذا در جهان بر اثر محدودیت زمین‌های مناسب و منابع آب جهت تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی مربوط به رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود. کمّی‌سازی ظرفیت تولید در واحد سطح مزارع فعلی جهت پژوهش، توسعه و سرمایه‌گذاری و نیز جهت کمک به کشاورزان منطقه در اتخاذ تصمیم‌های مناسب زراعی ضروری است. از بین بردن فاصله بین عملکرد موجود و پتانسیل عملکرد، یعنی عملکردی که می‌تواند با بهره‌گیری از بهترین ارقام سازگار با محیط و بهترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به دست آید (فاصله‌ای که خلأ عملکرد خوانده می‌شود)، راهکار کلیدی جهت غلبه بر چالش تامین امنیت غذایی پایدار است.

یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور به طور عام و در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به طور خاص، اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول است. شناخت محدودیت‌های عملکرد می‌تواند پژوهشگران را در تلاش برای کاهش خلأ عملکرد یاری دهد. خلأ عملکرد به عوامل مختلفی از جمله عوامل مرتبط با خاک، از قبیل بافت و ساختمان نامناسب خاک، کمبود و یا عدم توازن عناصر غذایی، شوری خاک، عوامل مرتبط با آب مانند کمبود رطوبت، شوری آب، مکانیزاسیون و نیز عوامل کاهندهٔ عملکرد (آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) نسبت داده شده است. بنابراین اعمال روش‌های مدیریتی مناسب که جهت رفع محدودیت‌های موجود عمل نموده و موجب نزدیک شدن عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل شود، می‌تواند در کاهش خلأ عملکرد نقش مثبتی داشته باشد.

کل اراضی کشاورزی حوضه ۵۱۱۹۲۶ هکتار اراضی است که از این میان ۹۵۱۴۲ هکتار در محدوده میاندوآب واقع گردیده است؛ بیشترین فشار بر منابع آبی و نیز خشک شدن دریاچه ارومیه در قسمت جنوبی آن و محدوده میاندوآب اتفاق افتاده است. در نتیجه وضعیت کشاورزی حوضه با تاکید بر محدوده میاندوآب در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد. ازکل اراضی آبی محدوده میاندوآب ۶۰۵۵۷ هکتار (۶۳/۵۸ ٪) به اراضی زراعی و ۳۴۶۸۵ هکتار (۳۶/۴۲ ٪) به اراضی باغی (باغ‌های میوه و درختان غیر مثمر) اختصاص دارد. از کل اراضی قابل کشت و کار در محدوده طرح، گندم و جو با مساحتی بالغ بر ۳۱۷۹۷ هکتار و اختصاص ۳۲/۵ درصد از کل راضی قابل کشت بیشترین سهم را داشته‌اند؛ یونجه، چغندر و گوجه‌فرنگی نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این ۵ محصول بیش از ۹۵٪ سطوح زیر کشت راضی زراعی آبی به خود اختصاص داده‌اند. در بین محصولات باغی نیز سیب با مساحتی بالغ بر ۱۶۲۵۱ هکتار و اختصاص ۱۶/۴۶٪ از کل اراضی بیشترین سهم را در ترکیب کشت داشته است. باغ‌های انگور نیز با مساحتی بالغ بر ۱۱۲۸۰ هکتار و سهم ترکیب کشت ۱۱/۴۳٪ در رتبه بعدی قرار دارد.

وسعت محدوده مطالعاتی میاندواب حدود ۴۳۶۳۸۳ هزار هکتار است که حدود ۱۳۶ هزار هکتار آن (۳۱٪) دارای مطالعات طبقه‌بندی اراضی است. در مباحث مدیریت منابع و مصارف آب لازم است تا محدوده مطالعاتی به زون‌هایی تقسیم شود تا بتوان ارزیابی‌ها و راهکارهای اصلاحی و مدیریتی را در محدوده‌های موردنظر تعریف کرد. محدوده مطالعاتی میاندواب با توجه به موقعیت دسترسی به منابع آب سطحی و زیرزمینی، تاسیسات آبیاری، واحدهای عمرانی شبکه آبیاری و زهکشی میاندواب، هیدرولوژی و تقسیم بندی‌های حوضه‌های آبریز رودخانه‌های دائمی و فصلی به دو زون اصلی تقسیم می‌شود: الف) زون‌های واقع در محدوده شبکه میاندواب (۸۸۹۵۶ هکتار)، و ب) زون‌های خارج از محدوده شبکه میاندواب (۳۴۷۴۲۷ هکتار). در جدول ۱۰ خلاصه پارامترهای اقلیمی در محدوده میاندوآب نشان داده شده است. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک سرد و نیمه‌خشک سرد و بر اساس طبقه‌بندی دومارتن در اقلیم نیمه خشک سرد قرار دارد. میزان بارندگی و توزیع زمانی آن در تولید محصولات زراعی و باغی و تامین نیاز آبی آنها نقشی تعیین‌کننده دارد. مقدار بارندگی سالانه محدوده مطالعاتی حدود ۲۵۴ میلیمتر است؛ عمده بارندگی در فصل زمستان صورت گرفته و ماه‌های مرداد، تیر و شهریور کمترین بارندگی را دارند.

درجه حرارت نیز یکی از پارامترهای مهم کشاورزی است. طول مدت رویش گیاه بر حسب دریافت درجه حرارت بالا و پائین، کوتاه‌تر یا طولانی‌تر می‌شود. جهت ظهور مراحل مختلف فیزیولوژیک گیاهان زراعی و انجام چرخهٔ کامل رویش گیاه، وقوع درجه حرارت با شدت معین و برای زمان معین ضروری است. نقش درجه حرارت در شکل‌گیری تقویم زراعی مناطق مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به پارامترهای درجه حرارت این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً ملایم است، به‌طوری که متوسط درجه حرارت سالانه در این منطقه ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد است. تعداد روزهای یخبندان به لحاظ تاثیر این پارامتر در رشد گیاهان زراعی و مراحل مختلف تولید و همچنین نقش مهمی که در تعیین ارقام گیاهان در رابطه با طول دوره رشد و محدودیت‌ها ایفا می‌کند همواره یکی از پارامترهای اقلیمی است که در تولید محصولات زراعی و باغی مورد توجه بوده و در تدوین الگوی کشت مد نظر قرار می‌گیرد. با توجه به داده‌های اقلیمی در ۶ ماه از سال احتمال یخبندان در منطقه وجود دارد و بیشترین روزهای یخبندان مربوط به دی‌ماه است. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به منظور تعیین آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی ضروری بوده و نقش مهمی را در تولید ایفا می‌کند. مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه ۱۱۴۲ میلی‌متر است که بیشترین میزان آن در تیر (۱۸۷/۲ میلی‌متر) و کمترین آن در دی (۲۲/۸ میلی‌متر) است.

جدول ۱۰. خلاصه میانگین پارامترهای اقلیمی در محدوده مطالعاتی میاندواب (۱۳۹۱).

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بارندگی (میلی‌متر)		۱۸/۳	۳۴/۹	۲۸/۸	۲۷/۹	۲۸/۶	۳۲/۶	۳۸/۷	۳۰/۷	۶/۸	۲/۲	۰/۸	۳/۸	۲۵۴
دما (°C)	حداکثر مطلق	۴۰	۲۷	۲۲	۲۰	۲۰	۲۶	۲۹	۳۲	۳۶/۵	۴۴	۴۰	۳۹	۴۴
	میانگین حداکثر	۲۴/۵	۱۷/۴	۱۰/۶	۶/۶	۶/۹	۱۱	۱۷/۲	۲۱/۸	۲۶/۸	۳۱/۳	۳۲/۵	۲۹/۷	۱۹/۷
	متوسط ماهانه	۱۴/۷	۹/۲	۳/۷	۰	۰	۳/۹	۹/۴	۱۳/۷	۱۸/۱	۲۱/۸	۲۲/۸	۱۹/۵	۱۱/۴
	میانگین حداقل	۴/۹	۰/۹	-۳/۳	-۶/۶	-۶/۹	-۳/۲	۱/۶	۵/۷	۹/۳	۱۲/۴	۱۳/۱	۹/۲	۳/۱
	حداقل مطلق	-۹/۵	-۱۴	-۱۷/۵	-۳۰	-۲۸	-۲۱	-۱۴	-۶/۵	-۴/۵	۲	۳	-۵	-۳۰
متوسط تعداد روزهای یخبندان		۰/۴	۷/۵	۱۹/۷	۲۴/۶	۲۳/۹	۱۶/۲	¾	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۹۷
ساعات آفتابی در روز		۷/۳	۵/۶	۴/۳	۴/۳	۵/۱	۶/۷	۷	۹/۵	۱۱/۲	۱۱/۸	۱۰/۸	۹/۲	۷/۸
سرعت باد (متر بر ثانیه)		۱/۷	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۲/۲	۲/۳	۲/۴	۲	۱/۸	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۸
تبخیر و تعرق (میلی‌متر)		۸۵/۵	۴۴/۴	۲۷	۲۲/۸	۳۱/۵	۵۴/۹	۹۱/۸	۱۲۰/۹	۱۶۴/۳	۱۸۷/۲	۱۷۶/۴	۱۳۵/۵	۱۱۴۲
میانگین رطوبت نسبی (٪)		۵۷	۶۸	۶۹	۷۰	۷۰	۶۵	۵۹	۶۱	۵۶	۵۵	۵۷	۵۶	۶۲

کل پتانسیل آب تجدیدپذیر حوضه مطالعاتی میاندواب ۷۰۲۴ میلیون متر مکعب است. از این میزان حدود ۴۸۲۵ میلیون متر مکعب برای مصارف مختلف برداشت می‌شود. بخش کشاورزی بیش از ۹۰٪ آب تجدیدپذیر را مصرف می‌کند که معادل ۴۲۹۱ میلیون متر مکعب است. مابقی ۵۳۴ میلیون متر مکعب به مصارف شرب، بهداشت و صنعت اختصاص دارد. ارزیابی منابع خاک با توجه به روش اصلی ارزیابی منابع اراضی بر اساس استاندارد موسسه خاک و آب (نشریه شماره ۲۰۵) حدود ۱۳۶ هزار هکتار از اراضی کل حوضه دارای مطالعات طبقه‌بندی اراضی است. بر اساس جدول ۱۱ حدود ۸۰٪ اراضی واقع در محدوده دارای مطالعات طبقه‌بندی اراضی در کلاس‌های I تا III واقع شده که از قابلیت مناسبی برای آبیاری و کشاورزی برخوردارند. در این طبقه‌بندی، اراضی به ۶ کلاس تقسیم می‌شوند: اراضی کلاس I تا III برای کشاورزی و آبیاری مناسب و اراضی کلاس IV در شرایط خاص قابل آبیاری و برای کشت گیاهان زراعی خاص مناسب است. اراضی کلاس V در حال حاضر غیر قابل آبیاری بوده و احتیاج به مطالعات اصلاح اراضی و زهکشی دارد. اراضی کلاس VI نیز به هیچ وجه قابل آبیاری قلمداد نمی‌شود.

جدول ۱۱. وسعت کلاس‌های خاک در هر یک از زون‌های محدوده مطالعاتی میاندواب (هکتار).

	کلاس اراضی						
	I	II	III	IV	V	VI	مجموع
وسعت (هکتار)	۱۱۵۱۷	۳۴۲۷۰	۵۳۹۳۶	۱۰۲۶۴	۱۱۷۹۶	۱۵۱۴۴	۱۳۶۹۲۸
درصد	۸/۴	۲۵	۳۹/۴	۷/۵	۸/۶	۱۱/۱	۱۰۰

از مجموع ۱۳۶۹۲۸ هکتار اراضی محدوده میاندواب که مورد ارزیابی قرار گرفته است بیش از صدهزار هکتار دارای کلاس I تا III بوده (حدود ۸۰٪) که قابلیت کشاورزی و آبیاری را دارند. این بدین معناست که اراضی کشاورزی با پتانسیل آبیاری با در نظر گرفتن کل محدوده بسیار بیش از این است، ولی به علت محدودیت منابع آب قابل دسترس تنها ۹۵۲۴۲ هکتار از اراضی کل محدوده میاندواب زیر کشت آبی است. این وضعیت برای کل حوضه صادق است. آنچه مسلم است با وجود منابع خاک و زمین مناسب برای کشت آبی، کمبود منابع آب اصلی‌ترین مانع برای کشاورزی و رسیدن به پتانسیل بهره‌وری منطقه است. از طرفی سطح کل زیر کشت آبی حوضه دریاچه ارومیه طی دهه‌های گذشته افزایش یافته است. مطابق گزارش‌های موجود سطح زیر کشت اراضی آبی حوضه از سال ۷۵ تا ۸۵ حدود ۱۴٪ افزایش داشته است. اما از اواسط دهه ۸۰ به دلیل پائین رفتن آب دریاچه ارومیه و پیامدهای مخرب محیط

زیستی، اقتصادی و اجتماعی روند کاهشی داشته است. جداول ۱۲ و ۱۳ سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی را در شهرستان‌های مراغه، ملکان و میاندوآب در بازه زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های این جداول، سطح زیر کشت عمده محصولات زراعی طی این سال‌ها در اکثر موارد روند کاهشی داشته است.

کل سطح زیر کشت محصولات زراعی از ۶۷۵۷۷ هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۵۸۴۴۲ هکتار در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است. در بین محصولات زراعی دانه‌های روغنی، پیاز، سبزیجات و جالیز با افزایش سطح زیر کشت همراه بوده‌اند. مهم‌ترین تغییر در الگوی کشت افزایش سطح زیر کشت جالیز از ۵۸۲ هکتار به ۱۴۳۸ هکتار بوده است که با توجه به مصرف آب بالای این محصولات حائز اهمیت است. در مقابل سطح زیر کشت اکثر محصولات باغی، به‌ویژه سیب که نیاز آبی بالایی دارند طی این مدت افزایش یافته است. سطح زیر کشت محصولات باغی از ۴۲۵۱۱ هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۵۵۱۴۱ هکتار در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. در واقع کشاورزان به نوعی به تغییر کاربری زمین از زراعت به باغداری روی آورده‌اند. در نتیجه حجم کل آب مصرفی افزایش و فشار بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی افزایش یافته است. آنچه که از روند سطح زیر کشت و داده‌های مربوط به بهره‌وری زمین و آب می‌توان استنباط کرد این که با حفظ سطح زیر کشت فعلی، افزایش راندمان مصرف آب چه به لحاظ تکنیکی و مولفه‌های زیرساختی و چه از لحاظ جنبه‌های اگرواکولوژیک، گزینه اصلی کاهش ۴۰ درصدی آب مصرفی با حفظ تولید است.

جدول ۱۲. سطح زیر کشت (هکتار) محصولات زراعی در مراغه، ملکان و میاندوآب طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۳

محصول	سال زراعی								
	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۷-۸۸	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲
گندم	۲۸۳۶۳	۲۸۷۱۷	۲۹۳۹۱	۲۰۰۹۰	۲۸۷۴۷	۲۶۳۲۰	۲۵۶۱۱	۲۴۷۲۶	۲۴۲۹۴
جو	۵۷۸۷	۳۷۹۰	۵۱۲۲	۴۰۳۰	۴۹۱۴	۵۵۸۷	۷۱۲۰	۶۳۲۳	۵۶۲۷
ذرت دانه‌ای	۴۱۰۳	۳۸۲۰	۳۳۷۵	۲۸۲۹	۲۶۷۶	۲۳۸۱	۲۰۱۷	۱۸۱۸	۱۳۶۸
حبوبات	۱۳۲	۲۲۴	۲۳۹	۴۷۸	۳۱۶	۱۵۲	۱۰۸۲	۲۳۴	۲۶۶
چغندرقند	۵۲۵۵	۶۴۶۲	۶۵۱۳	۲۰۸۶	۲۵۷۹	۷۵۷۳	۵۳۲۹	۵۴۰۶	۵۱۸۱
دانه‌های روغنی	۲۲	۱۷۹	۱۸۱	۲۱۷	۱۸۱	۱۳۲	۱۰۱۳	۱۵۶	۱۱۷
گوجه‌فرنگی	۱۵۸۴	۱۰۷۲	۱۳۵۳	۱۸۰۴	۱۰۳۶	۱۸۴۷	۲۳۶۰	۱۵۱۵	۱۳۹۹
پیاز	۱۲۸۱	۱۷۹۴	۱۵۷۷	۲۰۹۹	۱۲۷۷	۱۴۲۵	۱۳۸۳	۱۳۷۰	۱۳۹۶
سیب‌زمینی	۲۸۳	۱۵۶	۱۶۷	۴۷۸	۱۶۶	۲۱۳	۱۱۳	۱۱۴	۱۰۷
سایر سبزیجات	۳۲۰	۲۹۲	۱۹۹	۱۷۰	۴۳۹	۳۲۰	۱۹۰	۲۵۲	۵۰۶
یونجه	۱۹۵۸۰	۱۷۶۱۴	۱۸۲۴۲	۱۹۷۰۷	۲۰۳۵۸	۲۱۱۸۲	۲۱۰۶۸	۱۴۱۴۳	۱۶۴۳۳
سایر گیاهان علوفه‌ای	۲۴۶	۱۲۵	۳۹۴	۲۵۴	۲۸۶	۱۰۷	۳۰۶	۱۴۳	۱۳۰
جالیز	۵۸۲	۸۶۶	۱۰۸۹	۱۲۶۶	۱۰۳۹	۱۴۳۰	۹۴۱	۱۰۵۳	۱۴۳۸
سایر محصولات	۳۹	۳۹	۳۰	۳۸	۴۹	۴۱۸	۴۳۳	۷۸۶	۱۸۰
کل	۶۷۵۷۷	۶۵۱۵۰	۶۷۸۷۲	۵۵۵۴۶	۶۴۰۸۵	۶۹۰۸۷	۶۸۹۶۶	۵۸۰۳۹	۵۸۴۴۲

جدول ۱۳. سطح زیر کشت (هکتار) محصولات باغی در مراغه، ملکان و میاندوآب طی سال‌های ۹۳-۱۳۸۳

محصول	سال زراعی									
	۸۴-۸۳	۸۵-۸۴	۸۶-۸۵	۸۷-۸۶	۸۸-۸۷	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۹۱-۹۰	۹۲-۹۱	۹۳-۹۲
سیب	۱۰۰۳۵	۱۳۲۴۰	۱۳۷۱۲	۱۳۸۲۶	۱۴۲۳۴	۱۴۲۴۸	۱۴۸۹۳	۱۴۹۵۴	۱۴۵۸۹	۱۴۲۹۸
انگور	۱۳۷۴۴	۱۶۴۹۱	۱۶۴۴۳	۱۶۶۱۷	۱۷۳۲۴	۱۷۳۴۵	۱۷۳۱۶	۱۷۸۶۳	۱۷۳۳۵	۱۷۶۰۷
خشکبار	۴۹۱۶	۵۰۳۶	۵۰۴۱	۵۱۲۹	۵۱۸۵	۵۲۱۰	۵۱۶۹	۵۱۹۵	۵۰۱۶	۵۱۹۸
سایر میوه‌ها	۱۳۸۱۶	۱۶۵۱۲	۱۶۵۲۳	۱۶۶۴۰	۲۰۹۱۵	۱۷۳۶۸	۱۷۳۴۲	۱۷۸۸۵	۱۷۳۵۸	۱۸۰۳۸
کل	۴۲۵۱۱	۵۱۲۷۹	۵۱۷۱۹	۵۲۲۱۲	۵۷۶۵۸	۵۴۱۷۱	۵۴۷۲۰	۵۵۸۹۷	۵۴۲۹۸	۵۵۱۴۱

همان‌گونه که در جداول ۱۴ و ۱۵ مشاهده می‌شود دو محصول سیب و انگور تقریباً ۸۰٪ از سطح زیر کشت باغات را به خود اختصاص داده‌اند. آشکار است آب به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ عملکرد بیشترین تاثیر را در تولید منطقه دارد. از طرفی حفظ منابع آبی و حقابه دریاچه ارومیه ضامن سلامت اکوسیستم و جوامع اطراف آن است. مطابق استانداردهای جهانی حد مجاز استفاده از آب‌های تجدیدپذیر حداکثر ۴۰٪ است. به‌عبارتی بیشینهٔ مجاز استفاده از آب‌های تجدیدپذیر در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه ۲۸۱۰ میلیون متر مکعب است. در نتیجه با مصرف ۴۲۹۱ میلیون متر معکب آب در کشاورزی چیزی بالغ بر ۶۲٪ (۷۰٪ با احتساب آب مصرفی در حوزه‌های مختلف) از کل آب‌های تجدیدپذیر فقط در کشاورزی مصرف می‌شود. در محدودهٔ میاندوآب کل آب مصرفی در کشاورزی آبی (زراعت و باغ) ۱۰۸۷/۳ میلیون متر مکعب است؛ در واقع حدود ۲۵٪ آب مصرفی کل حوضه در این محدوده مصرف می‌شود. در بین گیاهان زراعی یونجه با مصرف ۱۶۴۴۴ متر مکعب آب در هکتار بالاترین مصرف را دارد. سیب، گردو و بادام نیز با مصرف آب بیش از ۱۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار بالاترین مصرف را در بین گیاهان باغی دارند.

نیاز آبی ناخالص گیاه یکی از پارامترهایی است که به شدت تحت تاثیر اقلیم، گیاه، خاک و روش آبیاری قرار دارد. با توجه به کارآیی ۳۹ درصدی آب در منطقه و نیاز آبی خالص گیاه، میزان نیاز آبی ناخالص محاسبه شده است. انچه که مسلم است در تمامی گیاهان زراعی و باغی مقدار آبی که برای آبیاری گیاهان مصرف می‌شود پائین‌تر از میزان نیاز آبی ناخالص است. در چنین شرایطی کم‌آبیاری در

منطقه به نوعی اعمال می‌شود. به عنوان مثال آب مصرفی گندم ۸۳٪ نیاز آبی ناخالص آن در منطقه است. میانگین کم‌آبیاری برای کل محصولات زراعی ۸۴٪ است. در خصوص محصولات باغی نیز وضع بر همین منوال است. نیاز آبی ناخالص سیب در منطقه ۱۶۳۶۱ متر مکعب است، ولی آب تخصیصی برای آبیاری ۱۴۲۰۸ متر مکعب است. میانگین کم‌آبیاری برای کل محصولات باغی نیز ۹۰٪ است.

در نتیجه بخشی از خلأ عملکرد محصولات در منطقه ناشی از کم‌آبیاری بوده و با جبران آن می‌توان به بهبود عملکرد امیدوار بود. از طرفی با کمبود آب برای کشاورزی در منطقه افزایش تخصیص آب به هیچ عنوان امکان‌پذیر نیست. برای صرفه‌جویی در مصرف آب در منطقه باید راهکارهای تلفیقی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه برای رسیدن به این هدف باید هر سه شاخص نیاز خالص و ناخالص را به نوعی کاهش داد. نیاز خالص آبی گیاهان را می‌توان با اعمال مدیریت‌های صحیح در مزرعه و کاهش تبخیر از سطح خاک تا حد زیادی کاهش داد. این عملیات شامل اعمال شخم حفاظتی و پوشش سطح خاک با بقایای گیاهی، تنظیم تاریخ کاشت به نحوی که در زمان گرم شدن هوا و حداکثر تبخیر بیشترین پوشش را داشته باشیم.

با کشت نشائی گیاهانی نظیر ذرت، چغندرقند و گیاهان جالیزی می‌توان تاحدود زیادی از تبخیر رطوبت از سطح خاک جلوگیری کرد. همچنین می‌توان با ارائه الگوی کشت جایگزین با معرفی گیاهان کم‌آب‌بر یا کم کردن سهم محصولات با نیاز آبی بالا، نظیر یونجه و محصولات جالیزی تا حد زیادی میزان آب خالص مصرفی در منطقه را کاهش داد. از طرفی به دلیل راندمان پائین آبیاری میزان آب ناخالص گیاهان زراعی بالا است. در حال حاضر نیاز آبی ناخالص در محدودهٔ میانداوب ۱۰۸۷/۳ میلیون متر مکعب است. با افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۰٪ این مقدار به ۹۹۸/۸ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت.

جدول ۱۴. شاخص‌های مربوط به عملکرد و بهره‌وری محصولات زراعی در محدودهٔ میاندواب.

	سطح زیر کشت (ha)	درصد	تولید (تن)	عملکرد ($kg.ha^{-1}$)	نیاز آبی خالص کل (میلیون متر مکعب)	نیاز آبی خالص ($m^3.ha^{-1}$)	نیاز آبی ناخالص ($m^3.ha^{-1}$)	کل آب مصرفی (میلیون متر مکعب)	آب مصرفی ($m^3.ha^{-1}$)	بهره وری آب ($kg.m^{-3}$)
گندم	۲۵۱۷۹	۲۵/۷	۸۴۸۰۳	۳۳۶۸	۸۰/۵	۳۲۰۰	۸۲۰۵	۱۷۱/۴	۶۸۰۷	۰/۴۹
جو	۶۶۱۸	۶/۸	۲۰۹۶۶	۳۱۶۸	۱۷/۲	۲۶۰۰	۶۶۶۷	۳۷/۸	۵۷۱۲	۰/۵۵
یونجه	۱۲۵۶۴	۱۲/۸	۱۱۱۲۹۳	۸۸۵۸	۹۵/۳	۷۶۰۰	۱۹۴۸۷	۲۰۶/۶	۱۶۴۴۴	۰/۵۴
چغندرقند	۶۲۶۹	۶/۴	۳۱۳۹۰۸	۵۰۰۷۳	۴۴/۵	۷۱۰۰	۱۸۲۰۵	۹۴/۶	۱۵۰۹۰	۳/۳
گوجه‌فرنگی	۲۷۶۰	۲/۸	۱۰۴۵۹۹	۳۷۸۹۸	۱۷/۹	۶۵۰۰	۱۶۶۶۶	۳۶/۹	۱۳۳۷۰	۲/۸
پیاز	۸۹۴	۰/۹	۴۰۷۱۱	۴۵۵۳۸	۶/۲	۶۹۰۰	۱۷۶۹۲	۱۳	۱۴۵۴۱	۳/۱
سبزی، صیفی و جالیز	۱۱۸۲	۱/۲	۲۲۰۹۲	۱۸۴۴۷	۴/۹	۴۲۰۰	۱۰۷۶۹	۱۰/۶	۸۹۶۸	۲/۱
ذرت دانه‌ای	۶۹۲	۰/۷	۵۶۴۸	۸۱۶۲	۳/۵	۵۰۵۸	۱۲۹۶۹	۸/۳	۱۱۹۹۴	۰/۶۸
ذرت علوفه‌ای	۱۶۰	۰/۲	۷۱۹۵	۴۴۹۶۹	۰/۶	۵۱۰۰	۱۳۰۷۷	۱/۲	۷۵۰۰	۵/۹
یونجه زیر درختی	۲۵۹۵	۲/۶	۱۷۶۰۲	۶۷۸۳	۱۸/۹	۷۲۸۳	۱۸۶۷۴	۴۲/۱	۱۶۲۲۴	۰/۴۲
آیش آبی	۳۴۵۰	۳/۵	–	–	–	–		–	–	
سایر	۹۴۹	۱	۲۳۰۹	۲۴۳۳	۴/۵	۴۷۴۲	۱۲۱۵۹	۹/۱	۹۵۸۹	۰/۲۵
کل	**۶۰۵۵۷**	**۶۴/۶**	**۸۹۷۸۲۶**	–	**۲۹۴/۱**	**۴۸۵۷**	**۱۲۴۵۳**	**۶۳۱/۷**	**۱۰۴۳۱**	

جدول ۱۵. شاخص‌های مربوط به عملکرد و بهره‌وری محصولات باغی در محدودهٔ میاندواب.

	سطح زیر کشت (ha)	درصد	تولید (تن)	عملکرد ($kg.ha^{-1}$)	نیاز آبی خالص کل (میلیون متر مکعب)	نیاز آبی خالص ($m^3.ha^{-1}$)	نیاز آبی ناخالص ($m^3.ha^{-1}$)	کل آب مصرفی (میلیون متر مکعب)	آب مصرفی ($m^3.ha^{-1}$)	بهره‌وری آب ($kg.m^{-3}$)
سیب	۱۶۲۵۱	۱۶/۵	۲۴۶۸۸۵	۱۵۱۹۲	۱۰۳/۷	۶۳۸۱	۱۶۳۶۱	۲۳۰/۹	۱۴۲۰۸	۱/۰۷
انگور	۱۱۲۸۰	۱۱/۵	۱۳۹۲۶۳	۱۲۳۴۶	۵۸/۳	۵۲۰۰	۱۳۳۳۳	۱۲۷	۱۱۲۵۹	۱/۱
هلو و شلیل	۱۵۶۷	۱/۶	۱۷۳۳۶	۱۱۰۶۳	۸/۳	۵۳۰۰	۱۳۵۸۹	۱۸/۷	۱۱۹۳۴	۰/۹۳
آلو و گوجه	۱۵۹۶	۱/۶	۱۷۸۶۹	۱۱۱۹۶	۸/۳	۵۲۰۰	۱۳۳۳۳	۱۸/۵	۱۱۵۹۱	۰/۹۷
زردآلو	۶۴۹	۰/۷	۷۵۷۱	۱۱۶۶۶	۳/۲	۵۰۰۰	۱۲۸۲۰	۷	۱۰۷۸۶	۱/۰۸
گردو	۱۰۱۷	۱	۱۸۷۸	۱۸۴۷	۶/۷	۶۵۸۸	۱۶۸۹۲	۱۵/۱	۱۴۸۴۸	۰/۱۲
بادام	۴۰۸	۰/۴	۶۹۸	۱۷۱۱	۲/۶	۶۳۷۲	۱۶۳۳۸	۵/۹	۱۴۴۶۱	۰/۱۲
سایر باغات میوه	۴۳۵	۰/۴	۲۶۳۳	۶۰۵۳	۲/۲	۵۰۵۷	۱۲۹۶۷	۴/۹	۱۱۲۶۴	۰/۵۴
درختان غیر مثمر	۱۴۸۲	۱/۵	۳۲۹۳۹	۲۲۲۲۶	۱۲	۸۱۰۰	۲۰۷۶۹	۲۷/۶	۱۸۶۲۳	۱/۱۹

۲-۶ آسیب‌شناسی (چالش‌ها، نقاط قوت و ضعف) سیستم فعلی کشاورزی حوضه از دیدگاه اصول و شاخص‌های اگرواکولوژیک

حوضه آبخیز دریاچه ارومیه در منطقه‌ای نیمه خشک با میانگین درجه حرارت سالانه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش و میزان تبخیر به ترتیب برابر ۳۴۱ و ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال واقع شده است. دریاچه ارومیه طی بیست سال اخیر با افت تقریبی ۸ متر آب مواجه بوده است. شهریور ماه ۱۳۹۴ دریاچه ارومیه به بدترین شرایط خود رسید و بخش جنوبی دریاچه به کلی خشک شد. طبق شاخص‌های سازمان ملل فقط حدود ۴۰٪ از منابع آب تجدیدپذیر باید مورد استفاده قرار گیرد. این میزان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برابر ۷۰٪ است؛ یعنی در این حوضه ۷۰٪ از کل آب‌های تجدیدپذیر استفاده می‌شود. مطابق استانداردهای جهانی کل منابع آب مجاز در حوضه برای برنامه‌ریزی و مصرف حدود ۳۱۶۰ میلیون متر مکعب است. در حال حاضر حدود ۴۸۲۵ میلیون متر مکعب از آب کل حوضه مورد استفاده قرار می‌گیرد که ۴۲۹۱ میلیون متر مکعب، یعنی حدود ۹۰٪ از کل آب مصرفی در این حوضه صرف فعالیت‌های کشاورزی می‌شود.

آسیب‌شناسی بخش کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه در جدول ۱۶ ارائه شده است؛ همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این جدول مهم‌ترین نقاط قوت و ضعف بخش کشاورزی حوضه (عوامل داخلی) و در مقابل عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) موثر بر آن گزارش شده است. از جمله نقاط ضعف اصلی بخش کشاورزی فقدان آمار و اطلاعات لازم در رابطه با کیفیت خاک و ارزیابی زمین، سیستم‌های آبیاری و زهکشی نامناسب، وجود الگو و ترکیب کشت نامتناسب، عدم تناسب نوع محصول و سهم زیر کشت با توجه به منابع موجود می باشند. در مقابل، وجود نیروی انسانی و جویای کار در منطقه، اراضی مستعد برای توسعه کشاورزی در برخی از زیر حوضه‌ها، پتانسیل تولید گیاهان جدید نظیر گیاهان دارویی، امکان کشت گیاهان کم‌آب‌بر در منطقه، دسترسی به ادوات کشت و نهاده‌های تولید و افزایش آگاهی‌های عمومی در رابطه با آب از جمله نقاط قوت این بخش محسوب می‌شوند.

جدول ۱۶. آسیب‌شناسی نظام کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با بهره‌گیری از رهیافت SWOT.

	مثبت	منفی
عوامل داخلی	نقاط قوت وجود نیروی انسانی و جویای کار در منطقه اراضی مستعد برای توسعه کشاورزی در برخی از زیر حوضه‌ها پتانسیل تولید گیاهان جدید نظیر گیاهان دارویی امکان کشت گیاهان کم‌آب‌بر در منطقه دسترسی به ادوات کشت و کار و نهاده های تولید	نقاط ضعف سواد پائین کشاورزان منطقه فقدان آمار و اطلاعات لازم در رابطه با کیفیت خاک و ارزیابی زمین سیستمهای آبیاری و زهکشی نامناسب وجود الگو و ترکیب کشت نامتناسب عدم تناسب نوع محصول و سهم زیر کشت با توجه به منابع موجود واحدهای اراضی نسبتاً کوچک فرسایش خاک و محدودیت عمق خاک شوری و قلیائیت خاک و وقوع سیلاب‌های فصلی مصرف کم یا نامنظم کودهای آلی
عوامل خارجی	فرصت‌ها شرایط اقلیمی مناسب وجود مراکز آموزش عالی متعدد و نیروی کار متخصص در منطقه دسترسی به منابع آب شیرین وجود شبکه‌های آبیاری و زهکشی مناسب بازار مناسب منطقه‌ای و کشوری برای تولیدات کشاورزی افزایش آگاهی‌های عمومی در رابطه با آب	تهدیدها نوسانات بازار خرید و فروش خشکسالی‌های پی در پی و پیامدهای تغییر اقلیم برداشت غیرمتعارف از منابع آبی راندمان پائین آبیاری در منطقه تقلیل کمّی و کیفی منابع آب و خاک و عدم تعادل در آبخوان‌ها عدم نظارت دقیق بر تقاضای آب کشاورزی افزایش وقوع آفات و بیماری‌ها منابع محدود کودهای دامی و کاهش آنها

بر اساس مطالعات موجود، وجود یک راهبرد ملی مدیریت منابع آب، شرایط اقلیمی مناسب، وجود مراکز آموزش عالی متعدد و نیروی کار متخصص در منطقه، بازار مناسب منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای برای تولیدات کشاورزی و افزایش آگاهی‌های عمومی در رابطه با آب از جمله مهم‌ترین فرصت‌های موجود این بخش است که می‌تواند در توسعه بخش مورد بهره‌برداری قرار گیرد. با این حال، نوسانات بازار خرید و فروش، خشکسالی‌های پی‌درپی و پیامدهای تغییر اقلیم، برداشت غیرمتعارف از منابع آبی، راندمان پائین آبیاری در منطقه، عدم نظارت دقیق بر تقاضای آب کشاورزی و قیمت‌گذاری آن و نیز افزایش وقوع آفات و بیماری‌ها تهدیدهای پیش‌روی این بخش در فرایند توسعه کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند.

با توجه به محدودیت شدید منابع آبی در منطقه و نیز نیاز انکارناپذیر بخش کشاورزی به منابع آبی موجود، ارزش آب را نه تنها با قیمت اقتصادی آب بلکه با توجه به قیمت اکولوژیک آن باید مورد محاسبه قرار گیرد. قیمت اکولوژیک آب با توجه به نقش آن در حفظ محیط زیست به خصوص محیط زیست مناطق در حال تجربه بحران، باید مورد محاسبه مجدد قرار بگیرد. با وجود این که باید مصرف آب به خصوص در بخش شرب و صنعت نیز مورد بازبینی و کاهش قرار گیرد، اما بخش کشاورزی که اصلی‌ترین بخش مصرف‌کننده آب در کشور و منطقه است باید مورد بازبینی قرار گرفته تا به کاهش مصرف آب کمک نماید. کاهش مصرف آب قادر خواهد بود روند احیای منابع آب‌های سطحی و زیرسطحی را موجب شود. آنچه که در تحقیقات اخیر نیز به وضوح مشخص شده است این است که افزایش سطح زیر کشت به حدی نبوده است که بتواند کاهش ۹۰ درصدی آب دریاچه اورمیه را تا شهریور ۹۴ رقم بزند. افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت در این حوضه اغلب در بخش‌های جنوبی حوضه، یعنی زیرحوضه‌های مربوط به رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود رخ داده است.

علاوه بر آن، از اواسط دهه ۸۰ نیز سطح زیر کشت روند نزولی به خود گرفته است. اما آنچه که واضح است بحران آبی در منطقه و افت ۸ متری تراز آب دریاچه اورمیه تنها بدلیل افزایش سطح زیر کشت نبوده است. اما علی رغم کاهش سطح زیرکشت در منطقه در دهه گذشته، مصرف آب همچنان افزایش داشته است. عامل اصلی این اتفاق تغییر الگوی کشت در جهتی نامناسب بوده که بدون درنظرگرفتن حقابه محیط زیستی دریاچه ارومیه، گیاهانی کشت شده که نیاز آبی بسیار بالائی داشته و نیز سطوح قابل توجهی از ترکیب کشت را به خود اختصاص دادند. با این حال و با وجود مشکلات اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی ناشی از افت تراز آب دریاچه ارومیه ارزش پایین اقتصادی آب همواره باقی است و تولیدات غالب منطقه نیز از نظر میزان و کیفیت از متوسط‌های جهانی فاصله زیادی دارند. در نتیجه نیاز به برنامه قیمت گذاری دقیق آب و نیز سطح زیر کشت و الگوی کشت بهینه به منظور کاهش مصرف آب بیش از هر زمان دیگری احساس می شود.

با توجه به چالش‌های بیان‌شده در توسعه فعالیت‌های کشاورزی در منطقه راهبردهای زیر به عنوان عوامل تاثیرگذار بر بیلان آب در منطقه برای کاهش مصرف آب و بهبود بهره‌وری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه پیشنهاد شده است:

- ✓ استقرار چارچوب حقوقی مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه
- ✓ قیمت‌گذاری آب با لحاظ نمودن قیمت اکولوژیک آن
- ✓ افزایش تعاملات بین ذینعفان و ابزارهای موجود

- ✓ افزایش آگاهی عمومی
- ✓ معرفی و افزایش مشارکت بخش خصوصی
- ✓ ارائه یارانهٔ دولتی برای توسعهٔ سامانه‌های آبیاری و زهکشی مدرن در منطقه
- ✓ یکپارچه‌سازی اراضی در دشت‌های حوضه به منظور کاهش تلفات آب و افزایش بهره‌وری
- ✓ تراس‌بندی و انتقال آب توسط شبکه‌های تحت فشار به منظور حفظ منابع آب و جلوگیری از فرسایش
- ✓ عملیات اصلاح اراضی و توسعه شبکه‌های زهکشی سطحی و عمقی اراضی دارای محدودیت شدید شوری و قلیائیت
- ✓ انجام مطالعات خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی، به شکلی که اراضی به همان اندازه که قبلیت دارند مورد بهره‌برداری قرار گیرند
- ✓ ارائه الگوی کشت بهینه و متناسب با منابع موجود در منطقه
- ✓ افزایش راندمان آبیاری با تکمیل شبکه فرعی آبیاری مدرن سطحی و تکمیل شبکه فرعی آبیاری تحت فشار
- ✓ ورود محصولات کم‌مصرف به الگوی کشت
- ✓ توسعهٔ کشت نشائی گوجه‌فرنگی، خیار، چغندر قند، ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای
- ✓ استفاده از خاکپوش در کشت گیاهان جالیزی و گوجه‌فرنگی
- ✓ کاهش سهم نیاز محصولات با نیاز آبی بالا نظیر یونجه، چغندر قند، سبزی و صیفی
- ✓ توسعه کشت گلخانه‌ای
- ✓ کاربرد گسترده کشاورزی حفاظتی با رعایت ملاحظات اگرواکولوژیک.

۷-۲ بررسی تناسب محصولات کشاورزی مورد کشت در منطقه با منابع کمیاب آب و خاک حوضه

در گذشته نیازهای غذایی افزایش جمعیت با گسترش زمین‌های کشاورزی تامین می‌شد. اما امروزه نه تنها فراهمی زمین‌های جدید محدود شده است، بلکه رشد لگام‌گسیختهٔ کشاورزی طی دهه‌های گذشته، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه موجب ناپایداری سیستم‌های تولید کشاورزی شده است. به عبارت دیگر روش‌های رایج در افزایش تولید با چالش‌های جدیدی روبرو شده‌اند. در نتیجه تعادل بین توسعه کشاورزی و افزایش تولید و حفاظت از محیط زیست به چالش بزرگی تبدیل شده است. به همین دلیل است که کاربری عقلانی برنامه‌ریزی زمین به منظور حفظ توازن بین نیازهای مختلف و اطمینان از تولید کشاورزی با تاکید بر حفظ محیط زیست و منابع طبیعی موجود بسیار حیاتی است.

تولید در حوضه دریاچه ارومیه نیز از این قائده مستثنی نیوده و بعد انتخاب نوع کاربری و در ادامه نسبت آنها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. کمبود منابع آب و خاک مناسب و کافی یکی از رین موانع توسعه کشاورزی در منطقه است. بنابراین، همانطور که تقاضا برای منابع آب و خاک افزایش می‌یابد ضروری است که این منابع محدود به طور کارآمدتری برای تولید کشاورزی و سایر مصارف مورد استفاده قرار گیرند. در نتیجه برقرای تناسب بین منابع موجود و تولید محصولات زراعی در الگوی کشت اهمیت ویژه‌ای دارد.

همان‌گونه که پیش‌تر عنوان گردید با ملاک قرار دادن یک شاخص یا مولفه خاص نمی‌توان پایداری و تناسب تولید در سیستم را قضاوت کرد؛ این به این معنی است که به عنوان مثال صرف ملاک قرار دادن بهره‌وری فیزیکی آب در تولید محصولات زراعی نمی‌توان مقبولیت و متناسب بودن آن محصول را در الگوی کشت منطقه مورد ارزیابی قرار داد. همان گونه که در جداول ۹ و ۱۰ اشاره شده است، محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی، چغندرقند، پیاز و جالیز بالاترین بهرهوری آب را دارند، در همین حال بیشترین آب در واحد سطح را نیز همین گیاهان زراعی مصرف میکنند. از طرفی، بهره‌وری گندم که بیشترین سطح زیر کشت را دارد تنها ۰/۴۹ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب است، در حالی که این شاخص در کشورهای توسعه‌یافته بیش از ۱ است. تاکید بر این شاخص بدون در نظر گرفتن بهره‌وری اقتصادی، اثرات محیط زیستی و اجتماعی آن نمی‌تواند ملاک معتبری برای قضاوت باشد. از طرف دیگر، محصولات در الگوی کشت منطقه سهم‌بری متفاوتی هم از نظر سطح زیر کشت و هم آب تخصیصی دارند. به عنوان مثال، گندم با سهم ۲۵/۷ درصدی از کل سطح زیر کشت در محدوده میاندوآب فقط ۱۵/۸٪ از کل آب مصرفی به آن تخصیص یافته است، در حالی که یونجه با ۱۲/۸٪ سطح زیر کشت

۱۹٪ کل آب مصرفی را به خود اختصاص داده است. به همین ترتیب، گیاهان پرمصرف، نظیر چغندرقند و گوجه‌فرنگی نیز به نسبت درصد ترکیب کشت سهم بیشتری از کل آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند.

آنچه مسلم است در الگوی کشت رایج منطقه دو مشکل اساسی وجود دارد: نخست، محصولاتی در الگوی کشت به چشم می‌خورد که تناسب اندکی با منابع آب، خاک و اقلیم موجود در منطقه دارند که باید با محصولاتی که بیشترین تناسب را با شرایط فعلی دارند جایگزین شوند. دوم، ترکیب کشت و سهم برخی از محصولات متناسب با منبع اصلی محدودکننده تولید یعنی آب نیست. در نتیجه برای حل مشکل منطقه صرفاً تاکید بر روش‌های پرهزینه و زمان‌بر نتیجه‌بخش نخواهد بود. هر چند بهبود سیستم‌های آبیاری و زهکشی در منطقه به جهت ارتقاء کارآیی مصرف آب نیازمند صرف هزینه‌های زیادی است، ولی یکی از محتمل‌ترین راه‌حل‌هایی که باید در مدیریت منابع آب حوضه مورد توجه قرار گیرد، ارائه سناریوهای مناسب الگوی کشت در منطقه است. در نتیجه الگوی پیشنهادی باید با توجه به بودجه آبی حوضه آبریز صورت گیرد. در ارئه الگوی کشت جایگزین صرفاً نباید نیازهای آبی گیاهان مختلف و مقدار آب موجود در حوضه را در نظر گرفت؛ در نتیجه نگاه تک‌بعدی به راه‌حل قادر نخواهد بود مسالهٔ آب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه را حل نماید.

در این راستا باید با در نظر گرفتن کل اکوسیستم منطقه و ظرفیت‌های موجود، مسائل اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی را نیز در طراحی‌های الگوی کشت منطقه لحاظ کرد. در نتیجه الگوی کشت پیشنهادی نباید تنها مصرف‌کنندهٔ آب کمتر باشد، بلکه در عین کم‌مصرف بودن باعث افزایش سطح در آمد اقتصادی کشاورز نیز شود. با معرفی گیاهان با صرفه اقتصادی بالاتر از محصولات درختی که نیاز آبی کمتری دارند (نظیر گیاهان دارویی) یکی از مولفه‌های تاثیرگذار در الگوی کشت پیشنهادی می‌تواند باشد. این موضوع در بخش‌های بعدی این گزارش به دقت مورد توجه قرار گرفته است و در گزارش پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه درخواهیم یافت که گیاهانی به عنوان مکمل یا جایگزین در الگوها و سامانه‌های کشاورزی منطقه پیشنهاد شده‌اند که علاوه بر برخورداری از کارایی مصرف آب (WUE)[1] بالا در سامانهٔ تولیدی آنها، بهره‌وری اقتصادی آب نیز افزایش یافته است و در حقیقت، استفادهٔ موثر از آب (EUW)[2] در این سامانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در نتایج پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه خواهیم دید که گیاهانی معرفی و توصیه شده‌اند که هم کارایی آب بالاتری دارند، هم استفاده موثر آب در آنها بالاتر است، هم بهره‌وری اقتصادی آب در سامانه‌های

1- Water Use Efficiency
2- Effective Use of Water

زراعی آنها ارتقا یافته است، و هم ملاحظات امنیت غذایی، اقتصادی- اجتماعی و محیطزیستی منطقه در آنها به شکل حداکثری مورد توجه قرار گرفته است.

۸-۲ اولویت‌بندی محصولات مختلف حوضه از دیدگاه بهره‌وری منابع آب و خاک

برای اولویت‌بندی کشت و بهره‌برداری از محصولات کشاورزی گوناگون در هر منطقه، از جمله حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه باید نسبت به این مساله آگاه باشیم که از آنجا که میزان آب مصرفی پایه و ردپای آب هر محصول تحت تأثیر اقلیم منطقه، میزان تولیدات، الگوی مصرفی، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب متغیر است، لذا نیاز به شاخصی است که بتوان با آن نیاز واقعی هر محصول را مورد ارزیابی قرار داد و سپس از چنین شاخص و معیارهایی برای اولویت‌بندی محصولات مختلف بهره گرفت. بر این اساس، یکی از جدیدترین شاخص‌ها در بحث مدیریت پایدار منابع آب، شاخص ردپای آب[1] است که توسط هواکسترا در سال ۲۰۰۲ معرفی شد. این شاخص نشان‌دهندهٔ مقدار مصرف آب و آثار آب مصرفی در تولید محصولات و ارائه خدمات بوده که از سه بخش تشکیل شده است: ۱- مصارف ناشی از آب‌های سطحی و زیرزمینی که مستقیماً به منظور آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (آب آبی[2])، ۲- آب مصرفی که به صورت رطوبت از بارش در پروفیل خاک ذخیره شده است (آب سبز[3])، و ۳- حجم آب شیرین که برای رفع آلودگی آب مورد نیاز است (آب خاکستری[4]) (هواکسترا و چاپاگین، ۲۰۰۷).

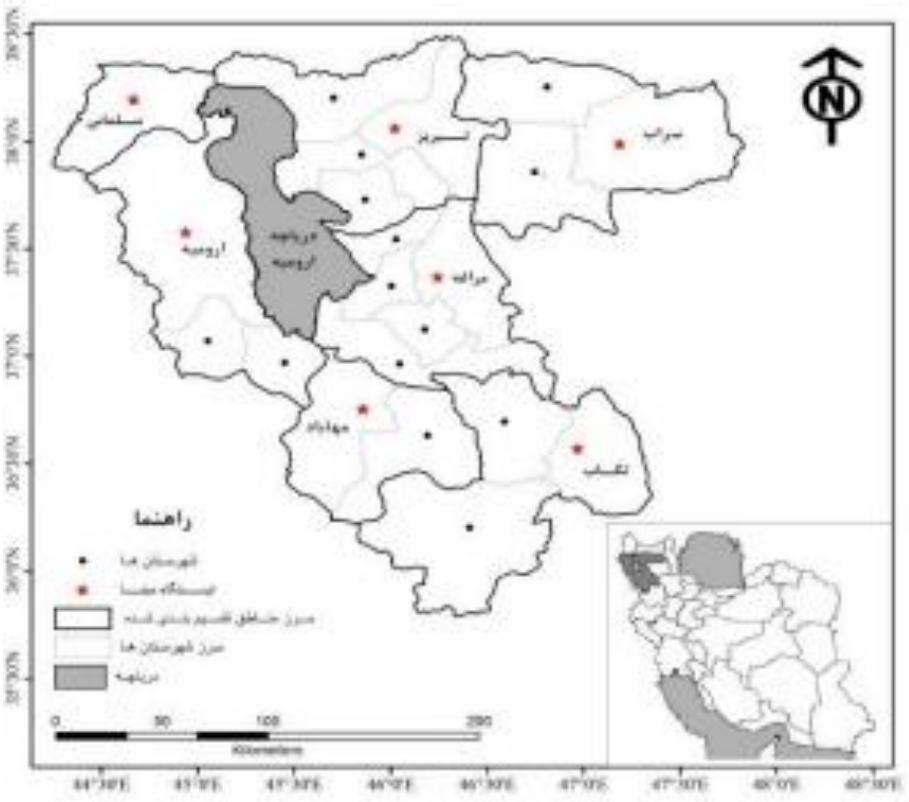
شاخص ردپای آب اطلاعات مفیدی را در ارتباط بین الگوی مصرفی افراد و به دنبال آن میزان آب مصرفی در انواع مختلف محصولات کشاورزی در راستای تولید محصولات مختلف، مبادلات جهانی و مدیریت منابع آب ارائه می‌دهد. این شاخص در سال‌های اخیر به طور گسترده‌ای توسط متخصصان در نقاط مختلف دنیا استفاده شده و پژوهشگران بسیاری میزان آب واقعی محصولات مختلف نظیر گندم، چای، برنج، پنبه، انگور، ذرت و سیب‌زمینی را بررسی و مطالعه کرده‌اند. بر اساس مطالعات هواکسترا و هانگ (۲۰۰۵) بیشترین سرانهٔ ردپای آب (حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در سال) برای کشورهای بلژیک و هلند و کمترین ردپای آب (حدود ۵۰۰ مترمکعب در سال) برای کشورهای چین، هند و اندونزی برآورد شده است. سرانهٔ ردپای آب ایران ۱۴۵۷ مترمکعب در سال، خودکفایی آبی کشور ۹۳/۶ ٪ و وابستگی به منابع آب خارجی ۶/۴ ٪ محاسبه شده است.

با توجه به قرارگیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهانی و همچنین پایین بودن سطح کاربرد فناوری در بخش کشاورزی، بالا بودن ردپای آب ملی نسبت به میانگین جهانی قابل پیش‌بینی بوده و رخداد شگفت‌انگیزی نیست. بنابراین، لزوم یکپارچهنگری، یافتن منابع جدید و استفاده از روشهای

1- water footprint
2- blue water
3- green water
4- grey water

مدیریتی مبتنی بر یکپارچه‌نگری راه‌هایی است که برای جلوگیری از بروز بحران در بخش آب پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر با ظهور شاخص ردپای آب که نمایشی از مجموع مصارف مستقیم و غیرمستقیم در بخش‌های مختلف جامعه است، دریچه‌ای برای انجام تحقیقات در راستای مدیریت نوین منابع آب با رویکرد یکپارچه باز شده است، زیرا این شاخص روش مناسبی برای ارزیابی ارتباط بین آب مورد استفاده و عملکرد محصول است. با این حال شاخص ردپای آب نمی‌تواند اطلاعاتی در مورد مدیریت آبیاری، کمبود آبیاری، بیش‌آبیاری و یا آب مورد نیاز محصول در حین فرآیند رشد را در اختیار بگذارد. بنابراین به منظور ارزیابی هرچه بهتر آب مصرفی در بخش کشاورزی، باید شاخص ردپای آب با شاخص‌های کارآتر در مدیریت آبیاری ترکیب و استفاده شود؛ به همین دلیل است که در تعیین و اولویت‌بندی محصولات مختلف برای کشت در هر منطقه‌ای، از جمله حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، شاخص‌های مربوط به آب، با همهٔ اهمیت بنیادین‌ی که دارند نمی‌توانند و نباید به تنهایی مورد استفاده قرار گیرند.

علیقلی‌نیا و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی ضمن محاسبه ردپای آب محصولات زراعی غالب کشت شده در اراضی حوضه دریاچه ارومیه به ارزیابی مشترک ردپای آب محصول و مدیریت آبیاری با استفاده از شاخص‌های کارآتر و جدید با هدف شناسایی نقش مدیریت آبیاری در مقدار واقعی آب مصرفی و ردپای آب و کمک به اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی و باغی گوناگون در این حوضهٔ آبریز پرداختند. در این مطالعه، جهت بررسی ردپای آب محصولات در قسمت‌های مختلف حوضه دریاچه ارومیه، کل حوضه به هفت منطقه تقسیم‌بندی شد (شکل ۱۱). تقسیم‌بندی مناطق بر اساس مختصات جغرافیایی، تقسیمات شهری، منابع آب موجود و محصولات تولیدی صورت گرفت. درنهایت برای هر منطقه یک ایستگاه به عنوان ایستگاه مبنا انتخاب شد. بدین‌ترتیب ایستگاه‌های سلماس، ارومیه، مهاباد، تکاب، تبریز، مراغه و سراب به عنوان ایستگاه‌های مبنا معرفی شد. در این تحقیق برای بررسی ردپای آب محصولات زراعی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پنج محصول عمده مورد کشت در حوضه، شامل گندم، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، یونجه و ذرت بررسی و ردپای آب آنها محاسبه شد. در این تحقیق از نرم‌افزار CropWat 8.0 برای محاسبهٔ تبخیر-تعرق و نیاز آبی گیاهان استفاده شد. داده‌های مورد نیاز جهت محاسبه تبخیر و تعرق شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، درصد رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد و بارندگی در مقیاس ماهانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه و پس از مرتب‌سازی به نرم‌افزار معرفی شد.



شکل ۱۱. تقسیم‌بندی حوضه و موقعیت ایستگاه‌های منتخب (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).

داده‌های مربوط به مشخصات گیاهی، شامل طول دوره رشد، ارتفاع گیاه، عملکرد محصولات، عمق ریشه و ضریب گیاهی از آمارنامه‌های کشاورزی، سند ملی کشور و آمارنامه‌های فائو استخراج و استفاده شد. شاخص تامین نسبی آب آبیاری (RIS)[1] مفهومی است که به منظور ارزیابی مدیریت آبیاری استفاده می‌گردد و نشان‌دهنده وضعیت آبیاری (تأمین آب) در مقابل نیاز آبی گیاه است. این شاخص در سال‌های اخیر به عنوان یک ابزار قدرتمند در ارزیابی مدیریت آبیاری در نقاط مختلف دنیا و در مناطق فاریاب و اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است و به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{RIS} = \frac{WAg}{10*(ETc-Pe)}$$

که در آن WAg (مترمکعب در هکتار) حجم آب آبیاری در مزرعه، ETc (میلی‌متر در سال) تبخیر و تعرق و Pe (میلی‌متر در سال) بارندگی موثر است. عدد ۱۰ نیز برای تبدیل عمق آب از میلی‌متر به

1- Relative Irrigation Supply

حجم آب در سطح است. هر چه مقدار شاخص RIS بزرگ‌تر از ۱ باشد نشان‌دهندهٔ آبیاری بی‌رویه و هر چه این نسبت کمتر از ۱ باشد نشان‌دهندهٔ کم‌آبیاری است.

متوسط ردپای آب گیاهان زراعی در سه جزء آب آبی (WFc blue)، آب سبز (WFc green) و آب آبی واقعی (WFA blue) و همچنین مقادیر شاخص RIS برای پنج محصول گندم، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، یونجه و ذرت برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول ۱۷). با وجود نزدیکی ایستگاه‌های مورد بررسی و مشابهت آب و هوایی و وضعیت اقلیمی، روند تغییرات نامنظمی در سری داده‌ها دیده می‌شود. با توجه به جدول ۱۲۵ بیشترین مقدار ردپای آب مربوط به محصول گندم در ایستگاه مراغه بوده که در آن مقدار ردپای آب آبی حدود ۱۷۸۰، ردپای آب سبز ۷۳۰ و ردپای آب آبی واقعی ۲۱۶۰ متر مکعب در تن بود. کمترین مقدار ردپای آب مربوط به ذرت در ایستگاه سراب بوده که مقادیر ردپای آب آبی، ردپای آب سبز و ردپای آب آبی واقعی به ترتیب ۱۰۰، ۲۰ و ۱۶۵ متر مکعب در تن بود.

در محصولات مورد بررسی، گندم و یونجه در مقابل چغندرقند، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه‌ای ردپای آب کل بیشتری دارند، لذا این محصولات (گندم و یونجه) برای تولید مقدار واحد، آب بیشتری مصرف می‌کنند، ضمن آن که تقریباً ۳۰٪ آب مصرفی این محصولات از آب سبز (رطوبت موجود در خاک، بدون آبیاری) تأمین شده است. دو جزء آب آبی و سبز نشان‌دهندهٔ مقدار آب مصرفی گیاه از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی ناشی از بارندگی است، لذا تغییر در میزان بارندگی می‌تواند به شدت مقادیر مربوط به هر دو جزء آب آبی و سبز را تحت تأثیر قرار دهد. جدول ۱۷ نشان می‌دهد در بخش غربی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (ایستگاه‌های ارومیه، سلماس، تکاب و مهاباد) از نظر آب سبز مناطق مساعدی برای کشت محصولات زراعی بوده و بخش شرقی حوضه (ایستگاه‌های تبریز، سراب و مراغه) دارای مقادیر آب آبی بیشتری است. بالا بودن میزان آب آبی مصرفی محصولات زراعی در شرق حوضه و استفاده بیشتر از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در دسترس در این مناطق، میزان کل ردپای آب محصولات زراعی را بیشتر نموده و این مناطق را از نظر کشت محصولات پرمصرف به عنوان مناطق نامساعد معرفی می‌شود.

جدول ۱۷. متوسط ردپای آب در ۳ جزء آب آبی (WFc blue)، آب سبز (WFc green) و آب آبی واقعی (WFA blue) و شاخص RIS در ایستگاه‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (علیقیلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).

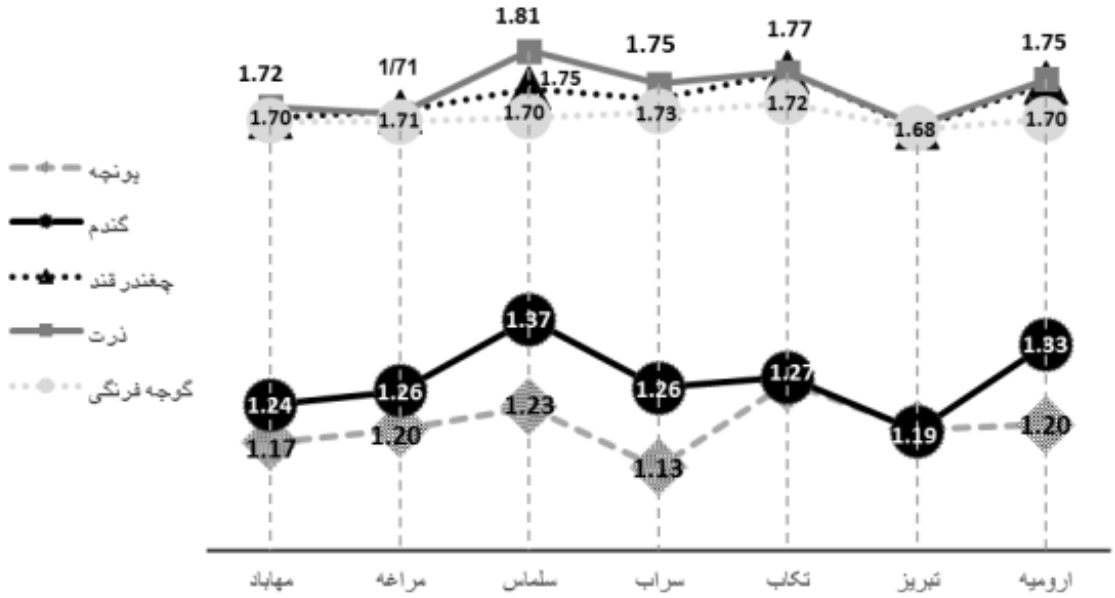
شهر	گندم				چغندرقند			
	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green
ارومیه	۱/۳	۱۲۱۸/۳۸	۹۴۷/۰۳	۹۸۵/۴۸	۱/۷۵	۲۵۰/۳۹	۱۵۵/۴۵	۳۴/۹۷
تبریز	۱/۱۹	۲۰۳۶/۷۹	۱۷۷۰/۹۰	۶۱۵/۲۳	۱/۶۸	۴۶۸/۷۶	۲۸۹/۳۰	۲۸/۶۷
تکاب	۱/۲۸	۱۱۳۱/۵۵	۹۲۵/۶۳	۹۶۹/۱۳	۱/۷۷	۲۶۳/۹۴	۱۶۰/۹۴	۲۸/۱۶
سراب	۱/۲۶	۱۸۹۲/۹۶	۱۵۵۳/۷۴	۶۹۳/۲۲	۱/۷۳	۳۳۰/۰۱	۲۰۰/۲۱	۴۳/۶۴
سلماس	۱/۳۷	۱۳۶۲/۳۵	۱۰۵۹/۴۱	۸۲۲/۰۶	۱/۷۵	۲۶۱/۲۵	۱۶۰/۳۷	۴۶/۰۸
مراغه	۱/۲۶	۲۱۵۹/۹۱	۱۷۷۹/۷۷	۷۲۹/۹۶	۱/۷۱	۴۸۰/۶۷	۲۹۴/۷۸	۲۹/۵۴
مهاباد	۱/۲۴	۱۶۱۰/۸۰	۱۳۵۰/۹۶	۸۲۲/۹۲	۱/۷	۲۷۳/۹۷	۱۶۸/۱۰	۲۵/۳۳

شهر	گوجه‌فرنگی				یونجه			
	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green
ارومیه	۱/۷	۳۲۸/۴۵	۲۰۴/۵۵	۵۴/۳۵	۱/۲	۸۷۹/۳۳	۷۹۱/۱۵	۴۴۷/۶۲
تبریز	۱/۶۸	۴۳۵/۱۰	۲۶۸/۳۶	۲۷/۳۷	۱/۲	۱۰۵۳/۱۴	۹۱۳/۵۱	۲۰۸/۵۵
تکاب	۱/۷۲	۳۴۷/۷۹	۲۱۲/۰۷	۴۵/۵۱	۱/۲۷	۹۳۴/۸۰	۷۹۲/۹۸	۴۱۰/۴۶
سراب	۱/۷۱	۳۰۳/۴۸	۱۸۴/۱۵	۴۳/۵۱	۱/۱۳	۷۷۷/۷۱	۷۲۰/۵۹	۲۵۷/۹۱
سلماس	۱/۷	۳۴۴/۱۶	۲۱۱/۲۰	۷۰/۲۷	۱/۲۳	۹۱۴/۸۱	۸۲۱/۵۵	۴۳۷/۲۹
مراغه	۱/۶۹	۴۴۱/۶۶	۲۷۰/۵۴	۳۰/۷۸	۱/۲	۱۰۸۶/۵۹	۹۴۳/۲۷	۲۲۶/۹۵
مهاباد	۱/۶۹	۳۷۲/۵۶	۲۲۸/۰۷	۳۶/۴۸	۱/۱۷	۱۰۷۹/۰۱	۹۵۵/۷۴	۳۶۹/۱۷

شهر	ذرت				متوسط حوضه			
	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green	RIS	WFA blue	WFc blue	WFc green
ارومیه	۱/۷۶	۲۲۳/۵۷	۱۳۸/۳۴	۲۶/۰۰	۱/۵۵	۵۸۰/۰۲	۴۴۷/۳۰	۳۰۹/۶۸
تبریز	۱/۶۹	۲۳۴/۱۰	۱۴۴/۱۹	۴۳۰۸۵	۱/۴۹	۸۴۵/۵۸	۶۷۷/۲۵	۱۷۸/۴۰
تکاب	۱/۷۷	۲۳۴/۹۴	۱۴۳/۰۳	۲۰/۵۰	۱/۵۶	۵۸۲/۶۰	۴۴۶/۹۳	۲۹۴/۷۵
سراب	۱/۷۵	۱۶۵/۲۸	۹۹/۸۶	۱۹/۷۵	۱/۵۲	۶۹۳/۸۹	۵۵۱/۷۱	۲۱۱/۶۱
سلماس	۱/۸۱	۲۳۶/۰۶	۱۴۴/۳۵	۳۶/۶۰	۱/۵۷	۶۲۳/۷۳	۴۷۹/۳۷	۲۸۲/۴۶
مراغه	۱/۷۱	۲۳۹/۹۳	۱۴۶/۹۸	۴۳۰۸۵	۱/۵۱	۸۸۱/۷۵	۶۸۷/۰۷	۲۰۵/۸۸
مهاباد	۱/۷۲	۲۴۳/۰۴	۱۴۸/۸۵	۱۹/۰۷	۱/۵	۷۱۵/۸۸	۵۷۰/۳۴	۲۵۴/۵۹

شاخص ردپای آب روش مناسبی برای ارزیابی ارتباط بین آب مورد استفاده و عملکرد محصول و در نتیجه اولویت‌بندی محصولاتی که می‌تواند و باید در یک منطقه کشت شود باشد؛ با این حال این شاخص نمی‌تواند اطلاعاتی را در مورد مدیریت آبیاری، کمبود آبیاری، بیش‌آبیاری و یا آب مورد نیاز محصول در حین فرآیند رشد در اختیار بگذارد. بنابراین به منظور ارزیابی هرچه بهتر وضعیت آبیاری و آب مصرفی در بخش کشاورزی، از شاخص تأمین نسبی آب آبیاری (RIS) برای محصولات مورد مطالعه استفاده شد. مقادیر مربوط به شاخص RIS برای محصولات مورد بررسی در همه ایستگاه‌ها بیشتر از ۱ محاسبه شد (جدول ۱۷) که نشان‌دهنده آبیاری بی‌رویه در تمامی محصولات است. جهت بررسی وضعیت کلی آبیاری در هر یک از ایستگاه‌ها، روند تغییرات شاخص RIS برای تمام محصولات مورد مطالعه در

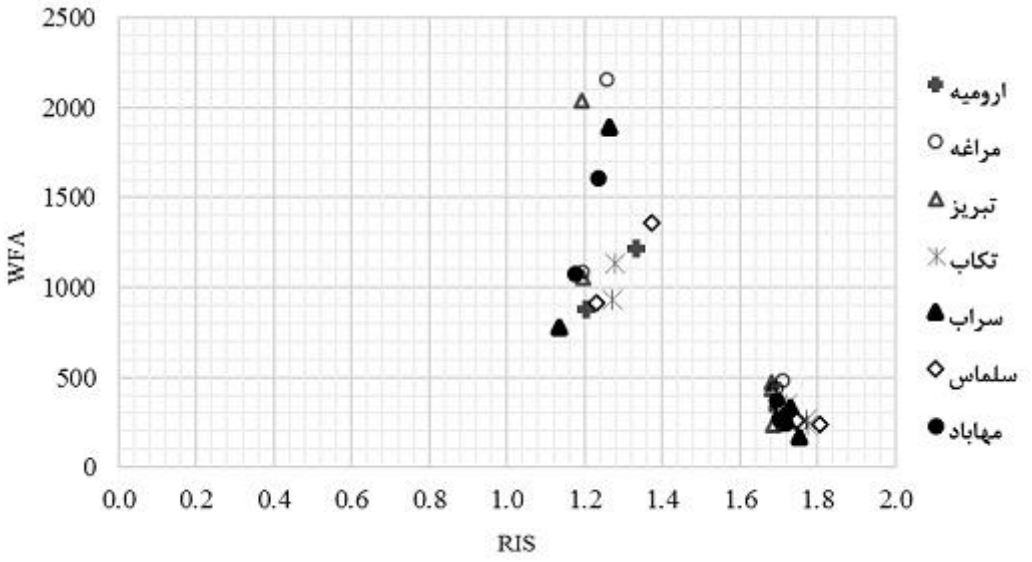
شکل ۱۲ ارائه شده است؛ این شکل نشان می‌دهد که یونجه و گندم، از نظر شاخص RIS مقادیری کمتری نسبت به سایر محصولات دارند که این به دلیل طولانی بودن دوره رشد و تأمین بیشتر آب ناشی از بارندگی بوده است. مقادیر شاخص نسبی تأمین آب آبیاری ایستگاه سراب نسبت به سایر ایستگاه‌ها مقدار کمتری را در محاسبات مکانی نشان می‌دهد، این در حالی است که مقدار این شاخص در ایستگاه سلماس برای تمامی محصولات بیشترین مقدار بوده که تفاوت مقادیر شاخص RIS بیانگر اختلاف در میزان بارندگی، سامانهٔ کشت و فناوری سامانهٔ آبیاری است.



شکل ۱۲. روند تغییرات RIS محصولات مورد بررسی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).

در تعیین شاخص بهره‌وری آب از تابع عملکرد استفاده می‌شود که این تابع رابطه بین محصول قابل‌فروش در مقابل آب مصرفی را نشان می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد تابع تولید به شکل سهمی بوده و عملکرد محصول در آغاز روندی صعودی داشته که شیب آن در ابتدا شدید و سپس ملایم شده و سرانجام در یک نقطه به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد و پس از آن روند نزولی ملایمی پیدا می‌کند (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). با افزایش آبیاری (بیش‌آبیاری) و یا کمبود آب آبیاری (کم‌آبیاری)، عملکرد محصول از مقدار نهایی خود کاهش می‌یابد، زیرا در شرایط کم‌آبیاری گیاه نمی‌تواند به طور عادی به تولید کامل خود ادامه دهد و با کاهش عملکرد جهت مقابله با خشکی روبه‌رو خواهد بود. اما با آبیاری، عملکرد به صورت یک تابع درجه دوم با افزایش آب زیاد می‌شود و این روند تا مرحله‌ای که آب داده شده به زمین مورد استفاده قرار گیرد و خاک از حالت ظرفیت زراعی خارج نشود ادامه می‌یابد. با

افزایش میزان رطوبت خاک، زمین به حال غرقابی در آمده و هوای موجود در خاک تخلیه می‌گردد که این امر در ابتدا سبب کاهش عملکرد گیاه و درنهایت با ادامه وضع موجود سبب خفگی ریشه و از بین رفتن گیاه می‌شود. بر همین اساس، علیقلی‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) با هدف ارزیابی وضعیت محصولات تولیدی از نظر آبیاری و آب مصرفی به‌ازای محصول تولیدی و عملکرد، نمودار شاخص RIS در مقابل تغییرات ردپای آب آبی گیاهان زراعی منتخب را تهیه کردند (شکل ۱۳)؛ بر اساس این تصویر مشخص است هر چه مقدار عددی شاخص RIS نزدیک به ۱ و کمتر از آن باشد، و در مقابل، ردپای آب محصول نیز رقم کمتری را به‌ازای محصول تولیدی نشان دهد، وضعیت گیاه زراعی مورد نظر مطلوب‌تر و بهینه خواهد بود.



شکل ۱۳. رابطه میان وضعیت آبیاری و ردپای آب محصولات مورد بررسی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).

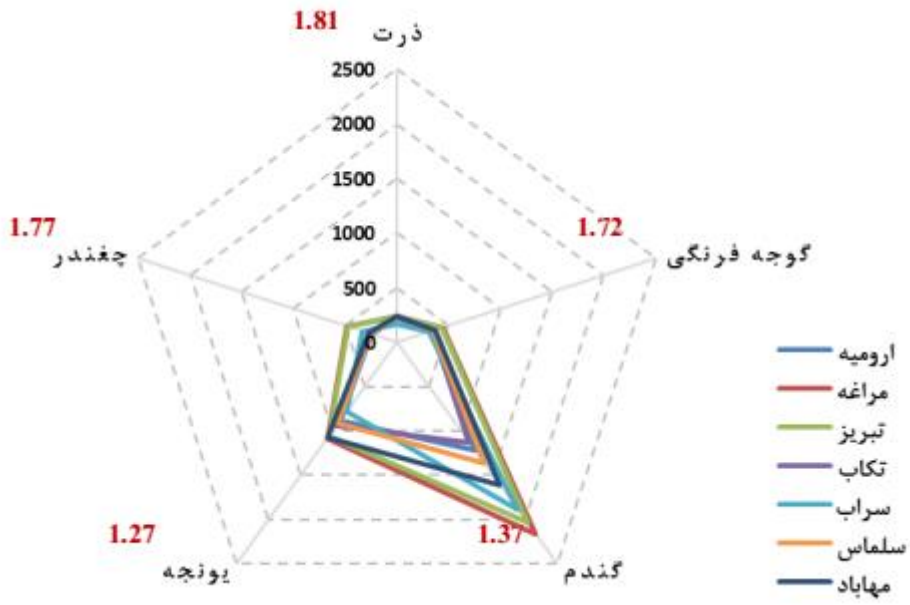
با توجه به شکل ۱۳، در محصولاتی که مقدار شاخص RIS بیشتر است (بیش‌آبیاری)، مقدار ردپای آب کمتر (عملکرد بیشتر به ازای آب مصرفی) و در محصولاتی که ردپای آب بیشتر (عملکرد کمتر نسبت به آب مصرفی) دارند، مقدار شاخص RIS کمتر (مصرف کمتر آب) و نزدیک به ۱ است.

بنابراین در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که وضعیت کشاورزی برای محصولات مورد بررسی در حوضه دریاچه ارومیه مطلوب نبوده و نیاز به بازنگری‌های اساسی در سیاست‌های کلان کشاورزی،

الگوی کشت، تجهیزات آبیاری و الگوی مصرفی مردم از محصولات کشاورزی با ردپای آب کمتر در این مناطق در جهت افزایش بهره‌وری محصولات و حفظ منابع آبی است.

به منظور ارزیابی کل محصولات، ردپای آب و شاخص RIS آنها به طور جداگانه برای تمامی ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۴)؛ در این شکل اعداد قرمز مقادیر شاخص RIS و اعداد سیاه مقادیر ردپای آب محصولات را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل با وجود مقادیر متفاوتی از ردپای آب و شاخص RIS، تغییرات هر یک از شاخص‌های ذکرشده در بین محصولات مورد بررسی روند مشخصی را در تمامی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. در بین محصولات مورد بررسی، گندم و یونجه بیشترین مقدار ردپای آب را دارند، در حالی که مقادیر شاخص RIS آنها کمتر از سایر گیاهان زراعی است. بالا بردن راندمان استفاده از آب در سیستم‌های آبیاری باعث کم شدن مقدار RIS، افزایش عملکرد و کاهش ردپای آب می‌شود که در نهایت تلفات آب در فرآیند تولید محصول و خارج ساختن آن از مناطق کم‌آب حوضه با صادرات محصولات گردد.

نتایج حاکی از نامطلوب بودن شرایط کشاورزی در منطقه است، به طوری که محصولات مورد بررسی که عمده محصولات مورد کشت در حوضه دریاچه ارومیه هستند، یا آب زیادی مصرف می‌نمایند و یا عملکرد کمتری نسبت به آب آبیاری دارند. در این زمینه توصیه می‌شود با برنامه‌ریزی‌های کلان و صحیح در بخش کشاورزی و تولید محصول، ضمن استفاده از پتانسیل‌های محیطی و اقلیمی منطقه به حفظ و ذخیره منابع ارزشمند آبی تلاش کرد. این نتایج ضمن تاکید بر بالا بودن تاثیر راندمان آبیاری در افزایش ردپای آب آبی محصولات، نشان‌دهندهٔ بالا بودن میزان آب آبی در دشت‌های شرقی حوضه و همچنین بالا بودن میزان آب سبز در دشت‌های غربی و جنوبی حوضه است. دلیل این تفاوت بیشتر بودن بارندگی در قسمت‌های غربی و جنوبی حوضه نسبت به قسمت‌های شرقی آن است. در بین محصولات مورد بررسی نیز گندم و یونجه بیشترین ردپای آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند که این به دلیل پایین بودن میزان عملکرد در واحد سطح این محصولات نسبت به سایر محصولات، مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی و ذرت است. مقادیر شاخص RIS نیز برای تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی وضعیت بیش‌آبیاری را نشان می‌دهد که به دلیل پایین بودن راندمان و تلفات شدید آب در حین آبیاری است.



شکل ۱۴. وضعیت ردپای آب و RIS محصولات مورد بررسی در ایستگاه‌های منتخب (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶)

جمع‌بندی نتایج حاکی از نامطلوب بودن شرایط کشاورزی در منطقه و ضرورت تجدید نظر در اولویت‌ها و الگوی کشت منطقه است، به طوری که محصولات مورد بررسی که عمده محصولات مورد کشت در حوضه دریاچه ارومیه است یا آب زیادی مصرف می‌کنند و یا بهره‌وری آب پایینی دارند. در این زمینه توصیه می‌شود با برنامه‌ریزی‌های کلان و صحیح در بخش کشاورزی و تولید محصولات ضمن استفاده از پتانسیل‌های محیطی و اقلیمی منطقه به حفظ و ذخیره منابع ارزشمند آبی تلاش نمود؛ علاوه بر این نتایج حاکی از ضرورت تدوین و طراحی الگوهای نوین اگرواکولوژیک در این منطقه با رویکرد کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی بهره‌وری بیولوژیکی، اقتصادی و اکولوژیکی آب در این حوضهٔ آبریز است.

۲-۹ بررسی روش‌های عملیاتی برای ارتقای بهره‌وری منابع آب و خاک کشاورزی با توجه به کاهش ۴۰ درصدی آب در دسترس، شامل روش‌های بهبود باروری زمین نظیر خاک‌ورزی حفاظتی، کشت بقولات در تناوب و اصلاح‌کننده‌های خاک به منظور کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در منطقه

از آنچه در بخش‌های پیشین ذکر شد مشخص است بهینه‌سازی مصرف منابع پایهٔ تولید، به ویژه آب و خاک در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه مستلزم ارتقای بهره‌وری این منابع است. نخستین نکته که در این مورد باید به آن اشاره داشت این است که ارتقای بهره‌وری منابع آب و خاک دو موضوع به‌هم‌پیوسته است، به این معنی که ارتقای بهره‌وری آب مستلزم اصلاح و بهبود فرایندها و روش‌های مدیریت خاک است و بهبود خاک نیز نیازمند اصلاح و ارتقای بهره‌وری آب است. به سخن دیگر، هم‌افزایی بهره‌وری این دو منبع پایهٔ تولید به شکلی است که اصلاح بهره‌وری هر یک از آنها به شکل مستقیم موجب بهبود بهره‌وری دیگری نیز می‌شود. مهم‌ترین روش‌های علمیاتی برای ارتقای بهره‌وری منابع آب و خاک در سامانه‌های کشاورزی در رهیافت‌های مبتنی بر دانش اگرواکولوژیک عبارت است از خاک‌ورزی حفاظتی، کاربرد بقولات و کودهای سبز و بهسازهای خاک، بهینه‌سازی مصرف آب و راهبردهای صرفه‌جویی آب (زیستی و مهندسی). این روش‌ها در این بخش به تفصیل، با تاکید بر شرایط سامانه‌های کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه مورد بررسی و واکاوی قرار می‌گیرد.

مدیریت خاک در اگرواکولوژی

در یک خاک مطلوب، تولید تنها وابسته به شرایط اقلیمی و توان ژنتیکی گیاه زراعی خواهد بود، در حالی که در یک خاک نامطلوب، شرایط خاک نیز بر تولید اثر خواهد گذاشت و آن را محدود خواهد. مدیریت خاک در اگرواکولوژی به دنبال رسیدن به اهداف زیر است:

- ✓ به حداقل رساندن فرسایش خاک از طریق شخم حفاظتی و افزایش پوشش خاک با خاکپوش، بقایای گیاهی و کود سبز،
- ✓ حفظ مواد آلی خاک از طریق نگهداشت کربن و نیتروژن با کاستن از شخم، بازیافت مواد گیاهی و دامی، افزایش تنوع گیاهی به شکلی که ورودی کربن از خروجی آن بیشتر شود،

- ✓ موازنه بین تولید محصول و سلامت زیست‌محیطی از طریق مدیریت تلفیقی، هم‌زمانی بین کاربرد کود شیمیایی و جذب توسط گیاهان زراعی، و
- ✓ اتکای کمتر به منابع انرژی تجدید ناپذیر نظیر سوخت‌های فسیلی و مواد شیمیایی و تاکید بر منابع و روش‌های تجدیدپذیر نظیر کود دامی، بقولات و تناوب زراعی.

خاک‌ورزی حفاظتی

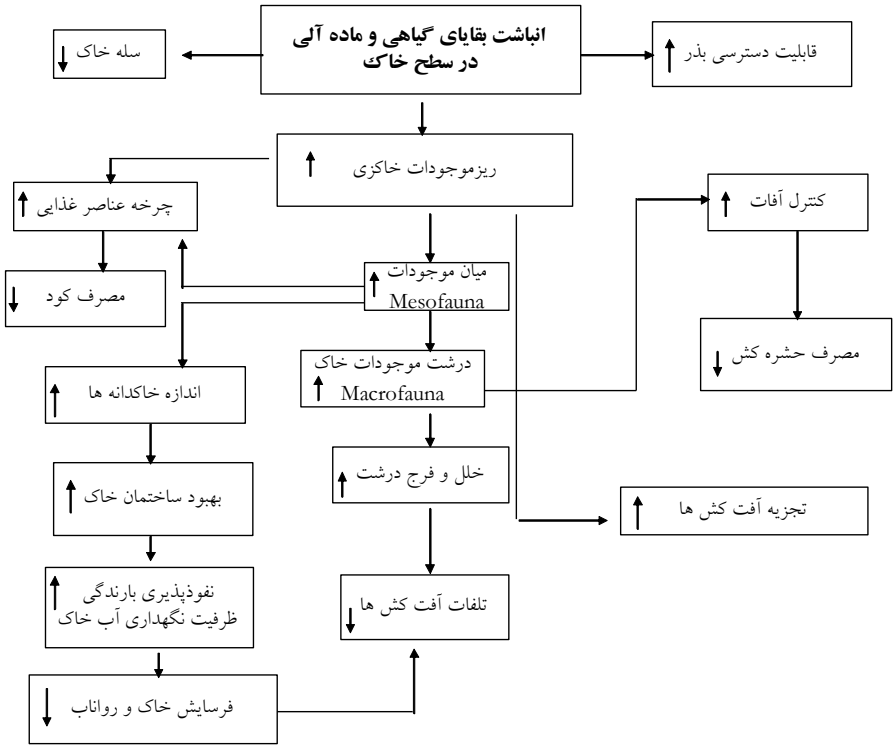
تغییر عملیات کشاورزی در چند دهه اخیر که همراه با ورود نهاده‌های برون‌مزرعه‌ای نظیر ماشین‌آلات خاک‌ورزی و کودهای شیمیایی بوده است باعث آسیب‌های جدی به ساختار و کارکرد خاک در اگرواکوسیستم‌ها شده است. شخم (یا به عبارت کلی عملیات خاک‌ورزی) فوایدی از جمله تهیه بستر مناسب برای جوانه‌زنی و رشد گیاه زراعی، مبارزه با علف‌های هرز به دلیل شکستن چرخه زیستی و کنترل مکانیکی آنها، افزایش نفوذپذیری آب خاک به‌ویژه در پاییز و تسریع فرایندهای تجزیه به دلیل مداخله فیزیکی و مخلوط کردن خاک و قراردادن خاکدانه‌ها در معرض هوای آزاد دارد. اما عملیات خاک‌ورزی نیز مانند دیگر عملیات و نهاده‌ها هنگامی که به افراط و بیش از حد به کار رود پیامدهای منفی جدی‌ای به دنبال دارد. شخم با افزودن سطح موثر خاک سطح‌الارض و قراردادن پیوسته خاک در معرض رژیم‌های متناوب رطوبت/ خشکی و یخزدگی/ آب شدن یخ، باعث آسیب‌پذیری خاکدانه‌ها و تجزیه هر چه بیشتر مواد آلی می‌شود که در حفظ و چسبندگی خاکدانه‌ها نقش دارند و بنابراین به ساختمان خاک آسیب می‌زند.

اصطلاح *شخم حفاظتی* واژه‌ای عمومی است که به دامنه‌ای از عملیات خاک‌ورزی اشاره دارد که طی آن عملیات شخم حذف شده و یا کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران،۱۳۸۰). شخم حفاظتی[1] طبق تعریف عبارت است از خاک‌ورزی بدون برگرداندن خاک که مقدار قابل قبولی از بقایای گیاهی را در سطح خاک در طول سال حفظ کند. در برخی از تعاریف مربوط به شخم حفاظتی وجود ۳۰٪ و یا حداقل مقدار ممکن از پوشش گیاهی در سطح خاک الزامی است. خاک‌ورزی حفاظتی اولین گام برای مدیریت مطلوب خاک در کشاورزی پایدار است. خاک‌ورزی حفاظتی کارکردهای متعددی دارد که از جمله آنها می‌توان به حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و در نتیجه افزایش ماده آلی خاک و ریزموجودات خاکزی، بهبود چرخه عناصر غذایی به دلیل افزایش موجودات خاکزی و در نتیجه کاهش نیاز به کودهای

1- Conservation tillage

شیمیایی، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری آب خاک و کاهش رواناب و فرسایش و بالاخره، بهبود کنترل آفات به دلیل افزایش تنوع زیستی موجودات خاکزی و در نتیجه کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و کاهش آلودگی محیطی اشاره کرد. شکل ۱۵ کارکردهای مختلف خاک‌ورزی حفاظتی را نشان داده است.

استفاده از شخم حفاظتی در ایالات متحده در طول دو دهه آخر قرن بیستم به شدت رو به افزایش گذاشت. یک علت عمده چنین افزایشی در ایالات متحده و سراسر جهان، استفاده گسترده از علف‌کش‌هایی با طیف عمل گسترده بود که به عنوان جایگزین شخم در امر کنترل علف‌های هرز مطرح شدند. توسعه و بهبود تجهیزات سازگار با عملیات شخم حفاظتی باعث سرعت بخشیدن به این جریان شده است. همچنین قانونی که براساس آن شخم حفاظتی به عنوان یک عملیات حفاظت از خاک مطرح می‌شد، باعث تشویق استفاده از این روش شد. همچنین شخم حفاظتی در برخی از شرایط موجب حفظ انرژی، سوخت و نیروی کارگری شده است، به شکلی که عملیات زراعی کمتری در سطح یک مرزعه نیاز دارد. با این وجود مقداری از انرژی ذخیره شده ناشی از این روش بر اثر کاربرد علف‌کش‌ها به هدر می‌رود. البته در حالت کلی، شخم و عملیات زیر و رو کردن خاک در مقایسه با استفاده و کاربرد علف‌کش‌ها به زمان بیشتری نیاز دارد.



شکل ۱۵. اثرات سودمند خاک‌ورزی حفاظتی (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷)

هرگونه عملیاتی که به این اهداف کمک کند در گروه عملیات شخم حفاظتی قرار می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به کشت مستقیم (روش بدون شخم) و شخم حداقل (کاهش یافته) اشاره کرد. عملیات دیگری نیز در کنار این عملیات استفاده می‌شود مانند کاشت گیاهان پوششی، واردکردن بقایای گیاهی به داخل خاک یا نگهداری آنها در سطح خاک، افزودن مواد آلی و سوزاندن بقایا که به این دسته از عملیات به طور عام *عملیات کشاورزی حفاظتی* گفته می‌شود.

فرسایش خاک. در حالی که هزینه‌های فرسایش خاک در جهان سالانه ۳۷/۶ میلیارد دلار براورد و باعث از دست رفتن ۱۸ میلیون تن تولیدات زراعی می‌شود، عملیات شخم حفاظتی نقش قابل‌توجهی در کاهش فرسایش خاک به دلیل تاثیری که بر افزایش کربن آلی و بهبود ساختمان خاک و خاکدانه‌ها دارد، ایفا می‌کند. شخم حفاظتی به عنوان یک عملیات حفاظت از خاک گسترش یافته است. عملیات شخم حفاظتی در زمین‌های شیب‌دار و زمین‌هایی که حساسیت بالایی به فرسایش دارند، مفید است. دو جزء شخم حفاظتی در کاهش فرسایش حائز اهمیت هستند. نخست، وجود خاکپوش و بقایا باعث قرار گرفتن سطح کمتری از خاک در معرض حرکت آب و جریان باد می‌گردد و بقایای گیاهی موجب توقف و عدم جریان این عوامل در سطح خاک می‌شود و خاک را از فرسایش حفظ می‌کند (جدول ۱۸). دوم، از تشکیل خاک‌های سست و دارای قابلیت بالای فرسایش در سطح جلوگیری می‌کند. همچنین شخم کاهش‌یافته با افزایش مواد آلی خاک و کاهش سله خاک موجب بهبود ساختمان آن می‌شود که می‌تواند در کاهش فرسایش آبی و بادی موثر باشد.

در برخی از منابع، انواع عملیات شخم حفاظتی را بر اساس مقدار بقایای باقی‌مانده در خاک طبقه‌بندی می‌کنند. در ادامه به برخی از متداول‌ترین عملیات شخم حفاظتی اشاره می‌شود:

الف- سامانه بدون شخم[1]. در این سامانه، خاک و بقایای سطحی بدون تخریب باقی می‌مانند و تنها تخریب انجام‌شده مربوط به زمان قرار گرفتن بذر در خاک است. این تخریب ممکن است به ایجاد یک شکاف کوچک محدود شود که در این حالت بیش از ۹۰٪ بقایا در سطح خاک باقی می‌مانند.

1- No-tillage system

ب- شخم کمینه[1]. در این روش شدت و فراوانی شخم در مقایسه با سامانه رایج کاهش می‌یابد و مقداری از بقایا نیز در سطح حفظ می‌شوند. در برخی از منابع از این سامانه شخم با عنوان شخم کاهش‌یافته[2] یاد می‌کنند.

پ- شخم نواری[3]. در این سامانه شخم، کاشت گیاه روی نوارهای باریکی انجام و در سایر بخش‌های زمین بقایا دست نخورده باقی می‌مانند.

ت- شخم خاکپوشی[4]. در این سامانه، خاک و بخشی از بقایای گیاهی نیز به همراه آن شخم زده می‌شوند، اما خاکپوش ناشی از بقایا در سطح خاک باقی می‌ماند. این عملیات حد واسط شخم حداقل و شخم رایج است، اما خاکپوش ناشی از بقایا در سطح باقی می‌ماند.

جدول ۱۸. ارتباط بین پوشش ناشی از بقایا و فرسایش سطحی ناشی از جریان آب (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷)

درصد پوشش سطح خاک با بقایای گیاهی	درصد کاهش فرسایش
۱۰	۳۰
۳۰	۶۵
۵۰	۸۳
۷۰	۹۱

برخی از ملاحظات در مورد سامانه‌های شخم حفاظتی عبارتند از:

- ✓ استفاده از عملیات شخم حفاظتی باعث ثبات در نوسانات رطوبتی، حفظ آب و کاهش نیاز آبی گیاه در خاک‌هایی با زهکشی خوب در طول فصول خشک و گرم می‌شود. با این وجود، مزایای شخم حفاظتی ممکن است در خاک‌های غرقابی که زهکشی ضعیفی دارند، دیده نشود.
- ✓ شخم حفاظتی بسته به شرایط (عوامل بیماری‌زای موجود، گیاه زراعی و شرایط ویژه محیطی) می‌تواند موجب افزایش یا کاهش شیوع عوامل بیماری‌زا شود. شرایط پایدار محیط خاک و رطوبت بالاتر آن برای حیات برخی از عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه قارچ های خاکزی موجود در محیط ریشه نظیر رایزوکتونیا و پیتیوم مطلوب است. از سوی دیگر، ثبات محیط خاک در

1- Minimum tillage system
2- Reduced tillage
3- Strip cultivation
4- Mulch tillage

شرایط شخم حفاظتی ممکن است برای رشد گیاه مطلوب‌تر از رشد عوامل بیماری‌زا باشد؛ به عنوان مثال، در یک مورد، حفاظت آب و تعدیل حرارتی در شـرایط بدون شـخم به واسـطه کاهش عارضه پوسیدگی ساقه سبب کاهش تنش وارد به سورگوم شده است (کومدال و تود، ۱۹۹۱).

- ✓ فراوانی برخی حشرات آفت در سامانه‌های شخم حفاظتی در مقایسه با شخم رایج، بیشتر است.
- ✓ با تبدیل سامانه‌های رایج شخم به سامانه‌های حفاظتی، معادل ۳-۷ درصد کل انرژی مصرفی کشت‌بوم کاهش می‌یابد (لال و همکاران، ۱۹۹۰). البته باید اشاره کرد که ذخیره انرژی ناشی از کاهش عملیات شـخم در این سـامانه ها مزیت به شـمار نمی‌آید، چرا که هزینه انرژی علف‌کش در این سامانه‌ها بسیار بالا ست، زیرا مشکل علف هرز در این کشت‌بوم‌ها به دلیل کاهش عملیات شـخم، افزایش می‌یابد و کشـاورزان برای مبارزه با آن، از علف‌کش بیشـتری استفاده می‌کنند.

یک نگرانی عمده در مورد کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی، کاهش عملکرد محصولات زراعی است. مدیریت مناسب نظام کشاورزی مانع از کاهش عملکرد محصولات خواهد شد و شواهد آزمایشی نیز نشان می‌دهد کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی حتی موجب افزایش تولید گیاهان زراعی نیز شده است. شخم حفاظتی می‌تواند در خاک‌های با زهکشی خوب، به‌ویژه در مواردی که گیاهان در معرض دماهای گرم و یا تنش رطوبتی قرار دارند، مزایایی برای عملکرد به همراه داشته باشد. شخم رایج در خاک‌های دارای زهکشی ضعیف و به خصوص در اقلیم‌های خنک کارایی بیشتری در این زمینه دارد. در اغلب موارد، معایب ناشی از کاربرد شخم حفاظتی در خاک‌های سرد و مرطوب به مشکلات مربوط به تهیه بستر و استقرار گیاهان مربوط می‌شود. بیماری‌های گیاهچه‌ای و یا خاک می‌توانند باعث کاهش استقرار گیاهان شوند و عدم توانایی برخی از گیاهان در خارج شدن از زیر لایه‌های ضخیم بقایا نیز به مجموعه این عوامل افزوده می‌شود. کاهش طول فصل رشد که به علت تاخیر در جوانه‌زنی و سبز کردن گیاهچه‌ها در اثر دماهای سردتر به وقوع می‌پیوندند می‌تواند عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار دهد.

همت و اسکندری (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای که در منطقه مراغه انجام دادند به بررسی تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی رایج و حفاظتی بر خصوصیات خاک و عملکرد گندم دیم پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عملکرد گندم در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی (شخم قلمی) به دلیل افزایش ذخیره‌سازی آب در خاک و بهره‌وری آب توسط گیاه در مقایسه با تیمار خاک‌ورزی رایج (شخم برگردان‌دار) افزایش

یافت. بنابراین مشخص می‌شود که در کشاورزی پایدار، مدیریت مطلوب عملیاتی است که تعیین‌کننده رشد و عملکرد محصولات زراعی است و با انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها که بر اساس ویژگی‌های اقلیمی منطقه، خاک و گیاه زراعی صورت می‌گیرد، می‌توان مانع کاهش عملکرد بر اثر عملیات حفاظتی شد.

در مورد روش مناسب شخم برای کشت‌بوم‌های پایدار در ایران، در کل به نظر می‌رسد انتخاب روش خاک‌ورزی باید با توجه به عوامل اقلیمی و زراعی صورت بگیرد. در این شرایط، حذف کامل شخم از نظام‌های کشاورزی همراه با کاهش اجتناب‌ناپذیر عملکرد خواهد بود و روش شخم کاهش یافته، گزینهٔ مناسب‌تری از عملیات بدون شخم است. برای تامین اهداف کشاورزی پایدار که حفظ سلامت کشت‌بوم در عین دستیابی به تولید مطلوب است، استفاده از یک بار شخم و دیسک برای فراهم شدن شرایط مناسب جوانه‌زنی و تهویهٔ خاک توصیه می‌شود؛ ضمن این که در روش بدون شخم با توجه به شیوع علف‌های هرز دو لپه، اگر بخواهیم تولید در سطح مطلوبی حفظ شود، ناگزیر از مصرف علف‌کش‌های شیمیایی خواهیم بود که به سلامت کشت‌بوم وبوم‌نظام‌های مجاور آن آسیب خواهد رساند. از طرفی با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقهٔ خشک و نیمه خشک، کاربرد شخم در فصل آیش به حفظ و ذخیرهٔ رطوبت کمک خواهد کرد و تاثیر مثبتی در افزایش عملکرد خواهد داشت. در مورد انتخاب زمان شخم نیز باید به دو نکته توجه داشت. اگر شخم در بهار صورت بگیرد، سطح زمین در طول زمستان در صورت حفظ بقایای گیاهی پوشیده از پوشش گیاهی است که به حفظ رطوبت و جلوگیری از فرسایش کمک می‌کند. اما شخم بهاره که همراه با ورود بقایا به خاک در این فصل است باعث کاهش نیتروژن قابل دسترس خاک می‌شود. در این شرایط پایدارترین روش از نظر حفظ خاک و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی، استفاده ازیک شخم بهاره به همراه مصرف مقدار متعادلی کود نیتروژن است.

شخم حفاظتی سبب کاهش رواناب و افزایش ذخیره رطوبت خاک می‌شود. توجه به این نکته شاید قابل‌توجه باشد که براساس آمارها سالانه نزدیک به ۳۲ تن خاک از هر هکتار زمین‌های کشور تحت فرسایش قرار می‌گیرد. حال آن که متوسط جهانی در حدود ۱۰ تن در هکتار است. بد نیست بدانیم برای تشکیل هر سانتی‌متر خاک به ۷۰۰-۱۰۰۰ سال زمان نیاز است. بنابراین با توجه به آماری که در مورد وضعیت فرسایش و فروسایش خاک در کشور ارایه شد می‌توان به راحتی عمق فاجعه را درک کرد.

حضور بقایای گیاهی در سطح خاک باعث کاهش تبخیر و افزایش نفوذ پذیری آب می‌شود. ریکوسکی و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در یک دورهٔ ۸ ساله، تلفات آب در روش شخم رایج ۱/۶ برابر روش بدون شخم بود. نتایج آزمایش تسیوریس و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که رسوبات موجود در آب روان‌آب در تیمار شخم رایج بیش از تیمار بدون شخم بود. عظیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۱)

نیز گزارش کردند که شخم با گاوآهن برگردان‌دار در مزرعهٔ گندم باعث کاهش رطوبت خاک شد و بیشترین رطوبت خاک در تیمار بدون شخم مشاهده شد. بنابراین میزان رطوبت خاک‌هایی که با سامانه شخم حفاظتی مدیریت می‌شوند بیش از سامانه‌های شخم رایج است. همچنین، همانطور که قبلا نیز گفتیم شخم حفاظتی در طول فصول خشک و گرم موجب ثبات نوسانات رطوبتی، حفظ آب و کاهش نیاز آبی گیاه در خاک‌هایی که زهکشی خوبی دارند، می‌شود. با این وجود، مزایای شخم حفاظتی ممکن است در خاک‌های غرقابی که زهکشی ضعیفی دارند، ظاهر نشود. در اقلیم‌های سردتر، ممکن است درصورت وجود بقایا در سطح خاک، خاک مرطوب در بهار با سرعت کمتری خشک شود.

بر اساس توضیحات ارائه‌شده می‌توان ادعا کرد که عملیات شخم حفاظتی می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای اجرایی در بهره‌برداری پایدار از خاک مدنظر قرار گیرد. بی‌شک، انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی نیاز به فناوری‌های بوم‌سازگار دارد، به نحوی که این فناوری‌ها (که عمدتاً درطراحی ابزار و ادوات عینیت می‌یابند) باید به شکل مختص به منطقه و با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی طراحی شوند. شکی نیست که ورود ادوات ایجاد خاکپوش‌های خاکی از ترکیه به ایران نمی‌تواند وارد کردن یک فناوری بوم‌سازگار منظور شود، بلکه باید این ادوات با مطالعات منطقه‌ای و با شرایط موجود طراحی شوند.

حفظ مواد آلی خاک نیز از جمله مزایای شخم حفاظتی است علت این که شخم حفاظتی باعث حفظ مواد آلی خاک می‌شود این است که عملیات زراعی بیش از حد از طریق تشدید اکسیداسیون مواد آلی به خاطر سهولت در ورود اکسیژن به خاک، موجب فقر تدریجی خاک و در نتیجه نیاز به استفاده از کودها می‌شود که این مسئله با اهداف کشاورزی پایدار همخوانی ندارد. بنابراین نقش شخم حفاظتی در به حداقل رساندن نهاده‌های انرژی‌خواه خارجی در این جا مشخص می‌شود. نتایج آزمایش حاج‌عباسی و همکاران (۱۳۷۸) نشان داد که در یک مزرعهٔ ذرت، روش بدون شخم در مقایسه با شخم رایج باعث افزایش مواد آلی خاک تا دو برابر مقدار قبلی شد. گومان و سور (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که طی یک دورهٔ پنج ساله، استفادهٔ توام از شخم حداقل همراه با خاکپوش بقایای گیاهی باعث افزایش ماده آلی خاک مزرعهٔ گندم- ذرت شد. با این وجود، امام و همکاران (۱۳۷۹) در آزمایشی در استان فارس نشان دادند که طی یک دورهٔ سه ساله با اضافه کردن بقایای گندم به خاک، میزان ماده آلی خاک تغییر محسوسی نکرد. دلیل این امر پایین بودن رطوبت در ماه‌های گرم سال و عدم امکان تجزیهٔ بقایای گیاهی در این مدت است. بنابراین پیش‌بینی تاثیر عملیات حفاظتی بر کمیت و کیفیت مواد آلی خاک به

چگونگی تلفیق این عملیات با یکدیگر و نیز اقلیم و نوع خاک که متاثر از دو عامل پیش‌گفته است، بستگی دارد.

کاهش انتشار کربن از خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دیگر (مانند اکسیدهای نیتروژن) از خاک یا جلوگیری از دنیتریفیکاسیون (شخم حفاظتی مانع شکل‌گیری شرایط بی‌هوازی که برای دنیتریفیکاسیون لازم است)، از دیگر امتیازات شخم حفاظتی به شمار می‌رود. اثرات روش‌های مختلف شخم بر فرسایش و آلودگی خاک به مواد شیمیایی کشاورزی در جدول ۱۹ نشان داده شده است.

جدول ۱۹. اثرات سامانه‌های مختلف شخم بر فرسایش و آلودگی خاک (هالند، ۲۰۰۴).

شاخص	شخم رایج	شخم حفاظتی	مزیت نسبی شخم حفاظتی نسبت به شخم رایج (درصد)
روان‌آب (لیتر در هکتار)	۲۱۳۳۲۸	۱۱۰۲۷۵	۴۸
تلفات رسوبات (کیلوگرم در هکتار)	۲۰۴۵	۶۴۹	۶۸
تلفات کل فسفر (کیلوگرم در هکتار)	۲/۲	۰/۴	۸۱
تلفات فسفر قابل‌دسترس گیاه	۰/۰۳	۰/۰۰۸	۷۳
ایزوپروترون	۰/۰۱۱	-	۱۰۰

گیاهان پوششی

گیاهان پوششی[1] را می‌توان به عنوان گیاه اصلی در تناوب و بدون هدف نقدینگی، گیاه همراه یا خاکپوش زنده برای پوشش دادن فاصله بین ردیف‌های گیاهان اصلی، گیاه تله برای مهار مواد غذایی باقی‌مانده در خاک پس از برداشت محصول اصلی یا یک گیاه خارج از فصل با هدف حفظ رطوبت در فصولی که زمین زیر کشت نیست، به کار برد که کاربرد آخر، شایع‌ترین کاربرد گیاهان پوششی است.

گیاهان پوششی در مقایسه با گیاهان نقدینه، گیاهانی کم‌ارزش‌تر هستند که معمولاً در فصولی که از مطلوبیت کمتری برای تولید گیاهان زراعی نقدینه برخوردارند، کشت می‌شوند. این گیاهان به عنوان گیاه نقدینه کشت نمی‌شوند، اما ممکن است به عنوان علوفه برای تغذیه دام، کود سبز و یا کنترل فرسایش استفاده شوند. این گیاهان می‌توانند از انواع یک یا چند ساله باشند و اغلب بقولات، غلات و یا ترکیبی از این دو را شامل می‌شوند. همچنین این گیاهان می‌توانند برای پوشش زمین در تاکستان‌ها و

1- Cover crops

باغات میوه استفاده شوند. هدف اصلی از کاشت گیاهان پوششی، بهبود سلامت اگرواکوسیستم‌ها است. این گیاهان:

الف) سبب کندشدن جریان فرسایش، بهبود ساختمان خاک، افزایش حاصلخیزی آن، توقف رشد آفات و عوامل بیماری‌زا و خفگی علف‌های هرز می‌شوند و نیز می‌توان از آنها به عنوان علوفه یا گیاه خوراکی استفاده کرد. از سویی، گیاهان پوششی می‌توانند ضمن کاهش هزینه‌ها، حتی در برخی موارد افزایش درآمد اقتصادی شوند. همچین حضور گیاهان پوششی می‌تواند عاملی برای ممانعت از شستشوی مواد غذایی و رواناب باشد و بدین شکل از اثرات جانبی علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها نیز می‌کاهد (بومن و همکاران، ۱۹۹۴). این گیاهان موجب بهبود ساختمان خاک و نفوذپذیری آب می‌شوند. اضافه شدن موادآلی و ریشه‌ها باعث افزایش تهویه می‌شود. حضور گیاهان پوششی به واسطه کاهش نیروی ناشی از برخورد قطعات باران به سطح خاک است که کاهش میزان فرسایش را به همراه دارند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰) و به واسطه افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد را به همراه دارد (بومن و همکاران، ۱۹۹۴). بر اساس معادله ارائه شده توسط مرکز حفاظت منابع طبیعی آمریکا یک پوشش ۴۰ درصدی در زمان فرارسیدن زمستان می‌تواند فرسایش را به شدت کاهش دهد و میزان تاثیرگذاری گیاه پوششی بر کاهش فرسایش با درصد پوشش ایجاد شده ارتباط دارد (بومن و همکاران، ۱۹۹۴). در مورد بهبود ساختار فیزیکی خاک، بقولات بهتر از گندمیان هستند، چرا که ضمن تجزیه پلی‌ساکاریدهای بیشتری تولید می‌کنند (عبدالباقی و تیسدل، ۱۹۹۷). اما تشکیل پلی‌ساکاریدهای چسبناک که به واسطه تجزیه بقایای بقولات تولید می‌شوند، زمان‌بر است و ممکن است اثر آنها روی خاکدانه‌بندی تنها در اواخر فصل بروز کند. گونه‌های گندمیان نیز بهبود خاکدانه‌بندی را به همراه دارند، اما مکانیسم آنها با بقولات متفاوت است. این گیاهان ریشه‌های فیبری دارند که ریشه‌های ظریف و گسترده زیادی روی آنها شکل می‌گیرد. این ریشه‌ها نیز می‌توانند عامل ترشح برخی از ترکیبات چسبناک باشند (بومن و همکاران، ۱۹۹۴).

ب) استفاده از گیاهان پوششی نیاز به شخم را کاهش می‌دهد که خود باعث کاهش فشردگی خاک و ممانعت از شکل‌گیری کلوخه‌های درشت ناشی از شخم می‌شود. اضافه شدن مواد آلی به خاک نیز موجب بهبود حاصلخیزی و نیتروژن می‌شود. این مسأله به ویژه هنگامی که گیاه پوششی یکی از گیاهان خانواده بقولات باشد، رخ می‌دهد.

پ) اضافه شدن مواد آلی به خاک موجب بهبود حاصلخیزی و نیتروژن می‌شود. این مسأله به ویژه هنگامی که گیاه پوششی یکی از گیاهان خانواده بقولات باشد، رخ می‌دهد. تحقیقات نشان داده است

که تداوم استفاده از گیاهان پوششی موجب بهتر شدن وضعیت خاک زمین‌های زراعی می‌شود. یکی از دلایل این امر این است که گیاهان پوششی و به ویژه بقولات سبب تقویت جمعیت قارچها و سایر ریزموجودات مفید می‌شوند که خود عامل خاکدانه‌سازی هستند. به عنوان مثال قارچ مایکورایزا که در همین فصل در مورد آن مطالبی ارائه شده است، یک پروتئین نامحلول در آب به نام گلومالین[1] تولید می‌کند که سبب جذب و به‌هم چسبیدن ذرات مواد آلی، باکتری‌ها و قارچها به هم می‌شود (رایت و اوپادایا، ۱۹۹۸). احتمالاً گلومالین یکی از مهم‌ترین ترکیباتی است که سبب پیشرفت خاکدانه‌بندی در خاک می‌شود. کاشت گیاهان پوششی سبب وفور اسپورهای مایکورایزایی می‌شود. در این زمینه، به‌ویژه بقولات می‌توانند سبب افزایش تنوع و فراوانی مایکورایزایی شوند، زیرا ریشه‌های گسترده این گیاهان سبب توسعه جمعیت‌های بزرگی از این قارچ می‌شوند. این تاثیر گیاهان پوششی نیز می‌تواند یکی از دلایل توجیه افزایش نفوذپذیری آب به داخل خاک و حفظ آب در خاک در شرایط استفاده از گیاهان پوششی باشد (بومن و همکاران، ۱۹۹۴).

ت) کاربرد گیاهان پوششی تا حد زیادی می‌تواند باعث کنترل آفات شود. احتمالاً استفاده از چنین گیاهانی موجب کاهش برخی از حشرات آفت و فراهم کردن پناهگاهی برای حشرات سودمند می‌شود. گیاهان پوششی ممکن است نقش طعمه را برای حمایت از جمعیت دشمنان طبیعی بازی کنند. از آنجا که ممکن است شکارچیان با کاهش منابع غذایی منطقه را ترک کنند، ایجاد یک منبع غذایی جایگزین در سراسر سال می‌تواند جمعیت کافی این شکارچیان را برای کنترل آفاتی که در کشت‌بوم رو به فزونی گذاشته‌اند، تامین کند (کوچکی و همکاران،۱۳۸۰). چاودار به عنوان یکی از کارآمدترین گیاهان پوششی مطرح است که می‌تواند به شکلی موثر در سامانه‌های شخم حفاظتی سبب کاهش بیماری‌های خاکزاد، نماتدها و علف‌های هرز شود. چاودار به عنوان یک گیاه غیرمیزبان برای نماتدهای ریشه و بیماری‌های خاکزاد مطرح است. همچنین این گیاه به دلیل تولید زیست‌تودهٔ کافی از یک‌سو سبب خفگی برخی از علف‌های هرز پهن‌برگ می‌شود و از سویی دیگر اثرات دگرآسیب نیز دارد. چاودار ضمن رشد سبب خلق زیستگاه برای حشرات مفید می‌شود، اما مواد غذایی در اختیار آنها قرار نمی‌دهد؛ بنابراین تنها تعداد کمی از حشرات مفید را می‌توان در کنار چاودار مشاهده کرد. این گیاه در کنترل علف‌های چمنی توفیقی ندارد. استفاده از چاودار سبب افزایش تعدادی از کرم‌ها نظیر کرم‌های مفتولی می‌شود و به همین دلیل نمی‌تواند گیاه پوششی مناسبی برای گیاهان زراعی خانواده گندمیان مانند ذرت، ذرت شیرین، سورگوم یا ارزن مرواریدی باشد، در صورتی که یکی از بهترین گزینه‌ها در محصولاتی نظیر

1- Glomalin

پنبه، سویا و اغلب سبزیجات است (بومن و همکاران، ۱۹۴۹). گندم نیز در بسیاری از مناطق دنیا به عنوان یک عامل کنترل‌کننده بیماری‌ها، نماتدها و علف‌های هرز مطرح است، اما کارایی آن در کنترل علف‌های هرز به اندازه چاودار نیست، زیرا در مقایسه با چاودار، زیست‌توده کمتری تولید می‌کند و از سویی، اثر دگرآسیبی کمتری دارد. برای کسب اطلاعات و مثال‌های بیشتر به بومن و همکاران (۱۹۹۴) مراجعه کنید.

ث) از مزایای دیگر گیاهان پوششی می‌توان به تعدیل درجه حرارت خاک (نوسان دمای خاک برهنه بیش از خاک‌های دارای پوشش گیاهی است) اشاره کرد. استفاده از گیاهان پوششی موجب کاهش نیاز به علف‌کش‌ها و سایر آفت‌کش‌ها می‌شود. گیاهان پوششی قادرند ضمن توقف رشد علف‌های هرز، از خسارات ناشی از آفات، نماتدها و بیماری‌ها نیز بکاهند (به عنوان مثال کاهش شدید نماتدهای چغندرقند در تناوب جو، تربچه (پوششی) و چغندرقند). بسیاری از گیاهان پوششی که در ادامه به آنها اشاره خواهیم داشت، می‌توانند علف‌های هرز را به شکلی موثر کنترل کنند. این گیاهان پوششی می‌توانند به عنوان گیاهان خفه‌کننده[1] عمل کنند و یا بقایا یا کانوپی در حال رشد آنها سبب تغییر دمای خاک و یا میزان ورود نور به داخل کانوپی می‌شود. گاهی نیز ترشحات ریشه‌ای این گیاهان اثر علف‌کشی دارد (بومن و همکاران، ۱۹۹۴).

مدیریت عناصر غذایی

به طور کلی، مدیریت عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک در کشت‌بوم‌های رایج بر اساس کاربرد کودهای شیمیایی صنعتی است. اما دغدغه‌ها و نگرانی‌های روزافزون در مورد مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای نیتروژن در کشت‌بوم‌ها در سه دهه اخیر، توجه متخصصان و پژوهشگران علوم کشاورزی را به منابع دیگر نیتروژن جلب کرده است. بنابراین در کشاورزی پایدار، عناصر غذایی مورد نیاز خاک و گیاه زراعی در وهله اول توسط نهاده‌های آلی که شامل کود دامی و کمپوست، کود سبز، بقایای گیاهی (مدیریت بقایای گیاهی در درجه اول به منظور پیشگیری از فرسایش و کمک به نفوذپذیری آب انجام می‌شود) و تثبیت زیستی نیتروژن به کمک همزیستی با ریزموجودات خاکزی و در درجه دوم با کاربرد محدود و حساب‌شده کود شیمیایی به عنوان مکمل کودهای آلی تامین می‌شود. همان‌طور که در فصل دوم کتاب اشاره شد، کاربرد کودهای شیمیایی در بسیاری از سامانه‌های کشاورزی پایدار ممنوع نیست، بلکه به شکلی محدود با کارایی بیشتر و با هدف حداکثر بهره‌برداری خاک و گیاه زراعی و کم‌ترین تلفات استفاده می‌شود.

1- Smother crop

یکی از اصول مهم کشاورزی پایدار این است که کاربرد عناصر غذایی باید با اطلاع کامل از وضعیت مواد غذایی خاک انجام شود، چرا که مزارعی که برای مدتی طولانی کود دریافت کرده‌اند غالباً حاوی مقادیر فسفر و پتاسیم به مراتب بیشتری از مقدار بحرانی مورد نیاز، جهت حداکثر عملکرد گیاه هستند که دلیل غلظت بالای این دو عنصر غذایی عبارتند از:

- ✓ مصرف مداوم این کودها در برنامه‌های مدیریتی غلط برای خاک‌های فقیر که عمدتاً بدون اطلاع از وضعیت حاصلخیزی خاک انجام شده است،
- ✓ بالاتر بودن مقدار کود توصیه شده توسط آزمایشگاه‌ها و به ویژه عدم توجه به تفاوت نیاز ارقام و نیز تراکم بوته در مزرعه در زمان محاسبات نیاز کودی.

بنابراین آنچه مسلم است این است که باید این مواد را در طول مدتی که امکان استفاده از ذخایر آنها در خاک وجود دارد، به کار برد. اما نکته قابل تأمل در این زمینه این است که کاهش و یا حتی توقف کاربرد کود به مدت چند سال و استفاده از ذخایر عناصر غذایی موجود یک شیوه پایدار مدیریتی بلند مدت به حساب نمی‌آید، هرچند دو فایده دارد: کاهش هزینه‌ها و کاهش غلظت مواد و در نتیجه کاهش تلفات ناشی از فرسایش و شستشو. اما آنچه اهمیت دارد این که در هر حال زمانی که میزان عناصر غذایی تا حدی کاهش یابد که تولید و عملکرد اقتصادی را محدود کند، استفاده از منابع خارجی ضروری است.

کاربرد بقولات، کود سبز و بهسازهای آلی خاک

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد دغدغه‌ها و نگرانی‌های روزافزون در مورد مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای نیتروژن در کشت‌بوم‌ها در سه دههٔ اخیر، توجه متخصصان و پژوهشگران علوم کشاورزی را به منابع دیگر نیتروژن نظیر بقولات و کود سبز جلب کرده است.

بقولات غنی از پروتئین بوده و با استفاده از روابط همزیستی با باکتری‌های رایزوبیوم قادر به تثبیت زیستی نیتروژن هستند (سنگول، ۲۰۰۳). الگوهای متفاوت رشد بقولات و غلات مانند استخراج آب و عناصر غذایی از اعماق خاک توسط بقولات و از سطح خاک توسط غلات، برگ افقی در بقولات و برگ‌های کشیده در گندمیان، رقابت بین گونه‌ای این دو گروه را به حداقل رسانده و باعث می‌شود کشت آنها به صورت خالص یا مخلوط با گندمیان، ضمن کاستن از مصرف کودهای شیمیایی، عملکرد مطلوبی

تولید کند (کابایرو، ۱۹۹۳). بقولات را می‌توان در تناوب زراعی به عنوان علوفه (شبدر، یونجه، اسپرس)، غذای انسان (حبوبات) کشت کرد و یا با برگرداندن به خاک به عنوان کود سبز استفاده کرد.

کود سبز[1] به گیاهانی گفته می‌شود که به منظور بهبود وضعیت خاک، کشت و معمولاً قبل از رسیدگی و در مواردی نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیک به خاک برگردانده می‌شوند. کود سبز از دیرباز برای بهبود ساختمان خاک از طریق بهبود کیفیت خاکدانه‌ها و هدایت هیدرولیکی خاک، تجمع مواد آلی، حفظ خاک از فرسایش در دوره‌هایی که قرار است خاک بدون پوشش گیاهی باقی بماند، جلوگیری از توفان گرد و غبار و کمک به تثبیت خاک استفاده شده است (میچل و همکاران، ۱۹۹۹؛ بیدربک و همکاران، ۱۹۹۸؛ استاپس و همکاران، ۱۹۹۶). بقولات و کود سبز با فعال‌سازی ریزموجودات خاکزی که در فرایندهای تجزیه نقش دارند، پویایی نظام خاک را افزایش داده و امکان رشد مناسب را در خاک برای محصولات زراعی فراهم می‌سازند.

استفاده از بقولات می‌تواند مقداری از نیاز محصولات زراعی را به نیتروژن تامین کند. مقدار تثبیت زیستی نیتروژن توسط بقولات مختلف در جدول ۲۰ نشان داده شده است. نتایج تحقیقات ترک‌نژاد و همکاران (۱۳۷۸) بر روی ۶ گونه یونجهٔ یک‌ساله نشان داد متوسط تثبیت نیتروژن گونه‌های یونجه یک‌ساله در ایران ۱۰۳ کیلوگرم در هکتار است. در آزمایشی در جنوب ایتالیا، کود سبز باقلا در مرحلهٔ گلدهی در بهار به خاک برگردانده شد که وزن تر آن طی سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ به ترتیب ۶۶ و ۷۸ تن در هکتار بود (رانا و ماستروریلی، ۱۹۹۸). یاداف (۱۹۹۵) نیز اظهار داشت که استفاده از لوبیا درختی به عنوان کود سبز در تناوب لوبیا درختی- نیشکر- راتون، سه برابر بیش از بقایای برنج در تناوب برنج- نیشکر- راتون، زیست‌تودهٔ گیاهی وارد خاک کرد. نتایج تحقیقات استاپس و همکاران (۱۹۹۶) نشان داد که عملکرد گندم پس از ۱۳ ماه استفاده از کود سبز در مقایسه با عدم استفاده از آن افزایش یافت.

جدول ۲۰. مقدار نیتروژن حاصل از جو و تثبیت زیستی در بقولات مختلف (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴)

گیاه	درصد نیتروژن گیاهی حاصل از جو	تثبیت همزیستی نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
یونجه	۸۰	۳۰۰
شبدر شیرین	۹۰	۲۵۰
باقلا	۹۰	۳۰۰
نخود فرنگی	۸۰	۲۰۰

1- Green manure

عدس	۸۰	۱۵۰
سویا	۵۰	۱۵۰
نخود ایرانی	۷۰	۱۲۰
لوبیا	۵۰	۷۰

کارایی بقولات و کود سبز در تامین نیتروژن به شرایط محیطی و گونهٔ گیاهی بستگی دارد. به عنوان مثال در خاک‌های شور، تولید ماده خشک گندمیان و گیاهان تیره خردل به عنوان گیاه پوششی زمستانه، بیش از بقولات (شبدر و یونجه) است (میچل و همکاران، ۱۹۹۹). استاپس و همکاران (۱۹۹۶) نیز اظهار داشتند که یونجه در مقایسه با شبدر قرمز و سفید، نمی‌تواند به عنوان یک کود سبز عمل کند. پس از کاشت یونجه به عنوان کود سبز و پس از ۱۸-۲۵ ماه، مقدار ماده آلی خاک، مقدار نیتروژن و معدنی شدن نیتروژن خاک تفاوت معنی‌داری پیدا نکرد.

استفاده از بقولات، کود سبز و دیگر منابع زیستی تامین نیتروژن، مشکلاتی نیز به دنبال دارد. از آنجا که بقولات، به ویژه بقولات چند ساله دارای ریشه‌های عمیقی هستند، عناصر غذایی و منابع آب خاک را تخلیه می‌کنند و بدین ترتیب فراهمی عناصر غذایی و آب برای محصول بعدی با مشکل مواجه می‌شود (بیدربک و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین، استفاده از بقولات در مناطق نیمه خشک نظیر ایران که با بحران آب مواجه هستند باید با احتیاط انجام شود. در چنین شرایطی می‌توان از بقولات یک‌ساله به عنوان کود سبز استفاده کرد. نتایج آزمایش ارشاد و گیل (۱۹۹۷) نشان داد که کود سبز تاثیری بر کاهش رطوبت خاک نداشت؛ هرچند آزمایش آنها در منطقه‌ای مرطوب بوده است. محدودیت استفاده از کود سبز، عدم سودمندی اقتصادی کودسبز در مقایسه با کود شیمیایی است (بکر و همکاران، ۱۹۹۵؛ مبارک، ۱۹۹۹). به عبارت دیگر، هزینهٔ هر واحد تولید با استفاده از کود سبز در مقایسه با کود نیتروژن شیمیایی افزایش می‌یابد. حتی کود سبز در کوتاه و بلند مدت از نظر اقتصادی در مقایسه با بقولات دانه‌ای مقرون به صرفه نیست. بنابراین استفاده از کود سبز به عنوان منبع نیتروژن برای گیاه زراعی اصلی، از نظر اقتصادی تنها در مناطقی توجیه‌پذیر و عملی است که قیمت کود بیشتر از هزینه‌های کاربرد کود سبز باشد (مانند کشورهای آفریقایی). یکی از روش‌های سودمندسازی کود سبز، استفاده از گیاهانی است که بتوان از بخشی از آنها در تغذیهٔ انسان یا دام استفاده کرد.

یکی دیگر از پیامدهای استفاده از بقولات و کود سبز، آبشویی و تصعید نیتروژن است. در مورد کود سبز، از آنجا که نیتروژن موجود در اندام‌های آن به کندی در خاک آزاد می‌شود، ممکن است پس از برداشت گیاه زراعی اصلی، آزاد شدن نیتروژن از آنها هم‌چنان ادامه داشته باشد و بدین‌ترتیب خطر

آبشویی تشدید شود. در یک آزمایش در یک دورهٔ ۲۸ روزه پس از شخم زدن باقلا به عنوان کود سبز، ۱۳ کیلوگرم در هکتار آمونیاک منتشر و وارد جوّ شد (رانا و ماستروریلی، ۱۹۹۸). در آزمایشی دیگر، از کل نیتروژن انباشت شده در اندام‌های هوایی شبدر قرمز به عنوان کود سبز، ۲۷ درصد آن آبشویی شد که یک خطر جدی زیست‌محیطی است (استاپس و همکاران، ۱۹۹۶). هرچند در مناطق خشکی مانند ایران، خطر آبشویی چندان جدی نیست، اما تصعید نیتروژن همچنان وجود خواهد داشت. یکی دیگر از نکاتی که مانع استفاده از بقولات به عنوان کود سبز یا گیاهان پوششی می‌شود، مصرف بالای آب این گیاهان است (کابایرو، ۱۹۹۳) که این مشکل در مناطقی نظیر ایران که بسیاری از کشت‌بوم‌های آن با بحران آب روبروست، گسترش کود سبز و گیاهان پوششی را محدود می‌کند. ضمن اینکه گاه استفاده از کود سبز به افزایش آفات و بیماری‌ها کمک می‌کند. به عنوان مثال، سورخا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که شیوع کرم ساقه‌خوار زرد برنج با کاربرد کود سبز افزایش یافت که دلیل آن افزایش دسترسی به نیتروژن برای این آفت بوده است.

یکی از محدودیت‌های تثبیت نیتروژن توسط بقولات، حساسیت این پدیده به عوامل محیطی است که آن را برای کشاورزان، غیر قابل اعتماد می‌سازد. نتایج پژوهش‌های مختلفی که در ایران در مورد تاثیر تنش‌های محیطی بر توان تثبیت زیستی نیتروژن توسط بقولات انجام شده است نشان می‌دهد فرایند تثبیت نیتروژن بر اثر تنش خشکی در یونجه (عبادی و همکاران، ۱۳۷۸)، تنش شوری در یونجه (گالشی، ۱۳۸۰) و شبدر زیرزمینی (گالشی و همکاران، ۱۳۷۹- الف) و تنش غرقاب در شبدر زیرزمینی (گالشی، ۱۳۷۹- ب) به شکل قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و از آنجا که اکثر کشت‌بوم‌های ایران با تنش‌های محیطی مواجه هستند، هنگام استفاده از بقولات به عنوان منبع تامین نیتروژن باید به این نکته توجه داشت.

در مجموع در مورد استفاده از بقولات و کود سبز و روابط همزیستی جهت تامین نیاز عناصر غذایی محصولات زراعی، به نظر می‌رسد در بعضی منابع و مکاتب، تاثیر آنها بزرگ‌نمایی می‌شود و نمی‌توان از آنها برای تامین کلیهٔ نیازهای تغذیه‌ای محصولات زراعی استفاده کرد، اما توانمندی‌های بسیار زیادی نیز در این زمینه در کشت‌بوم‌های ایران وجود دارد که تا کنون از آنها به شکل مطلوب بهره‌برداری نشده است. به عنوان مثال در شرایط کشت‌بوم‌های ایران، کاربرد کودهای آلی می‌تواند نیاز به فسفر و کودهای کم‌مصرف را کاهش و در اکثر موارد برطرف نماید (گوشه، ۱۳۸۲). به عنوان مثال، نتایج بررسی سیلسپور (۱۳۸۲) نشان داد که استفاده از کود زیستی فسفاته حاوی ریزموجودات حل‌کننده فسفات، ضمن تولید عملکرد مطلوب، مقدار قابل‌توجهی از مصرف کودهای شیمیایی فسفاته را کاهش داد. نتایج مشابهی در

مورد کاربرد کود زیستی مایه تلقیح نیتروژنوباکتر به عنوان جایگزین کود اوره در گندم وجود دارد (خسروی و همکاران، ۱۳۸۲). نکته‌ای که ضروری به نظر می‌رسد این است که در طراحی کشت‌بوم‌های پایدار در ایران نباید از سامانه‌های دیگر مناطق الگوبرداری کرد، بلکه باید به محدودیت‌ها، تنگناها و فرصت‌های ویژه اقلیمی ایران توجه داشت و از تجربیات پیشینیان و دانش بومی موجود به بهترین شکل بهره گرفت. در انتخاب هر یک از این گزینه‌ها نیز باید به ابعاد مختلف آن توجه داشت. به عنوان مثال، استفاده از کود سبز اگرچه از نظر اقتصادی با توجه به قیمت کودهای شیمیایی در ایران در نگاه اول توجیه‌پذیر نیست، ولی نقش آن در ایجاد پوشش گیاهی و جلوگیری از فرسایش خاک که یکی از جدی‌ترین معضلات کشاورزی ایران است، این کاستی را جبران می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد که با توجه به مقدار کم مواد آلی خاک‌های ایران و وقوع مکرر تنش‌های رطوبتی، کاربرد کودهای آلی تاثیر مثبتی بر رشد و نمو محصولات زراعی، حفظ رطوبت، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌های ایران داشته باشد؛ هر چند کاربرد منابع آلی باید همراه با احتیاط و دقت لازم نسبت به پیامدهای منفی آن باشد. استفاده از بقولات، کود سبز، تثبیت زیستی و منابع کود آلی در کنار مصرف متعادل و سنجیدهٔ کودهای شیمیایی، مناسب‌ترین گزینهٔ مدیریت عناصر غذایی در تولید پایدار محصولات کشاورزی در شرایط ایران به نظر می‌رسد.

کودهای آلی. کودهای آلی به منابعی از عناصر غذایی گفته می‌شود که منشا شیمیایی صنعتی نداشته باشند. این منابع شامل کود دامی، کودهای زیستی مانند ریزموجودات تثبیت‌کننده و حل‌کننده نیتروژن و فسفر و پسماندهای آلی (آب و لجن فاضلاب) هستند. کودها و مواد آلی علاوه بر نقشی که در تغذیهٔ گیاه زراعی و حاصلخیزی خاک دارند، ساختمان و کیفیت خاک را نیز بهبود می‌بخشند که گاه اهمیت آنها در بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک، مهم‌تر از اثرات آنها در تامین نیازهای غذایی گیاه زراعی است. استفاده از مواد آلی به عنوان منبع کودی جایگزین در ایران با افزایش عملکرد ذرت (سرحدی ساردویی، ۱۳۷۷؛ کلباسی و گندمکار، ۱۳۷۶)، چغندرقند (پوستینی و نجفی‌نژاد، ۱۳۷۶)، گوجه‌فرنگی (سماوات و همکاران، ۱۳۸۰)، کاهو و اسفناج (اصغرزاده و همکاران، ۱۳۸۰) و عملکرد ماده موثر گل‌راعی (لباسچی و همکاران، ۱۳۸۰) همراه بوده است. نتایج آزمایش‌ها همچنین نشان می‌دهد کودهای آلی موجب کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (صیاد، ۱۳۷۷؛ عزیزی آق‌قلعه، ۱۳۸۰)، افزایش رطوبت (صیاد، ۱۳۷۷؛ عزیزی آق‌قلعه، ۱۳۸۰؛ مصدقی و همکاران، ۱۳۷۸)، کاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی و قابلیت جذب عناصر خاک (کلباسی و گندمکار، ۱۳۷۶) شده است.

آزمایشی که توسط ماندو و همکاران (۲۰۰۵) در سودان و در مورد اثرات درازمدت کاربرد کود دامی و خاک‌ورزی حفاظتی انجام شد، نتایج جالب‌توجهی به همراه داشت. داده‌های این پژوهش حاکی از آن بود که عملکرد دانه، کاه، وزن دانه و خوشهٔ سورگوم در تیمارهایی که کود دامی دریافت کردند در مقایسه با تیمار عدم دریافت کود دامی بیشتر بود. نتایج این مطالعه نشان داد کمترین عملکرد در تیماری بود که به شکل پیوسته شخم خورده و کود دامی دریافت نکرده بود، هرچند کود معدنی به آنها داده شده بود. علت این امر چنین بیان شده است که عدم مصرف کود آلی باعث کاهش شدید مادهٔ آلی خاک شده است و در نتیجه این خاک‌ها قادر به واکنش به کود معدنی نیستند. کاهش مادهٔ آلی در این شرایط باعث کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز می‌شود. بنابراین عدم استفاده از کود آلی در درازمدت همراه با کاهش مواد آلی خاک، عملکرد محصولات زراعی و فعالیت‌های زیستی خاک خواهد بود.

در مناطق فقیر و در کشورهایی که یارانه‌ای برای کود شیمیایی در اختیار کشاورزان قرار ندارد، انگیزه‌های زیادی برای مصرف کودهای آلی وجود دارد. به اعتقاد اودراگو و همکاران (۲۰۰۱) در این حالت، عواملی که در پذیرش کود دامی توسط کشاورزان نقش دارند عبارتند از:

- ✓ فقر مواد غذایی خاک،
- ✓ قیمت بالا و عدم دسترسی به کود شیمیایی،
- ✓ کاهش عملکرد محصولات زراعی،
- ✓ ناتوانی در بازپرداخت وامِ خرید کود شیمیایی، و
- ✓ مشاهده نتایج مثبت کاربرد کود دامی در مزارع دیگر

همان‌طور که گفته شد کودها و مواد آلی بیش از آن که به طور مستقیم به افزایش عملکرد محصولات زراعی کمک کنند، در حفظ ساختمان خاک و افزایش کیفیت آن موثرند و بدین ترتیب بستر مناسبی را برای رشد محصولات زراعی فراهم می‌کنند. یکی از مشکلات و محدودیت‌های استفاده از کودهای آلی، آلودگی‌های زیست‌محیطی، وجود عوامل بیماری‌زا و تجمع فلزات سنگین در آنهاست. به گزارش آدک و همکاران (نیکلسون و همکاران، ۲۰۰۵) در سال ۲۰۰۰ حدود ۱/۳۴ میلیون بیماری ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده در انگلستان و ولز گزارش شده است که مهم‌ترین عوامل ایجادکنندهٔ این بیماری‌ها، باکتری‌ها به ویژه *Escherichia coli*، *Salmonella*، *Campylobacter* و *Listeria* هستند که مهم‌ترین منبع ورود این باکتری‌ها به زنجیرهٔ غذایی انسان، کودهای آلی‌ای است که در زمین‌های

کشاورزی مصرف می‌شوند و به همین دلیل از سال ۱۹۹۹ کاربرد کودهای آلی به شکل خام و تیمار نشده در بریتانیا ممنوع شده است. این باکتری‌ها بین ۳ تا ۶ ماه در کود دامی به شکل فعال و زنده باقی می‌مانند؛ بنابراین نباید از آنها بلافاصله در مزرعه استفاده کرد. بر اساس قوانین ایتالیا، برای مصرف کود دامی در مورد گاوهای شیری، کود باید حداقل ۱۲۰ روز و در موارد دیگر ۱۸۰ روز در انبار نگهداری و سپس در مزارع مصرف شود (پروولو، ۲۰۰۵). افیونی و همکاران (۱۳۷۷) نشان دادند که استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود آلی باعث افزایش غلظت مس، روی و سرب در خاک و اندام‌های گیاهی شد. کلباسی و گندمکار (۱۳۷۶) نیز گزارش کردند که استفاده از شیرابهٔ زباله باعث افزایش جذب آهن، روی و مس توسط ذرت شد.

بهینه‌سازی مصرف آب و راهبردهای صرفه‌جویی آب در سامانه‌های کشاورزی

صرفه‌جویی آب[1] در کشاورزی به افزایش تولید محصولات کشاورزی با استفاده از یک مقدار ثابت آب گفته می‌شود. مفهوم صرفه‌جویی آب در برگیرنده سه مرحله صرفه‌جویی فیزیولوژیکی، صرفه‌جویی ژنتیکی و صرفه‌جویی زیستی (شامل جانوری، گیاهی و ریزموجودی) آب است. صرفه‌جویی زیستی آب[2] به افزایش تولید با بهره از توانمندی ژنتیکی و فیزیولوژیکی گیاهان زراعی اطلاق می‌شود. به عبارت دیگر، این امر برابر است با عملکرد بیشتر به ازای واحد آب مصرفی در کشاورزی. صرفه‌جویی فنی آب[3] نیز به مجموعه عملیات حفظ آب با بهره‌گیری از راهکارها و روش‌های مهندسی و فنی گفته می‌شود. آن چه مشخص است این که هر سه راهکار پیش‌گفته به دانش فنی بالایی نیاز دارد. در تعریف کشاورزی پایدار نیز اشاره شده است که با حذف بسیاری از نهاده‌ها در این کشت‌بوم‌ها، باید نهاده دانش و اندیشه را بیشتر کرد و در واقع گستره اندیشه‌سپهر در سامانه‌های پایدار افزایش می‌یابد و به تبع آن، مدیریت دقیق‌تر و پیچیده‌تری نیز به کار خواهد رفت.

در مناطق خشک و نیمه خشک، حجم آب موجود است که تعیین‌کننده بقا، توزیع و عملکرد گیاهان، حیوانات و ریزموجودات است. در این مناطق است که کارایی مصرف آب (WUE) اهمیت تعیین‌کننده‌ای می‌یابد. بنابراین بهبود WUE در فرایندهای مختلف زیستی از ریزموجودات تا گیاهان و

1- Watersaving
2- Bio-watersaving (Biological water saving)
3- Engineering- based Watersaving

حیوانات به وسیله استفاده از روش‌ها و ابزار مختلف، اساس حفظ زیستی آب را تشکیل می‌دهد. به طور کلی، اهداف صرفه‌جویی آب عبارت است از:

- ✓ افزایش کارایی بهره‌برداری از منابع آبی (عمدتاً به کمک فناوری و مهندسی)،
- ✓ افزایش WUE و عملکرد گیاهان زراعی،
- ✓ افزایش کارایی اقتصادی مصرف آب.

روش‌های فنی زراعی

موفقیت‌های فناورانه عمده‌ای در بهبود کارایی مصرف آب از طریق روش‌های زراعی به دست آمده است که برای مثال به چند نمونه آن اشاره می‌شود.

آبیاری محدود و خُردآبیاری[1]. آبیاری تکمیلی یا تلفیق کشت دیم و آبیاری محدود، یکی از ایده‌های مناسب برای افزایش عملکرد محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. آبیاری تکمیلی با حدود ۱۰۰ میلی‌متر آب، مشروط به این که طی دوره‌های بحرانی خشکی انجام شود، می‌تواند عملکردهای دیم را با دوبرابر افزایش از حدود ۱ به ۲ تن غله در هکتار برساند که باعث افزایش بهره‌وری آب به ۰/۵ کیلوگرم در مترمکعب آب مصرفی می‌شود. فناوری‌های بسیاری برای آبیاری تکمیلی وجود دارد که از آن جمله می‌توان از استخر مزرعه‌ای تا خردآبیاری با آب زیرزمینی کم‌عمق که با استفاده از پمپ استخراج می‌شوند، اشاره کرد (ریسبرمن و مانینگ، ۲۰۰۶). جدول آبیاری مناسب نیازمند زمان‌بندی دقیق آبیاری و مقدار آب مصرفی بر اساس شرایط مزرعه و گیاه زراعی است. این امر مستلزم داشتن اطلاعات کافی در مورد رطوبت خاک در زمان آبیاری و همچنین به کارگیری روش‌های مناسب جابجایی آب و سامانه‌های آبیاری است.

سامانه‌های آبیاری تحت فشار. روش‌های آبیاری تحت فشار همچون آبیاری قطره‌ای که موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش شوری خاک می‌شود، می‌توانند در سطوح گسترده‌تری نسبت به وضعیت کنونی به کار گرفته شوند (بورلاگ و داوسل، ۲۰۰۰). حتی گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد آبیاری قطره‌ای در شرایط نیمه خشک، کارایی آبیاری را تا ۹۵٪ افزایش می‌دهد (هینریکسن و همکاران، ۱۹۹۷؛ بلیس، ۲۰۰۲). مطالعات در شمال چین نیز نشان می‌دهد که با کاربرد آبیاری قطره‌ای،

1- micro-irrigation

عملکرد و کارایی مصرف آب گندم زمستانه در مقایسه با آبیاری کرتی، به ترتیب ۲۸ و ۴۸ درصد افزایش یافت و ۶۳۶ متر مکعب آب در هکتار صرفه‌جویی شد (دنگ و همکاران، ۲۰۰۶). ژانگ و کای (۲۰۰۱) نیز نشان دادند آبیاری در زیر یک خاکپوش پلاستیکی، روش موثری برای کاهش تبخیر از سطح خاک بود و یک تنش ملایم رطوبتی در مرحله تشکیل جوانه‌ها، موجب افزایش عملکرد الیاف و کارایی مصرف آب شد. این مثال‌ها نشان می‌دهد عملیات حفظ آب در کشاورزی می‌تواند در عمل موجب صرفه‌جویی در مصرف آب شود. با این وجود، برای دستیابی به چنین هدفی رعایت دو نکته ضروری است: الف) تدوین استانداردهای آبیاری بر اساس شرایط منطقه‌ای و ملی، و ب) آموزش کشاورزان در ارتباط با مزایای طراحی مناسب جدول آبیاری جهت تشویق آنها به تهیه تجهیزات استاندارد آبیاری با رعایت شرایط منطقه‌ای.

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به عنوان کارامدترین سامانه‌های آبیاری به ویژه برای آبیاری گیاهان زراعی با آب شور محسوب می‌شوند. مزایای این روش عبارت است از: ۱) مصرف کمتر آب (به دلیل کارایی بالای سامانه آبیاری) و در نتیجه انباشت کمتر نمک در خاک، ۲) جلوگیری از سوختگی برگ، ۳) دفعات متعدد آبیاری با سامانه قطره‌ای از خشک شدن خاک در فاصله بین دو آبیاری جلوگیری می‌کند و بدین ترتیب مانع وقوع حداکثر انباشت نمک در خاک و پتانسیل اسمزی بالا می‌شود، و ۴) نمک‌های موجود در آب به طور مرتب از منطقه خیس خاک شسته و از ریشه‌سپهر که فضای رشد ریشه گیاه زراعی است، خارج می‌شوند.

کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ارزان‌قیمت نتایج موفقی در بسیاری از نقاط جهان داشته است که از آن جمله می‌توان به کنیا، زیمبابوه و آفریقای جنوبی اشاره کرد. سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ثقلی، سامانه‌هایی هستند که معمولاً به جای پمپ از نیروی ثقلی زمین به عنوان نیروی محرک جریان آب استفاده می‌کنند. در این سامانه‌ها، منبع آب در ارتفاع ۰/۵-۱/۵ متری قرار می‌گیرد و لوله‌های جانبی به طول ۱۰ متر آب را منتقل و با استفاده از قطره‌چکان با حجمی معادل ۰/۲ تا ۳ لیتر در ساعت در اختیار گیاه زراعی قرار می‌دهند که این رقم در سامانه‌های رایج قطره‌ای، ۲-۸ لیتر در ساعت است (کارلبرگ و همکاران، ۲۰۰۷). این سرعت پایین آبیاری اگر همراه با آب شور باشد موجب می‌شود تا زمان آبیاری طولانی‌تر شود و بنابراین تجمع نمک به شکل یکنواخت‌تری خواهد بود. از طرف دیگر، سرعت پایین آبیاری ممکن است موجب افزایش تبخیر سطحی از خاک شود، چرا که سطح خاک زمان بیشتری خیس خواهد بود و باید از این امر با روش‌هایی چون کاربرد خاکپوش جلوگیری کرد تا کارایی مصرف آب سامانه کاهش نیابد. یکی از ایراداتی که به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در کشاورزی

پایدار وارد است، مصرف بالای انرژی و وابستگی این سامانه‌ها به سوخت فسیلی است؛ در حالی که در آبیاری قطره‌ای ثقلی، این مصرف سوخت تا حد زیادی کاهش یافته است. به هرحال، کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای عموماً برای محصولات گران‌قیمت نظیر سبزیجات و میوه‌ها توصیه می‌شود.

آبیاری موجی[1] از دیگر روش‌های نوین آبیاری است که در تگزاس آمریکا به طور گسترده استفاده می‌شود و مبتنی بر استفاده از جریان‌های متناوب برای توزیع یکنواخت‌تر آب است (بلیس، ۲۰۰۲).

کاربرد روش‌های دقیق کم‌انرژی[2] (LEPA). این روش برخلاف سامانه‌های متداول آبیاری بارانی که آب را به درون هوا می‌پاشند، آب را از لوله‌های ریزش که از بازوی آبپاش منشعب شده‌اند به گیاه می‌رساند. این روش نیز در صورت به کارگیری صحیح می‌تواند کارایی آبیاری را تا ۹۵ درصد افزایش دهد و چون تحت فشار کم آب کار می‌کند، هزینه انرژی آن در مقایسه با سامانه‌های رایج بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (هینریکسن و همکاران، ۱۹۹۷). علاوه بر این، سامانه‌های جدید آبیاری دقیق[3] که آب را تنها در هنگام نیاز گیاه به آن می‌رسانند نیز در راه هستند (بورلاگ، ۲۰۰۰؛ بورلاگ و داسول، ۲۰۰۰).

روش‌های زراعی

روش‌های زراعی همچون شخم حفاظتی (بورلاگ، ۲۰۰۶) و سایر روش‌های زیستی موجب مدیریت بهتر باروری خاک، به ویژه در کشت‌بوم‌های فشرده موجب ثبات بیشتر در تولید کشاورزی می‌شوند. یک مثال برجسته از فناوری جدید سبز/ آبی در تولید گندم، «سیستم کاشت بستر[4]» است که دارای چند مزیت نسبت به سامانه‌های رایج کشت است. در این روش، ارتفاع و خوابیدگی گیاه کاهش یافته که موجب افزایش ۵-۱۰ درصدی عملکرد و کیفیت بهتر دانه می‌شود. مصرف آب نیز ۲۰-۱۵٪ کاهش می‌یابد که صرفه‌جویی چشمگیری است. کارایی نهاده‌ها (کود و مواد شیمیائی) نیز تا حد زیادی افزایش می‌یابد که امکان کاهش ۲۵ درصدی مصرف نهاده را فراهم می‌سازد. این فناوری در مکزیک و برخی مناطق چین، هندوستان و پاکستان در حال گسترش سریع است (بورلاگ، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶؛ بورلاگ و داوسل، ۲۰۰۰).

1- surge irrigation
2- low-energy precision application
3- precision irrigation
4- bed planting system

برداشت آب. در مناطقی با بارندگی سالانه کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر، برداشت آب می‌تواند روش کارامدی برای جمع‌آوری آب بارندگی به عنوان منبعی از آبیاری تکمیلی محسوب شود. کسب سهم بیشتری از بارندگی در نزدیکی محل ریزش آن، نه فقط موجب افزایش آب قابل دسترس برای گیاهان و مردم آن منطقه می‌شود، بلکه از فرسایش خاک نیز جلوگیری می‌کند. در کشورهای درحال توسعه‌ای که در آنها کشاورزان معیشتی قادر به سرمایه‌گذاری در سامانه‌های جدید آبیاری نیستند، انجام پروژه‌های حفظ آب برای ذخیره‌سازی آب از فصول بارانی برای استفاده در فصول خشک و استفاده از رهیافت‌های سنتی مانند دیواره‌های سنگی روی خطوط تراز و طراحی گودال‌های جمع‌آوری آب می‌تواند به افزایش تولید محصول کمک کند (هینریکسن و همکاران، ۱۹۹۷). در زمین‌های شیب‌دار، از سازه‌های برداشت آب برای جمع‌آوری آب بارندگی استفاده می‌شود و هنگام بروز خشکی شدید، از این آب برای آبیاری محصول استفاده می‌شود. کارایی این روش با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای افزایش می‌یابد. اگر این رهیافت با روش‌های دیگر همچون کاشت گیاهانی که نیاز آبی اندکی در ابتدای رشد دارند، کاربرد خاکپوش پلاستیکی، آبیاری قطره‌ای و آبیاری زیر پلاستیک همراه شود، کارایی آن به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. نتایج یک مطالعه نشان داد احداث یک آب‌انبار با ظرفیت ۵۰ متر مکعب آب، هزینه‌ای حدود ۵۰ دلار به همراه دارد که از آن می‌توان برای آبیاری تکمیلی سطحی معادل ۰/۱۳ هکتار و عملکردی حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بهره گرفت (دنگ و همکاران، ۲۰۰۶). اگر از این آب برای محصولاتی مانند سبزیجات گلخانه‌ای و درختان میوه استفاده شود، درآمد اقتصادی قابل‌توجهی را نصیب کشاورز خواهد کرد.

تلاش‌های سازمان‌های غیر دولتی برای عمومی کردن فناوری‌های آبیاری کم‌هزینه در جنوب آسیا، گرایش مردم به سمت استفاده از روش‌های برداشت آب باران و پر کردن مجدد سفره‌های زیر زمینی در غرب هندوستان و مناطقی از چین، حرکت‌های جدید در جنوب هندوستان، تانزانیا و غنا برای احیای مجدد آب‌انبارها و استخرهای قدیمی در سامانه‌های منطقه‌ای تامین آب و آبیاری، همگی نمونه واکنش‌های منحصر به فرد مناطق تحت تنش آب به چالش کمبود آب است (شاه، ۲۰۰۳). برداشت آب باران به طور موفقیت‌آمیز توسط صدها هزار انسان، برای افزایش آب برای مصارف خانگی وکشاورزی استفاده شده است.

رهیافت‌های زیستی

بخش عمده‌ای از پژوهش‌ها و سرمایه‌گذاری‌های آب بر روش‌های زراعی و تجهیزات و پروژه‌های صرفه‌جویی آن متمرکز شده‌اند، اما اطلاعات اندکی در مورد مبانی زیستی کارایی مصرف آب و خشکی

در گیاه، حیوانات و ریزموجودات، به ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک وجود دارد. اکنون فشار افزایش جمعیت بر منابع طبیعی موجب شده است تا رهیافت‌های جایگزین و ارزیابی مجدد از منابع محیطی و گیاهان بی‌استفاده و یا کمتر استفاده‌شده مورد توجه قرار گیرد. هم اکنون در بسیاری از مناطق جهان، فراهم نمودن آب با کیفیت مطلوب و ارزان به شدت با محدودیت روبرو شده است و قابل پیش‌بینی است که در آینده ذخایر آب شیرین بیشتر محدود خواهد شد و سامانه‌های آبیاری کشاورزی در آینده نزدیک بیشتر تحت تاثیر شوری قرار خواهند گرفت. بنابراین رویکرد خاص به رهیافت‌های زیستی صرفه‌جویی آب کشاورزی، به جای پرداختن صرف به فناوری، سبب وسعت بخشیدن به حوزه عمل در بهبود توان تولیدی آب خواهد شد.

تعیین مناسب‌ترین زمان آبیاری بر مبنای حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه به تنش خشکی

مرور مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مراحل گرده‌افشانی، طویل شدن ساقه تا خوشه‌دهی و خوشه‌دهی تا شیری شدن، حساس‌ترین مراحل رشدی گندم به خشکی هستند. بنابراین در شرایط محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک، آبیاری محدود یا تکمیلی در این مراحل توصیه می‌شود. مطالعه دنگ و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که فقط یک‌بار آبیاری با حجم ۶۰۰ متر مکعب در هکتار (معادل ۳۰٪ حجم آب آبیاری مورد نیاز برای کل فصل رشد و دستیابی به حداکثر عملکرد) در مرحله دکمه‌ای شدن، عملکرد گندم دیم را تا ۷۵٪ عملکرد گندم فاریاب افزایش داد. مقدار افزایش عملکرد بر اثر این آبیاری معادل ۲/۸ کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب بود. مناسب‌ترین زمان آبیاری محدود در گندم بهاره، در مرحله دکمه‌ای شدن و پیش از بحرانی شدن کمبود آب برای گندم بود. البته باید توجه داشت که مرحله بحرانی رشد که عملکرد به شدت تحت تاثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد، متفاوت از مرحله‌ای است که آبیاری تکمیلی موجب دستیابی به حداکثر عملکرد می‌شود.

۲-۱۰ بررسی و ارائه برنامه عملیاتی با رویکرد کشاورزی اکولوژیک برای ارتقای بهره‌وری و تناسب اراضی

هر اگرواکوسیستم شامل اجزای زیست‌محیطی، فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی است که این اجزا بر اساس اهداف و چگونگی مدیریت اگرواکوسیستم به فعالیت می‌پردازند. بنابراین، اجزای اگرواکوسیستم‌های پایدار نیز بر اساس اصول و اهداف اگرواکولوژی و کارکردهای اکولوژیک تبیین می‌شوند. برای شناخت

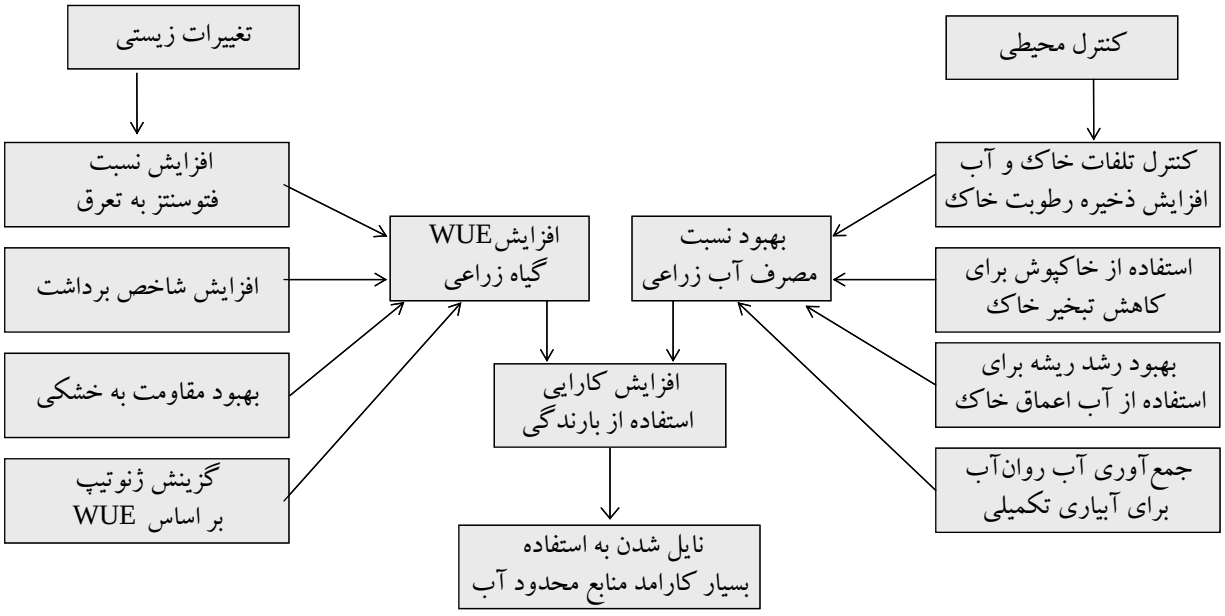
اجزای یک اگرواکوسیستم پایدار باید به این نکته توجه داشت که طراحی چنین سامانه‌ای از دل نظام‌های رایج کشاورزی، فرآیندی تدریجی و مستلزم گذراندن سه مرحله است (مک‌را و همکاران، ۱۹۹۰):

- ✓ **افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها:** نظیر کودپاشی نواری، پایش آفات و بنابراین کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و یا بهینه‌سازی سامانه‌های آبیاری،
- ✓ **جایگزینی نهاده‌های برون‌مزرعه‌ای با نهاده‌های داخلی:** در این مرحله باید نهاده‌های خارجی را تا حد امکان حذف و نهاده‌ها و عملیات بوم‌سازگار را جایگزین آنها کرد. از جمله این جایگزینی‌ها می‌توان به کاربرد بقولات، کود سبز و کود دامی در مقابل کودهای شیمیایی اشاره کرد، و
- ✓ **بازآفرینی اگرواکوسیستم‌های جدید:** پس از اجرای دو مرحله پیش و شناسایی مشکلات موجود و دلایل بروز آنها در نظام‌های کشاورزی رایج، باید بر اساس شرایط زمانی و مکانی خاص هر اکوسیستم، نظام‌های نوینی طراحی کرد. در این مرحله باید کارکردهای اکولوژیک مختلف وارد اگرواکوسیستم شود.

خاک بستره حیات و تولید و حفظ آن، ضامن بقای نسل‌های آتی است. خاک محیطی است که تنوع زیستی قابل‌توجهی را در دل خود جای داده و محل رویدادهای بی‌شماری است که هرکدام یک فرآیند حیاتی را راهبری می‌کنند. در ارائهٔ برنامهٔ عملیاتی با رویکرد اگرواکولوژیک برای حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه بر پیشگیری از رخدادهای نامطلوب و در وهله بعد درمان آن تاکید می‌شود. اگرواکولوژی رهیافتی محیط‌محور و دوست‌دار طبیعت است؛ در جای‌جای این گزارش ممکن است به ذهن خواننده چنین خطور کند که آیا چنین مدیریت‌هایی قابل دستیابی است یا خیر؟ نمونه‌های موفقیت‌آمیزی که در حفظ خاک و زدایش آلودگی‌های زیست‌محیطی در سطح دنیا و سطح ایران و حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارند، دورنمایی دست‌یافتنی برای این مدیریت‌ها ترسیم می‌کنند. ترغیب اگرواکوسیستم‌ها به روابط همزیست، تقویت تنوع زیستی و خوداتکایی غذایی آنها و سوق‌دادن این سامانه‌ها به سمت مدیریت‌های تلفیقی از جمله مواردی است که به شکل مستتر یا مستقیم مورد تاکید واقع شده‌اند. در هیچ جای این گزارش بر حذف نهاده‌های غذایی تاکید نشده است، بلکه افزایش کارایی مصرف این نهاده‌ها را به عنوان محور مدیریت نهاده‌های غذایی معرفی نموده‌ایم، چرا که بیشینه‌سازی کارایی مصرف نهاده‌ها و از جمله عناصر غذایی، از جمله مهم‌ترین اصول اگرواکولوژی به شمار می‌رود (مهدوی دامغانی و همکاران، ۲۰۰۵).

علاوه بر ارتقای بهره‌وری خاک به عنوان پایهٔ تولید در سامانه‌های کشاورزی، بهبود کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها و چالش‌های کشاورزی است، چرا که هنوز هم خشکی

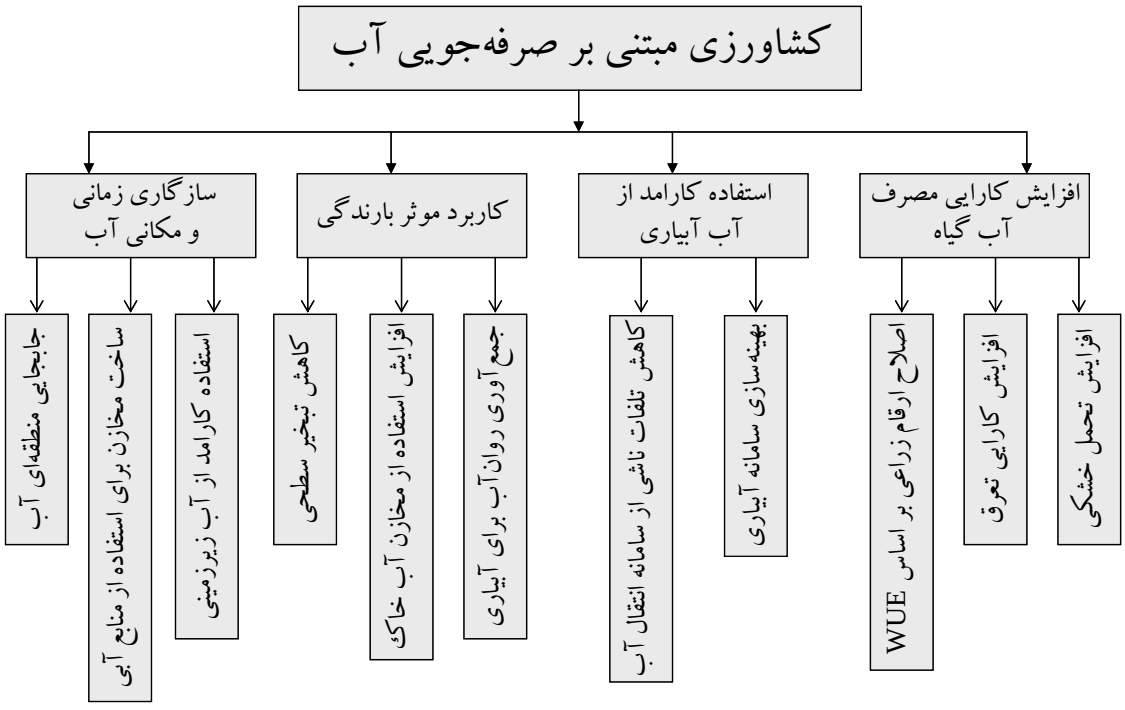
مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در بسیاری از نقاط خشک و نیمه خشک جهان است و عامل اصلی طراحی جدید برای کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نیز عامل آب و ضرورت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی این منطقه است. در حالی که میانگین مصرف آب در کشورهای در حال توسعه در سامانه‌های آبیاری سنتی کرتی، ۷۳۲۰ متر مکعب در هکتار است، کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی این رقم را به ۳۲۵۰ متر مکعب در هکتار کاهش داده است. با این حال، سطح اندکی (کمتر از ۱٪) از اگرواکوسیستم‌های چنین کشورهایی و از جمله ایران از چنین سامانه‌های کارامدی برخوردار است. بنابراین، گسترش این سامانه‌ها با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی منطقه و وضعیت اقتصادی کشاورز و اگرواکوسیستم، نقش موثری در تحقق انقلاب آبی ایفا خواهد کرد. از سوی دیگر، کارایی مصرف آب بارندگی نیز اندک و حدود ۵۵٪ است. این رقم نشان‌دهنده ظرفیت‌های استفاده‌نشده برای افزایش کارایی مصرف آب با بهره‌گیری از آب بارندگی‌ها به روش‌هایی است که در این گزارش به آن پرداخته شد. برای افزایش کارایی مصرف آب بارندگی، تلفیقی از پیش‌گیری از تلفات آب خاک، کاهش تبخیر سطحی از خاک و افزایش بهره‌برداری از منابع آب خاک توسط گیاه توصیه می‌شود که در شکل ۱۶ ارائه شده است (دنگ و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۱۶. رهیافت‌های صرفه‌جویی آب برای بهبود کارایی مصرف آب کشاورزی با هدف تدوین یک برنامهٔ عملیاتی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (اقتباس از دنگ و همکاران، ۲۰۰۶).

مفهوم کارایی مصرف آب در کشاورزی، گستره وسیع‌تری از صرفاً کاربرد روش‌ها و رهیافت‌های زراعی، فنی و ژنتیکی را شامل می‌شود و باید در مقیاس آبخیز به آن پرداخته شود. مسیر اصلی افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی شامل افزایش تولید به ازای هر واحد آب مصرفی (با بهره‌گیری از روش‌های زراعی و مهندسی)، کاهش تلفات آب به مخازن غیر قابل استفاده و تخصیص آب به اولویت‌های مهم‌ترمی‌باشد که می‌بینیم مجموعه‌ای از عوامل زراعی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را در بر دارد.

انقلاب آبی کشاورزی تنها بر پایه راهکارهای فنی محقق نخواهد شد. کشاورزی باید مسئولیت بیشتری در قبال مصرف آب به عهده بگیرد و از جمله نسبت به عدم آلودگی آب و حفظ سلامت انسان‌ها و محیط متعهد شود. هدف اصلی این انقلاب آبی، افزایش WUE است. به عبارت دیگر هدف این رهیافت، بیشینه‌سازی نسبت‌های زیر است: نسبت حجم آب ذخیره خاک به کل حجم بارندگی، نسبت مصرف آب به کل آب ذخیره خاک، نسبت تعرق به آب مصرفی، نسبت عملکرد زیست‌توده به تعرق، نسبت درآمد اقتصادی به عملکرد زیست‌توده. اجزای این سامانه در شکل ۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۷. اجزای یک سامانه صرفه‌جویی آ ب کشاورزی و عناصر تنظیم‌کننده آن با هدف تدوین یک برنامهٔ عملیاتی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (اقتباس از دنگ و همکاران، ۲۰۰۶).

۳

تخمین اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

پیش‌گفتار: تغییر اقلیم در ایران

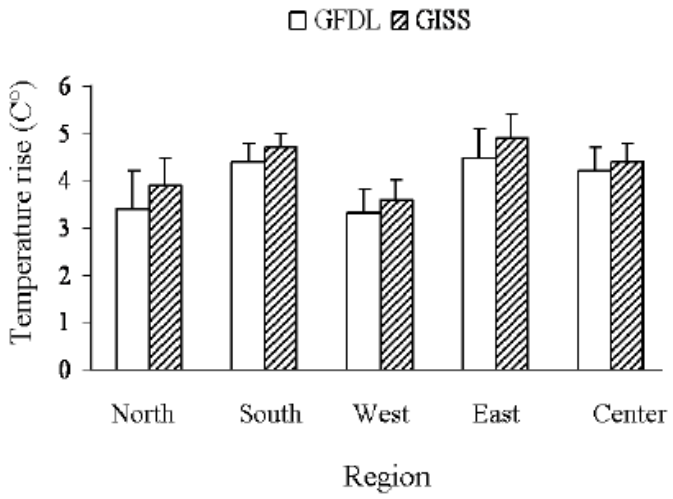
سناریوهای موجود در مورد افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جوّ برآوردهای مختلفی از تغییرات دمای آینده ارائه کرده‌اند. به طور کلی، مدل‌های مختلف گردش عمومی (GCMs) افزایشی ۳/۵-۲ درجه سانتی‌گرادی برای دمای کرهٔ زمین برای سال ۲۰۶۰ میلادی براورد کرده‌اند. گزارش دیگری از کارگروه میان‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) میانگین افزایش دمای جهان را برای سال ۲۰۵۰ در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد و در پایان قرن حاضر حدود ۴/۵ درجه سانتی‌گراد براورد کرده است. چنانچه غلظت گازهای گلخانه‌ای با سرعت فعلی، یعنی ۱/۹ پی‌پی‌ام در سال، افزایش یابد، تقریب اغلب مدل‌های موجود برای افزایش میانگین دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ میلادی حدود ۵/۵-۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. با وجود همهٔ عدم قطعیت‌ها در این پیش‌بینی‌ها باید به خاطر داشت که چنانچه دمای فعلی تنها یک درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، کره زمین به گرم‌ترین دمای خود طی ۱۰ هزار سال گذشته خواهد رسید.

گرمایش جهانی با تأثیر بر چرخه‌های آب‌شناختی کره زمین، الگوهای بارش را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. با وجودی که نتایج اکثر پیش‌بینی‌ها نشان داده است که میانگین بارش جهان در شرایط اقلیمی آینده تا حدودی افزایش می‌یابد، ولی این افزایش عمدتاً در عرض‌های جغرافیایی شمالی بوده و مناطق خشک و نیمه خشک جهان، نظیر ایران با کمبود جدی بارش مواجه خواهند بود. از آنجا که تقریباً تمامی شاخص‌های اقلیمی مرتبط با کشاورزی براساس دما و بارش محاسبه می‌شوند، تغییرات اقلیمی آینده با تأثیر بر این شاخص‌ها شرایط رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار خواهند داد.

اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت اگروکلیماتیک کشور

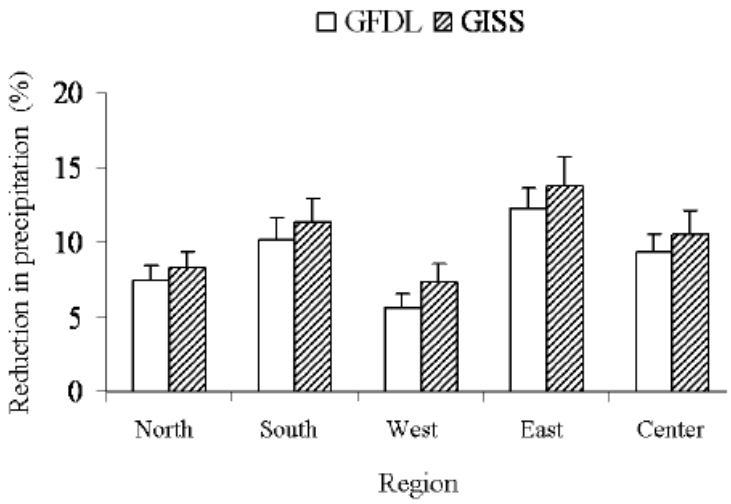
کوچکی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی ۴۰ ساله ۳۴ شهرستان کشور به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران از طریق پیش‌بینی وضعیت اگروکلیماتیک آینده کشور پرداختند.

تغییرات دمایی. میانگین افزایش سالانه دما بر اساس پیش‌بینی دو مدل گردش عمومی برای مناطق مختلف کشور در این پژوهش نشان داد که شدت این تغییر در ایران برای سال ۲۰۵۰ در محدودهٔ ۴/۵-۳/۵ درجه سانتی‌گراد است و در شرایط اقلیمی آینده افزایش دما جهت‌دار بوده و از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور تشدید خواهد شد (شکل ۱) . به علاوه، نتایج دیگر مطالعات نشان می‌دهد شدت افزایش دما در ماه‌های زمستان بیشتر از سایر ماه‌های سال است.



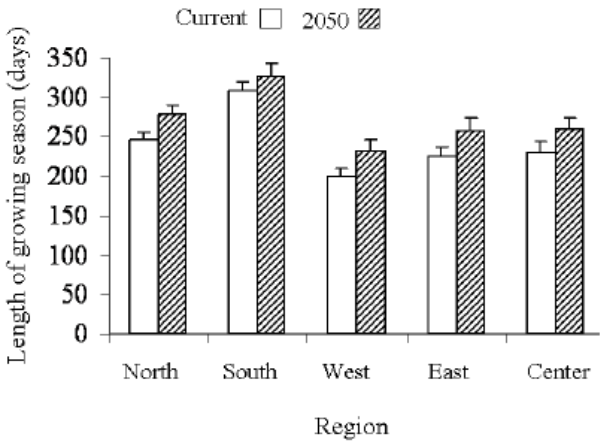
شکل ۱. میانگین پیش‌بینی‌شدهٔ افزایش سالانهٔ دما برای سال ۲۰۵۰ در مناطق مختلف کشور به وسیله دو مدل گردش عمومی (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴).

تغییرات بارش. نتایج همین پژوهش کاهش بارندگی در سال ۲۰۵۰ را نسبت به شرایط فعلی برای تمامی مناطق کشور تأیید می‌کند (شکل ۲)؛ میزان این کاهش که در دامنهٔ ۱۴-۷ درصدی است دارای شیب مکانی مشابه تغییرات گزارش‌شده برای دما است. شدت کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور بارزتر از مناطق مرطوب است. کوچکی و همکاران در پژوهش دیگری و برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی شیب تغییرات شمال به جنوب و غرب به شرق و کاهش میزان بارش سالانه را گزارش کرده و اشاره داشتند کاهش بارندگی در ماه‌های فصل پاییز و زمستان بیشتر از کاهش بارندگی در ماه‌های فصل بهار و تابستان (در مناطقی که بارندگی تابستانه دارند) خواهد بود.



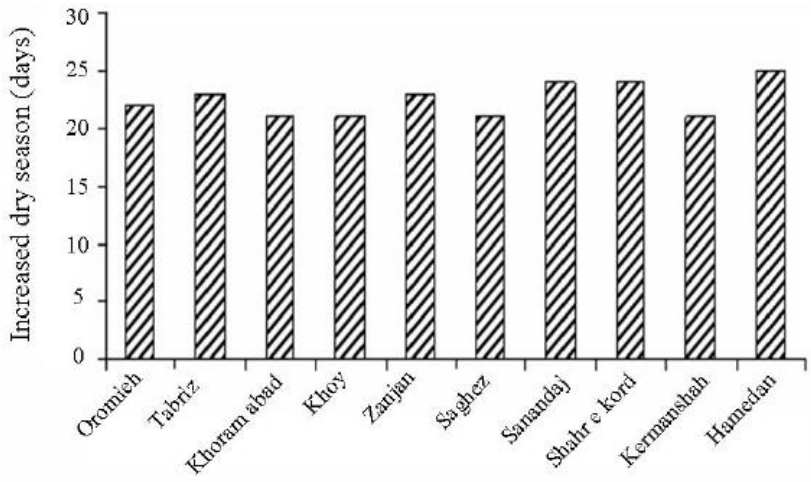
شکل ۲. میانگین پیش‌بینی‌شدهٔ کاهش میانگین سالانهٔ بارش برای سال ۲۰۵۰ در مناطق مختلف کشور به وسیله دو مدل گردش عمومی (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴).

طول فصل رشد. نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (۱۳۹۴) به وضوح نشان‌دهندهٔ طولانی‌تر شدن فصل رشد و کاهش تعداد روزهای فاقد یخبندان در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است (شکل ۳) که به گفتهٔ این پژوهشگران با توجه به تأخیر در تاریخ وقوع اولین یخبندان پاییزه و جلو افتادن تاریخ آخرین یخبندان بهاره دور از انتظار نیز نبوده است. در بخش‌های جنوبی کشور که در شرایط فعلی نیز تمام سال فصل رشد بوده و تقریباً فاقد دوره یخبندان است (مثلاً بوشهر یا بندرعباس)، افزایش طول فصل رشد اندک و در حدود ۱۸ روز است، در حالی که در مناطق سردسیر غرب و شمال غرب کشور (مثلاً اردبیل که طول فصل رشد آن در حال حاضر حدود ۱۶۰ روز است) تغییر اقلیم طول فصل رشد را تا ۳۳ روز افزایش خواهد داد. بنابراین، به نظر می‌رسد در این شرایط، حتی در نقاط بسیار سرد کشور نیز طول فصل رشد جهت کشت برخی محصولات زراعی که در حال حاضر امکان رشد آنها وجود ندارد، فراهم گردد. با وجودی که افزایش میانگین دمای سالانه بهترین متغیر جهت پیش‌بینی طول فصل رشد در شرایط تغییر اقلیم است، یافته‌های این پژوهش نشان داد که افزایش میانگین دمای فصل پاییز عامل اصلی افزایش طول فصل رشد کشور در شرایط تغییر اقلیم است.

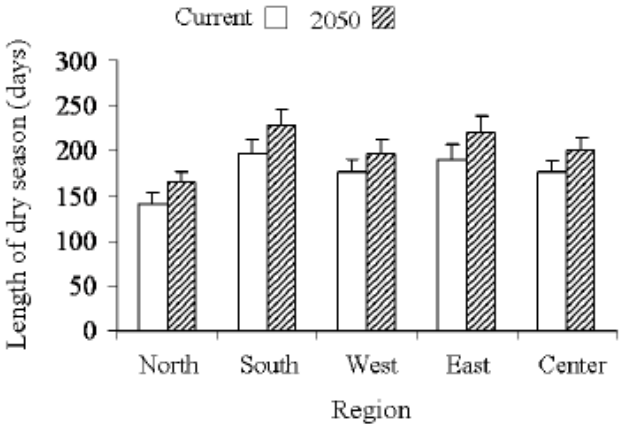


شکل ۳. میانگین فعلی و پیش‌بینی‌شدهٔ طول فصل رشد برای سال ۲۰۵۰ در مناطق مختلف کشور به وسیلهٔ مدل گردش عمومی GFDL (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴).

طول فصل خشک. باید توجه داشت که افزایش طول فصل رشد، بدون فراهمی آب مزیتی برای رشد و تولید بهتر گیاهان زراعی به همراه نخواهد داشت و بر همین اساس، طول واقعی فصل رشد، یعنی طول دوره بدون یخبندان به شرط دسترسی به ذخیرهٔ کافی آب در خاک، در شرایط اقلیمی آینده در اغلب مناطق کشور کاهش می‌یابد که به نوبهٔ خود محدودیت بیشتری برای محصولات دیم خواهد بود (شکل ۴). شکل ۵ افزایش منطقه‌ای طول فصل خشک را در شرایط اقلیمی آینده کشور نسبت به حال حاضر نشان می‌دهد؛ در اینجا نیز مجدداً شیب تغییرات شمال به جنوب و شرق به غرب، که پیش‌تر به آن اشاره شد مشهود است. به طور کلی، افزایش طول دوره خشکی در دامنه‌ای بین ۲۱ روز در غرب تا ۳۰ روز در جنوب کشور قرار دارد.



شکل ۴. افزایش پیش‌بینی‌شدهٔ طول فصل خشک در سال ۲۰۵۰ نسبت به شرایط فعلی در برخی مناطق دیم کشور به وسیلهٔ مدل گردش عمومی GFDL (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۵. میانگین فعلی و پیش‌بینی‌شدهٔ طول فصل خشک برای سال ۲۰۵۰ در مناطق مختلف کشور به وسیلهٔ مدل گردش عمومی GFDL (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴).

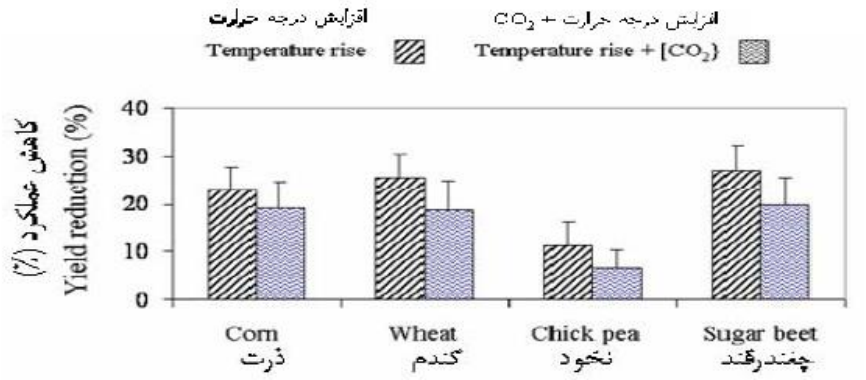
نیاز آبی. علیزاده و کمالی (۱۳۸۱) نشان دادند با افزایش ۲، ۴ و ۶ درجه سانتی‌گرادی دما در دشت مشهد، نیاز خالص آبیاری با الگو ترکیب کشت موجود در این دشت به ترتیب ۶، ۱۱ و ۱۷٪ افزایش خواهد یافت. مطالعهٔ ابراهیمی (۱۳۸۹) نیز در خراسان رضوی نشان داد نیاز آبی این منطقه در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۰۰ حدود ۲۲٪ افزایش خواهد یافت.

اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی کشور

کوچکی و نصیری محلاتی (۱۳۹۵) در پژوهشی به مقایسهٔ عملکرد گندم، ذرت، نخود و چغندرقند به عنوان ۴ گونه مهم زراعی در شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ میلادی با مقادیر فعلی پرداخته و تغییرات عملکرد ناشی از تغییرات اقلیمی را در این محصولات مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش، شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ براساس یک سناریوی استاندارد به وسیله مدل گردش عمومی (GFDL) براورد شد و نتایج به عنوان داده‌های آب و هوایی در مدل سوکروز که قبلاً به وسیله داده‌های آزمایشی برای گونه‌های تحت بررسی تعیین اعتبار شده بود مورد استفاده قرار گرفت.

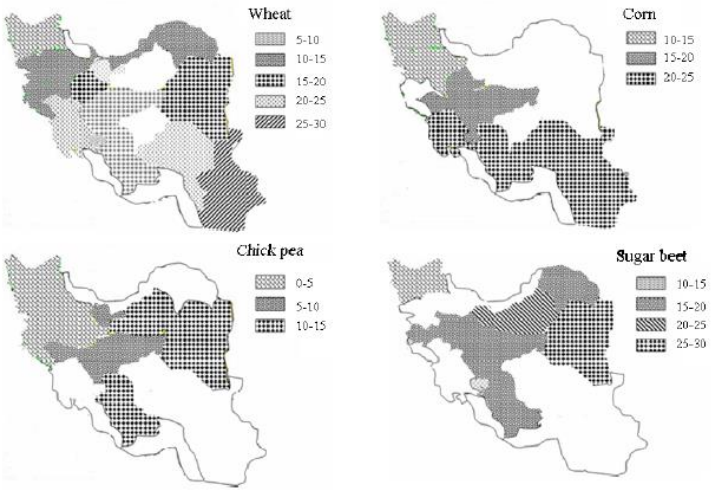
به منظور تفکیک تأثیر افزایش دما و اثر مثبت افزایش غلظت CO_2، مدل سوکروز برای هر محصول دو مرتبه به اجرا درآمد. در اجرای نخست تنها افزایش دما برای سال هدف در مدل تعریف شد و در اجرای دوم تأثیر توأم دو عامل بر عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد ۴ محصول مورد مطالعه در هر دو شرایط کاهش خواهد یافت (شکل ۶)؛ به طور کلی بیشترین میزان کاهش عملکرد

مربوط به چغندرقند و کمترین آن مربوط به نخود خواهد بود. به علاوه اثرات منفی دما به مراتب شدیدتر از نقش حاصلخیزکنندهٔ CO_2 است. افزایش غلظت CO_2 تأثیر منفی دماهای بالا را به ترتیب در ذرت، گندم، نخود و چغندرقند به میزان ۳/۷، ۶/۹، ۴/۶ و ۷/۳ درصد خنثی کرد که در میانگین معادل ۵/۶ درصد و در مقایسه با کاهش عملکرد ناشی از دما ناچیز است.



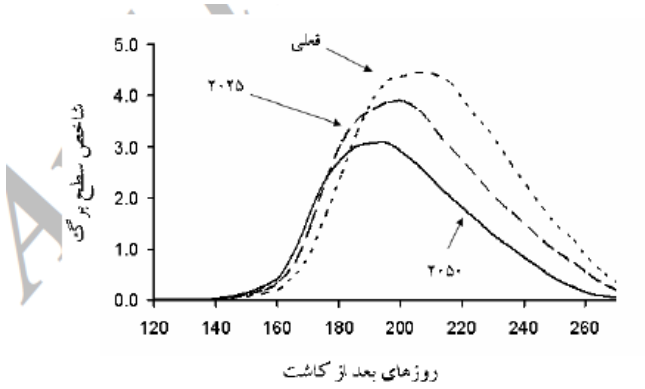
شکل ۶. پیش‌بینی کاهش عملکرد ۴ محصول زراعی برای سال ۲۰۵۰ میلادی نسبت به عملکرد فعلی. جهت براورد عملکرد هر محصول، مدل سوکروز یک‌بار تنها با اثر گرمایش و یک‌بار با اثر توام افزایش دما و غلظت CO2 اجرا شد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۹۵).

در شکل ۷ تغییرات عملکرد ۴ محصول زراعی مورد مطالعه در شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ میلادی در مناطق اصلی کشت این گیاهان در کشور که براساس آمار سطح زیر کشت و مقدار تولید آنها تعیین شد نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰ میلادی و براساس سناریوی A1F (تداوم وضع فعلی و انتشار زیاد CO_2)، عملکرد گندم ۳۰-۵٪، ذرت ۲۵-۱۰٪، نخود ۱۵-۰٪ و چغندرقند ۳۰-۱۰٪ کاهش می‌یابد.

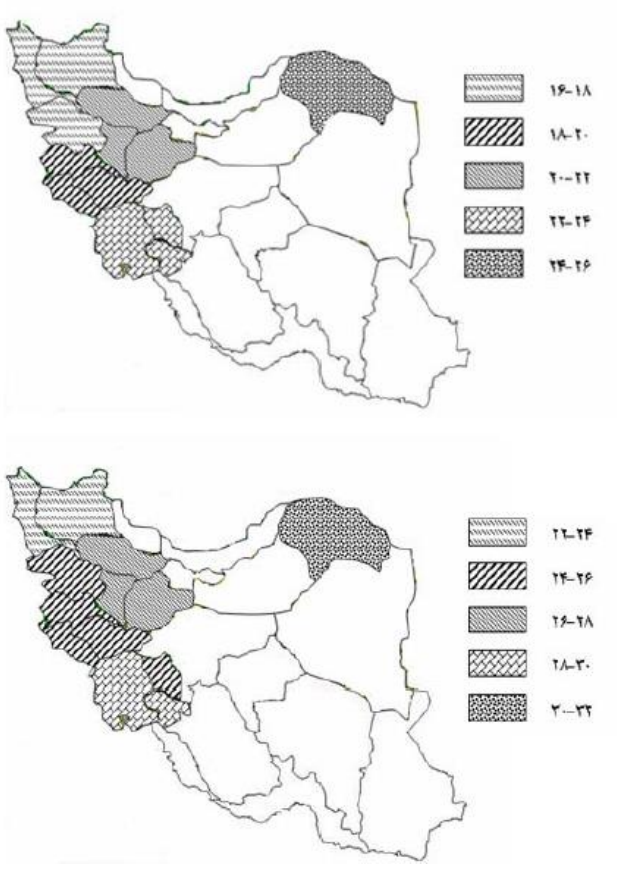


شکل ۷. پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد (٪) در سال ۲۰۵۰ نسبت به شرایط فعلی کشور برای ۴ محصول زراعی در مناطق اصلی کشت آنها در کشور (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۹۵).

در پژوهشی دیگر، کوچکی و کمالی (۱۳۸۹) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم دیم در ایران پرداختند. به این منظور داده‌های آبوهوایی تولیدشده به وسیله مدل گردش عمومی و بر اساس سناریوهای IPCC برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی، شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر و میزان بارش به‌عنوان ورودی‌های یک مدل شبیه‌سازی رشد و عملکرد برای گندم دیم که قبلاً برای پیش‌بینی عملکرد و رشد گندم در شرایط فعلی واسنجی و تعیین اعتبار شده بود مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد شاخص سطح برگ (شکل ۸) و میزان تشعشع جذب‌شده توسط کانوپی گندم در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی کاهش خواهد یافت. کاهش جذب تشعشع باعث کاهش سرعت رشد محصول شده و در نتیجه تولید ماده خشک به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. ارزیابی شاخص تنش خشکی در شرایط اقلیمی آینده نشان داد که کاهش سرعت رشد عمدتاً به دلیل کمبود آبِ ناشی از افزایش تبخیر و تعرق است. کاهش طول فصل رشد همراه با کاهش قابل توجه شاخص برداشت، عملکرد دانهٔ گندم دیم را، با وجود اثرات مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن، به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد. نتایج این شبیه‌سازی همچنین نشان داد شدت کاهش عملکرد در مناطق شرقی کشور نسبت به مناطق غرب کشور بیشتر است. میزان پیش‌بینی‌شده کاهش عملکرد گندم دیم در مناطق دیم‌خیز کشور برای سال ۲۰۲۵ در محدوده ۲۴-۱۶٪ و برای سال ۲۰۵۰ در دامنهٔ ۳۲-۲۲٪ است (شکل ۹).



شکل ۸. شبیه‌سازی روند رشد سطح برگ گندم دیم در شرایط فعلی و مقایسه آن با سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ . جهت انجام شبیه‌سازی تاریخ کاشت نیمه اول مهرماه انتخاب شده است. نتایج مربوط به یکی از ایستگاه‌های غرب کشور است (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹).



شکل ۹. درصد پیش‌بینی‌شدهٔ کاهش عملکرد گندم دیم در مناطق اصلی تولید این محصول در کشور برای سال‌های ۲۰۲۵ (بالا) و ۲۰۵۰ میلادی (پایین) (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹).

قلی‌پور و سلطانی (۱۳۸۴) به بررسی تغییر اقلیم بر فنولوژی، رشد و نمو گندم زمستانی در شرایط دیم و فاریاب تبریز پرداختند. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد دو برابر شدن غلظت CO_2 به ترتیب موجب افزایش ۴/۵ درجه سانتی‌گرادی متوسط دما در فصل پاییز و ۴/۷ و ۴/۳ درجه سانتی‌گرادی در ماه اسفند و فصل بهار خواهد شد. بر همین اساس، میزان افزایش بارش در ۶ ماه دوم سال به ترتیب ۳۶ و ۴۱ درصد خواهد بود. بر اساس نتایج حاصل از مدل تغییر یافته CICER، تغییر اقلیم پیش‌بینی‌شده سبب خواهد شد که تاریخ‌های گلدهی و رسیدگی در گندم به جلو بیفتد و در نتیجه زمینه برای کشت دوم فراهم‌تر گردد. در شرایط اقلیم تغییر یافته، عملکرد بیولوژیک گندم دیم ۶۷-۵۰٪ و گندم آبی ۳۹-۲۹٪ افزایش خواهد یافت. در شرایط فاریاب، با وجود کاهش کل تابش رسیده به زمین در دوره رشد و نمو گندم، به علت بیشتر شدن مقادیر کارآیی مصرف نور، نسبت تابش دریافت‌شده و شاخص برداشت، عملکرد دانه بالاتر خواهد رفت. در وضعیت دیم، با این که افزایش معنی‌داری در شاخص برداشت ایجاد خواهد شد، علت عمده افزایش عملکرد دانه مربوط به بالا رفتن کارآیی تعرق خواهد بود. یکی دیگر از اثرات تغییر اقلیم، بهبود کارآیی مصرف آب است که بر مبنای درصد، در شرایط دیم بیشتر از وضعیت آبی خواهد بود. بر اساس نتایج، به دلیل کاهش در تبخیر و تعرق، نیاز به آبیاری تقلیل خواهد یافت.

مقدادی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد نخود در شرایط دیم استان زنجان پرداختند. سناریوهای مورد بررسی شامل سناریوی شاهد، که شرایط جاری را شبیه‌سازی کرد و سناریوی تغییر اقلیم شامل اثر مستقیم افزایش غلظت دی اکسید کربن هوا (از ۳۵۰ به ۷۰۰ میکرومول بر مول) و اثر غیرمستقیم آن (کاهش ۱۰ درصدی بارندگی و افزایش ۴ درجه سانتی گرادی دما) بود. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد شرایط اقلیمی آینده، به طور میانگین در استان زنجان موجب افزایش ۳۳ درصدی تولید نخود نسبت به شرایط فعلی خواهد شد (افزایش از ۷۱۷ به ۹۵۷ کیلوگرم در هکتار)، اما پایداری عملکرد در سال‌های مختلف کاهش خواهد یافت. دلیل افزایش عملکرد، اثرات مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن بر فتوسنتز و کاهش تعرق ناشی از آن بود؛ همچنین بررسی نتایج این پژوهش مشخص کرد عاملی که نوسانات تولید در سال‌های مختلف را افزایش می‌دهد افزایش دما است. شهرستان زنجان با افزایش ۴۶/۵ درصدی بیشترین افزایش عملکرد را در شرایط اقلیمی آینده خواهد داشت، اما این افزایش عملکرد با کاهش ۳۸ درصدی پایداری عملکرد همراه است. شهرستان خدابنده از لحاظ کمیت تولید در شرایط آینده با عملکرد ۱۳۸۵ کیلوگرم در هکتار همچون شرایط فعلی (۱۳۰۷ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد را خواهد داشت.

کوچکی و همکاران (۱۳۸۰) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد و سایر خصوصیات رشدی آفتابگردان و نخود در شرایط فاریاب و دیم در تبریز پرداختند. در این تحقیق، با استفاده از دو مدل عمومی گردش میانگین ماهانه متغیرهای اقلیمی درجه حرارت، تشعشع و بارندگی، برای شرایط دو برابر شده دی اکسید کربن در شهر تبریز پیشگویی و سپس با استفاده از مدل شبیه سازی OSBOL، اثرات چنین تغییراتی بر رشد و نمو، عملکرد و نیاز آبی آفتابگردان و نخود (آبی و دیم) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، تغییر اقلیم سبب خواهد شد تا در آفتابگردان و در شرایط فاریاب، روز تا رسیدگی و شاخص برداشت کاهش و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تا حدودی نیاز آبی افزایش یابد. در شرایط دیم، عملکرد بیولوژیک افزایش و روز تا رسیدگی و شاخص برداشت کاهش می‌یابد. در مورد عملکرد دانه، بین نتایج مبتنی بر دو مدل GISS و GFDL تضاد وجود داشت؛ در رابطه با نخود نتایج بیانگر آن بود که دو برابر شدن دی اکسید کربن سبب کاهش شدید تعداد روز تا مرحله رسیدگی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و نیاز آبی نخود در حالت فاریاب شده و شاخص برداشت آن تغییری نخواهد کرد. بر اساس این پیشگویی، عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت نخود دیم در حالت اقلیم تغییر یافته، زیاد شده و روز تا رسیدگی کاهش خواهد یافت.

۳-۱ بررسی جامع مطالعات به انجام‌رسیده در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به منظور به دست آوردن خلأهای اطلاعاتی

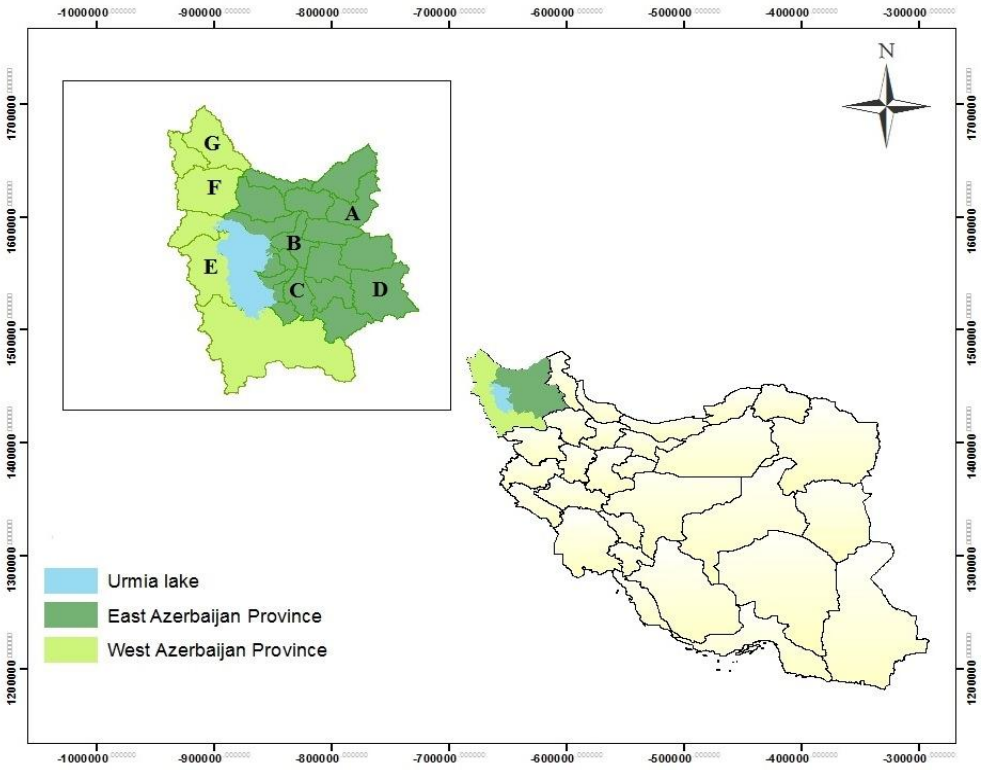
در بخش سوم از شرح خدمات قرارداد، مطالعات انجام‌شده در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به طور جامع مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مواردی که اطلاعات موجود کافی بود، تفسیر این اطلاعات ارائه شده است و هر جا خلأ اطلاعاتی وجود داشت با استفاده از روش‌ها و رهیافت‌های گوناگون، این خلأ اطلاعاتی تکمیل و سپس داده‌پردازی و تحلیل اطلاعات صورت گرفت.

روش‌شناسی انجام تحقیق

مطالعات و تولید محتوای اطلاعاتی در این قسمت از شرح خدمات در ۲ بخش صورت گرفت.

بخش اول: تغییرپذیری اقلیمی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

در بخش اول تغییرپذیری اقلیمی در منطقه مورد مطالعه با هدف پاسخ به این پرسش که «چه تغییرات اقلیمی‌ای و چگونه در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه رخ داده است؟» مورد بررسی قرار گرفت. منظور دیم‌زارهای دو استان آذربایجان شرقی و غربی مورد مطالعه قرار گرفت. استان آذربایجان شرقی پرجمعیت‌ترین و بزرگ‌ترین استان شمال غربی ایران محسوب می‌شود. این استان از سمت شمال به کشورهای آذربایجان و ارمنستان، از سمت غرب و جنوب غرب به استان آذربایجان غربی، از سمت شرق به استان اردبیل و از سمت جنوب شرق به استان زنجان محدود شده است. این استان دارای آب و هوای سرد کوهستانی بوده و کل محدوده‌ی استان را کوه‌ها و ارتفاعات تشکیل داده‌اند. مساحت استان آذربایجان شرقی ۴۵,۴۸۱ کیلومتر مربع است که از این نظر، یازدهمین استان بزرگ ایران محسوب می‌شود و حدود ۲/۸ درصد از وسعت کل ایران را به خود اختصاص داده است. این استان در شمال غرب کشور و بین مدارهای ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه‌ی عرض شمالی و نصف‌النهارهای ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه‌ی طول شرقی جای گرفته است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. موقعیت جغرافیایی استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی در ایران (A: اهر، B: تبریز، C: مراغه، D: میانه، E: ارومیه، F: خوی و G: ماکو).

استان آذربایجان غربی در شمال‌غربی ایران قرار دارد و از شمال به جمهوری آذربایجان و ترکیه، از غرب به کشورهای ترکیه و عراق، از شرق به استان آذربایجان شرقی و استان زنجان و از جنوب به استان کردستان محدود است. مساحت این استان برابر ۳۷۰۵۹ کیلومتر مربع است که سیزدهمین استان بزرگ کشور محسوب می‌شود و ۲/۲۵٪ مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. استان آذربایجان غربی یکی از مناطق کوهستانی کشور است. این استان عمدتاً تحت تاثیر جریان هوای مرطوب اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه است، ولی در برخی از ماه‌های زمستان، توده هوای سردی از اطراف شمال، هوای مدیترانه‌ای آن را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش قابل توجه دما می‌شود. این استان در بین مدارهای ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه‌ی عرض شمالی (از خط استوا) و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه‌ی طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱۰).

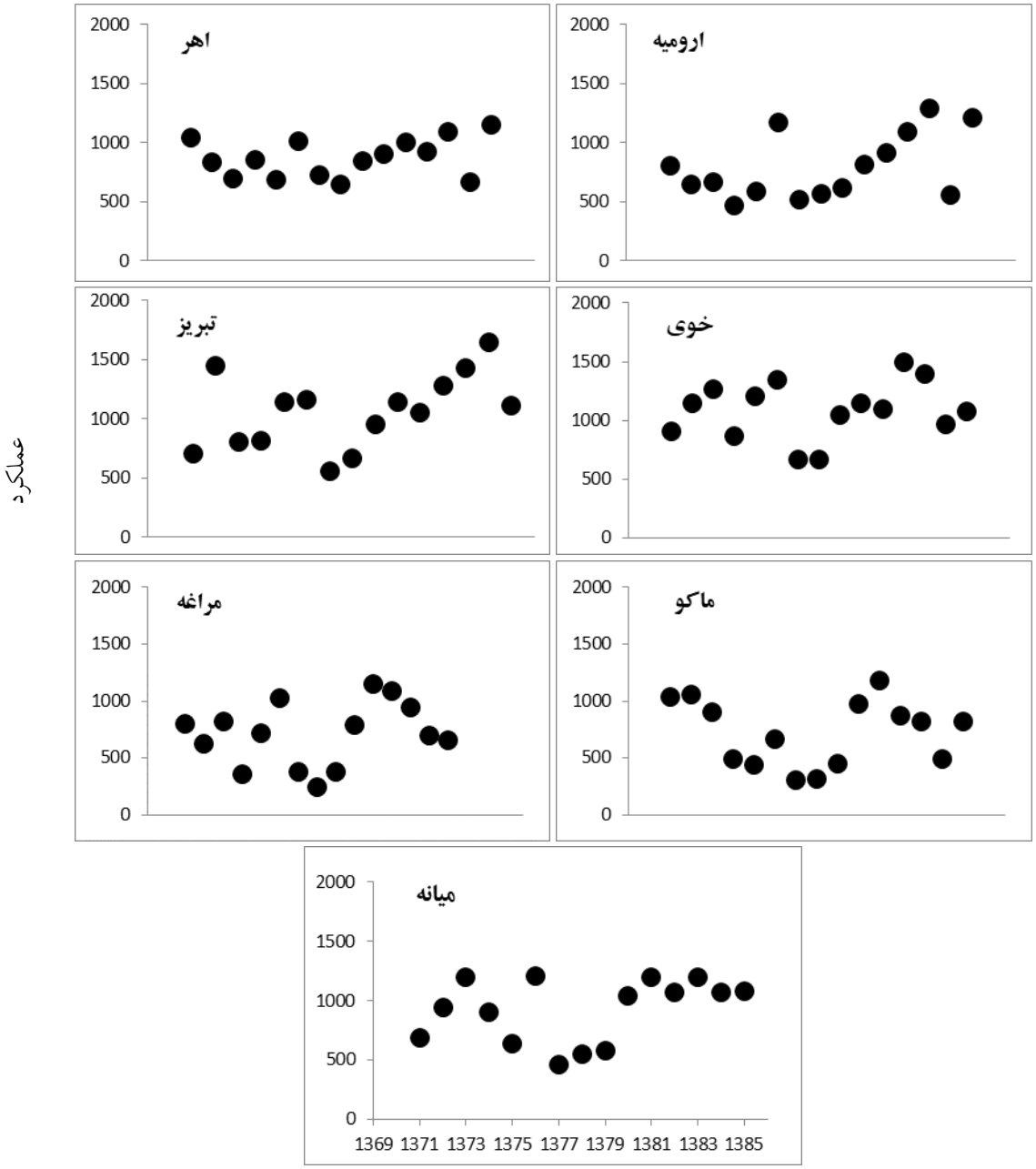
جمع آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

در این مطالعه ایستگاه‌های اهر، تبریز، مراغه، میانه، ارومیه، خوی و ماکو بر اساس توازنی از توزیع ناحیه‌ای، شرایط اقلیمی و تاریخچه‌ی اطلاعات هواشناسی انتخاب شدند و داده‌های آب‌وهوایی بلند مدت روزانه در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۱، برای این هفت ایستگاه از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شد (جدول ۱). این اطلاعات شامل دمای کمینه، بیشینه و روزانه (درجه سانتیگراد) و مجموع بارش (میلی‌متر) است.

جدول ۱. طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و میانگین سالانه متغیرهای آب‌وهوایی ایستگاه‌های مورد مطالعه.

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	میانگین سالانه دمای کمینه (°C)	میانگین سالانه دمای بیشینه (°C)	میانگین سالانه دمای روزانه (°C)	مجموع بارندگی سالانه (mm)	دوره مورد مطالعه
اهر	۳۸°۴۷′	۴۷°۰۶′	۱۳۴۱	۵/۲۰	۱۶/۴۶	۱۰/۴۲	۳۱۵/۰۲	۱۳۷۱-۱۳۸۵
تبریز	۳۸°۰۵′	۴۶°۲۸′	۱۳۴۸	۷/۶۹	۱۸/۶۱	۱۲/۱۵	۲۵۱/۷۱	۱۳۷۱-۱۳۸۵
مراغه	۳۷°۳۷′	۴۶°۰۵′	۱۴۷۷	۷/۵۳	۱۸/۳۲	۱۲/۴۳	۳۳۵/۰۱	۱۳۷۱-۱۳۸۵
میانه	۳۷°۴۱′	۴۷°۷۰′	۱۱۰۰	۷/۲۱	۲۰/۴۰	۱۳/۸۶	۲۹۲/۰۹	۱۳۷۱-۱۳۸۵
ارومیه	۳۷°۵۲′	۴۵°۰۴′	۱۳۳۲	۵/۱۵	۱۶/۹۷	۱۱/۱۳	۳۷۱/۴۶	۱۳۷۱-۱۳۸۵
خوی	۳۸°۴۲′	۴۴°۹۷′	۱۱۴۸	۵/۸۵	۱۸/۶۲	۱۲/۱۶	۲۵۲/۹۷	۱۳۷۱-۱۳۸۵
ماکو	۳۹°۲۹′	۴۴°۴۷′	۱۶۳۴	۵/۳۹	۱۵/۴۱	۱۰/۲۶	۲۸۲/۷۳	۱۳۷۱-۱۳۸۵

آمار عملکرد گندم دیم ایستگاه‌های اهر، تبریز، مراغه، میانه، ارومیه، خوی و ماکو برای دوره ۱۵ ساله ۱۳۸۵-۱۳۷۱ از سازمان جهاد کشاورزی کشور تهیه گردید (شکل ۱۱). سپس اطلاعات هواشناسی و زراعی جمع‌آوری شده در نرم افزار EXCEL وارد گردید تا در مراحل بعدی تجزیه و تحلیل با سهولت بیشتری انجام گیرد.



شکل ۱۱. داده‌های عملکرد گندم دیم در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۱.

شاخص خشکی (AI)

در این مطالعه از شاخص خشکی برای کمّی کردن پدیده خشکی استفاده شد تا یک شاخص عددی از خشکی هر منطقه در دسترس باشد. برای مطالعه پدیده خشکسالی وجود داده‌های مناسب و طولانی

مدت متغیرهای اقلیمی و هیدرولیکی بسیار ضروری بوده و بدون آن‌ها امکان مطالعه در این زمینه وجود نخواهد داشت. بارندگی و دما اصلی‌ترین عواملی هستند که ایجاد، گسترش و دوام خشکسالی‌ها را کنترل می‌کنند. بنابراین در مطالعه حاضر از این دو متغیر برای محاسبه شاخص خشکی (AI) استفاده شد که در معادله۱ نشان داده شده است.

$$AI = \frac{P}{T+10} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله P میانگین بارش سالانه بر حسب میلی‌متر و T میانگین دمای سالانه بر حسب درجه‌ی سانتیگراد است. بر اساس این معادله اگر میزان شاخص خشکی در دامنه‌ی ۱۹/۹۹-۱۰ باشد، اقلیم در کلاس نیمه خشک طبقه بندی می‌شود و اگر میزان شاخص خشکی کمتر از ۱۰ باشد اقلیم در ناحیه‌ی خشک طبقه بندی می‌شود. در این تحقیق شاخص خشکی برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۱ در ابعاد زمانی سالانه و فصلی محاسبه شد.

هموارسازی داده‌های عملکرد گندم دیم

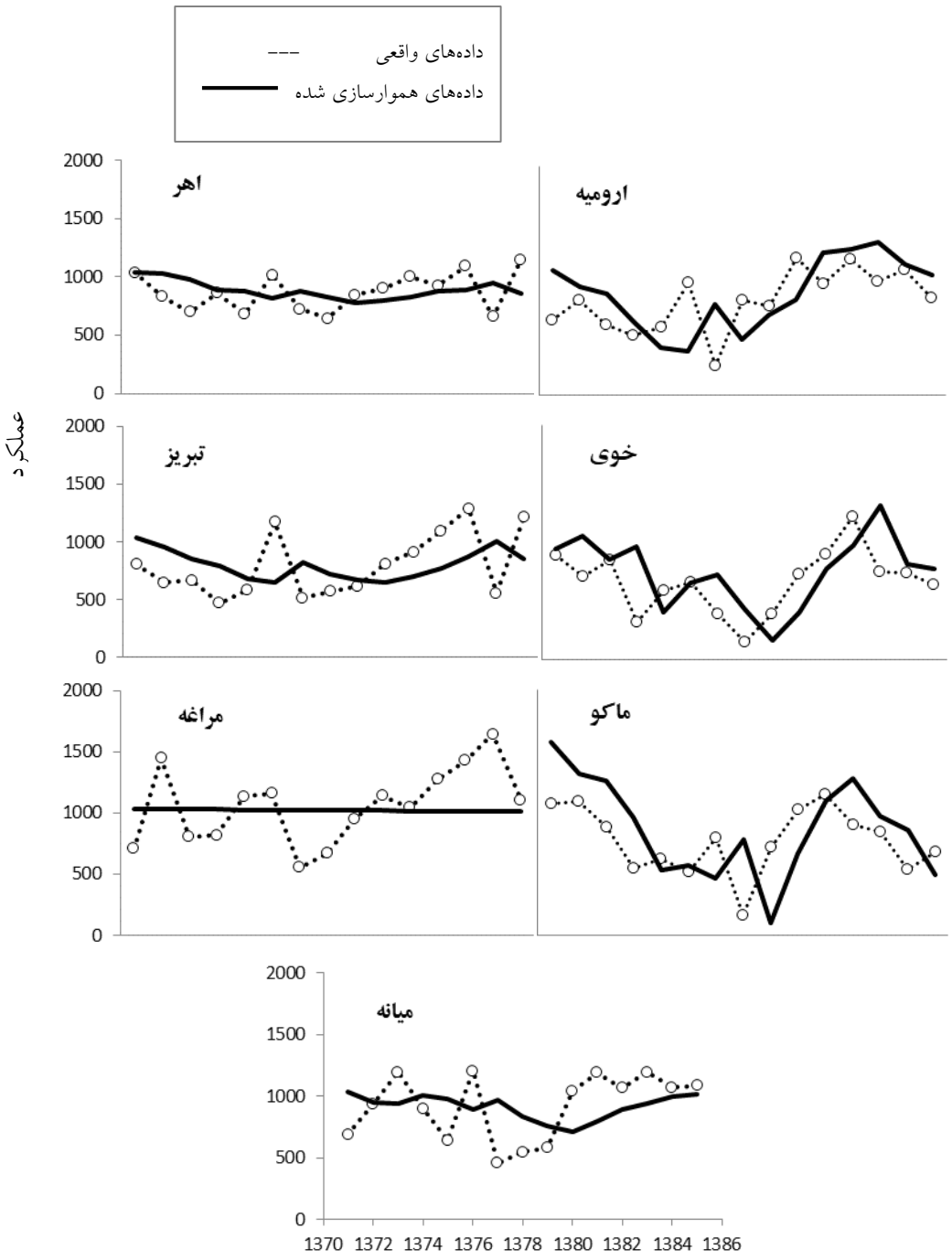
از آنجا که مطالعه حاضر برای بررسی اثر عوامل اقلیمی روی عملکرد دانه‌ی گندم دیم است، بنابراین باید اثر هر عامل غیر اقلیمی از جمله اثر عوامل ژنتیکی و فاکتورهای مدیریتی حذف گردند تا بتوان تغییر احتمالی ایجاد شده در عملکرد گیاه زراعی طی دوره مورد مطالعه را فقط به اثر عوامل اقلیمی نسبت داد. بدین منظور با استفاده از تکنیک هموارسازی نمایی دوگانه[1] اقدام به حذف این اثرهای گردید. این تکنیک باعث خواهد شد که مشاهدات جدید وزن متفاوتی نسبت به قبل داشته باشند. بر این اساس، روند تغییر زمانی عملکرد گندم دیم طی دوره‌ی مورد مطالعه (۱۳۸۵-۱۳۷۱) برای تمامی ایستگاه‌ها رسم گردید و سپس با استفاده از هموارسازی نمایی دوگانه اقدام به حذف اثرهای ژنتیکی و مدیریتی از مشاهدات شد (شکل ۱۲).

بررسی ارتباط میان بارندگی، دما و شاخص خشکی با عملکرد گندم دیم

در مطالعه حاضر، همبستگی میان دماهای کمینه، بیشینه و متوسط روزانه و بارندگی با گیاه گندم دیم در مقیاس‌های سالانه، فصلی و ماهانه مورد محاسبه قرار گرفت. در ابتدا میانگین دماهای کمینه، بیشینه

1 Double Exponential Smoothing

و متوسط روزانه و مجموع بارندگی در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه محاسبه شد و سپس با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی بین عملکرد گندم دیم و این متغیرها اندازه‌گیری شد. همچنین همبستگی شاخص خشکی و عملکرد گندم دیم نیز در ابعاد زمانی سالانه و فصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی روند تغییر عملکرد گندم دیم طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۱ در ایستگاه‌های هدف از رگرسیون خطی ساده استفاده شد.



شکل ۱۲. سری زمانی عملکرد گندم دیم (واقعی و هموارسازیشده) در ایستگاه‌های مورد مطالعه (سال‌های۱۳۸۵-۱۳۷۱).

بخش دوم: اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد، تولید و نیاز آبی گندم و کلزا

در بخش دوم به اثرات تغییر اقلیم در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه و تاثیرات آن بر عملکرد، تولید و نیاز آبی گندم و کلزا (به عنوان گیاهی که می‌تواند در الگوی کشت حوضهٔ آبریز در تناوب با گندم قرار گیرد) پرداخته شد. با توجه به این که پدیده تغییر اقلیم در حال وقوع است و تاثیرات بلندمدت آن شامل افزایش نیاز آبی گیاهان (به دلیل افزایش تبخیر و تعرق گیاه) به تدریج بر اکوسیستم‌های کشاورزی مشهود است، لذا باید ابتدا این اثرات را بر تولید محصولات کشاورزی شناسایی و کمّی کرد. برای این منظور باید هم‌زمان تمامی عوامل موثر بر تولیدات کشاورزی را اعم از اقلیم، خاک، ژنتیک گیاهی و مدیریت کشاورزی لحاظ نمود. بر این اساس در این مطالعه نیاز به چهار دسته از داده‌ها است که در قالب بخشی از تحقیق حاضر اقدام به جمع‌آوری آنها شد. این چهار دسته از اطلاعات عبارتند از: داده‌های آب‌وهوایی، خاکی، گیاهی و مدیریتی کشاورزان در این حوضه. پراکنش این اطلاعات باید به گونه‌ای باشد که پوشش یکنواختی را برای محصولات کشاورزی منطقه فراهم آورد. بر این اساس ۷ شهرستان از استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجانی غربی و کردستان که دربرگیرنده حوضه آبریز دریاچه ارومیه هستند مورد مطالعه قرار گرفت. این شهرستان‌ها عبارتند از سراب، تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، تکاب و سقز (جدول ۲). میانگین دمای سالانه این مناطق از ۸/۷ درجه سانتی‌گراد در شهرستان سراب تا ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد در شهرستان مراغه نوسان دارد. همچنین میانگین بارندگی تجمعی سالانه این مناطق در دامنه ۲۴۳ تا ۴۷۱ میلی‌متر به ترتیب در شهرستان‌های سراب و مراغه قرار داشت.

با توجه به اینکه مطالعات نسبتاً زیادی در گذشته در همین راستا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به انجام رسیده است، لذا ابتدا خلأهای اطلاعاتی به منظور استفادهٔ حداکثری از داده‌های موجود شناسایی و سپس نسبت به پر کردن آنها اقدام شد. در ادامه، خلأهای موجود در منطقه مطالعاتی از طریق پایش منطقه و مصاحبه مستقیم با کشاورزان مرتفع شد. با تکمیل فرآیند جمع‌آوری داده‌ها اقدام به تخمین اثرات بالقوهٔ تغییر اقلیم برای محصولات کشاورزی مناطق مورد مطالعه شد. برای تخمین اثرات بالقوه تغییر اقلیم از سناریوهای اقلیمی (RCPs) استفاده شد. پس از برآورد اثرات تغییر اقلیم در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۷۰ (میانه آن ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد) با رویکرد سازگاری به تغییر اقلیم، نسبت به ارائه راهکارهای اجرایی به منظور کاهش مصرف آب (با توجه به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم) و نیز افزایش بهره‌وری آب اقدام شد. این راهکارها در آینده سیاست‌گذاران حوضه آبریز را قادر خواهد ساخت تا با استفاده از ظرفیت موجود و نیز با در نظر گرفتن بحث‌های اجتماعی و اقتصادی منطقه، سیاست‌های

کلان خود را نسبت به سازگاری با این تغییرات اقلیمی مدنظر قرار دهند. برای مثال از جمله این راهبردها به انتخاب ارقام سازگار، ارزیابی گیاهان جایگزین با نیاز آبی کمتر و نیز اجرای تناوب در کشت محصولات منطقه با توجه به اثرات اقلیمی بلند مدت در حوضه آبریز اشاره شده است. به منظور هم‌افزایی تحقیقات گذشته، حال و آینده، و بر اساس پژوهش‌های پیشین، گیاه کلزا به عنوان جایگزینی مناسب در الگوی کشت پیشنهادی معرفی شده و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. لذا در این تحقیق نوع گیاه (گندم و کلزا) و نیز ارقام آن (زودرس و دیررس) در دوره گذشته (پایه) و نیز شرایط تغییر اقلیم آینده (دوره ۲۰۵۰) به لحاظ میزان عملکرد تولیدی و مصرف آب در طول فصل رشد، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲. خصوصیات اقلیمی، خاکی و توپوگرافی مناطق مورد مطالعه در این تحقیق

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	آب قابل دسترس خاک (میلی‌متر)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی تجمعی سالانه (میلی-متر)
ارومیه	۴۴/۹	۳۷/۶۶	۱۳۳۲	۹۱/۲	۱۱/۴	۳۲۲/۲
تبریز	۵۲/۷۱	۲۹/۴۶	۱۳۵۱	۹۴/۸	۱۳/۱	۲۷۰/۷
تکاب	۴۷/۱۳	۳۶/۵۳	۱۷۶۵	۱۲۵/۴	۹/۶	۳۶۹/۷
سراب	۴۷/۴۱	۳۷/۹۸	۱۶۵۰	۱۳۸	۸/۷	۲۴۳/۵
سقز	۴۶/۳۳	۳۶/۰۹	۱۴۷۶	۱۲۷/۲	۱۱/۱	۴۷۱/۸
مراغه	۴۶/۲۶	۳۷/۴	۱۴۷۷	۱۲۵/۴	۱۳/۳	۳۰۵
مهاباد	۴۵/۷۳	۳۶/۷۲	۱۳۲۰	۱۸۲/۱	۱۳/۱	۴۰۳/۸

۲-۳ بررسی وقوع پدیده تغییرات آب‌وهوایی در اکوسیستم‌های کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

در مورد اثرات تغییر اقلیم و بروز آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نظرات مختلفی ابراز شده است. در این بخش، ابتدا مروری بر نظرات و مطالعات پیشین خواهد شد و جمع‌بندی نظرات متخصصان و صاحبنظران از آنچه تا کنون در مورد تغییرات آب‌وهوایی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه ابراز شده است ارائه می‌گردد. در ادامه، پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط مجری در قرارداد حاضر که به عنوان مکمل مطالعات پیشین انجام شده است به طور کامل ارائه خواهد شد.

اظهارنظرهای گوناگون و متفاوتی در مورد وقوع تغییرات اقلیمی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه منتشر شده است. به عنوان یک قاعدهٔ کلی، علیپور (۲۰۰۶) اظهار داشته است افت تراز آب دریاچه ارومیه می‌تواند نتیجه یک دورهٔ طولانی مدت آب و هوای خشک باشد. بنابراین ارزیابی علل افت تراز آب دریاچه ارومیه باید همراه با تحلیل اثر اقلیم محلی بر دریاچه باشد. مهسافر و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچهٔ ارومیه پرداختند. برای انجام این تحقیق، متوسط دادههای ماهانهٔ ۳۰ سالهٔ (۱۳۸۰-۱۳۵۰) بارش بر سطح دریاچه ارومیه، کل جریان‌های ورودی به دریاچه و دمای ایستگاه ارومیه از موسسه تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شد. سپس مدل دبی ورودی به دریاچه و مدل تراز دریاچه با استفاده داده‌های فوق توسط شبکهٔ نورو فازی (ANFIS) شبیه‌سازی شد. در مرحلهٔ بعدی، داده‌های ۱۰۰ ساله (۲۱۰۰-۲۰۰۰) متغیرهای اقلیمی و بارش مربوط به مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 برگرفته از IPCC کوچک مقیاس شدند. در نهایت تراز دریاچه با استفاده از متغیرهای اقلیمی دما و بارش شبیه‌سازی شد. گرچه تحقیقات انجام‌شده پیشین روی تراز دریاچه ارومیه روش‌های قابل قبولی را به منظور شبیه‌سازی بیلان و تراز دریاچه ارائه می‌کنند، ولی در تمام این مطالعات از روش شبکه‌های عصبی استفاده شده است. در این تحقیق از روش جدید شبکه‌های نوروفازی جهت شبیه‌سازی تراز دریاچه استفاده شد که به دلیل قابلیت آسان خودآموزی، تصحیح و بهینه‌سازی سریع و موثر نسبت به شبکه‌های عصبی برتری دارد.

طبق جدول ۳ میانگین دمای متوسط ماهانه در مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 و B2 نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۲/۸ و ۲/۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. همچنین میانگین بارش ماهانه تحت سناریوی A2 و B2 نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۱۱ و ۵٪ کاهش نشان می‌دهد. میانگین دبی ماهانه شبیه‌سازی‌شدهٔ تحت سناریوی A2 و B2 نسبت به دبی دورهٔ مشاهداتی به

ترتیب ۱۳/۵ و ۲/۵٪ کاهش نشان می‌دهد. کاهش میزان دبی تحت هر دو سناریو در دورهٔ آتی از افزایش دما، تبخیر و نیز کاهش بارندگی نتیجه می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین ماهانهٔ متغیرهای اقلیمی مشاهده‌ای با خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2

متغیر اقلیمی	مشخصات آماری	دوره مشاهداتی (۱۹۷۱-۲۰۰۰)	مدل HadCM3 (۲۰۰۰-۲۱۰۰)	
			A2	B2
بارش (میلی‌متر)	میانگین	۲۳/۲۴	۲۰/۶۷	۲۲/۰۹
	بیشینه	۴۵/۷۲	۳۵/۹۳	۳۹/۵۱
	کمینه	۱/۱۲	۱/۹۰	۱/۰۳
	انحراف معیار	۲۰/۹۴	۱۶/۸۶	۱۶/۶۳
دمای متوسط (سانتی‌گراد)	میانگین	۱۱/۱۷	۱۳/۹۷	۱۳/۵۲
	بیشینه	۲۶/۳۰	۳۲/۹۵	۲۹/۴۹
	کمینه	-۱/۹۳	-۰/۳۹۰	-۰/۴۳
	انحراف معیار	۸/۸۷	۹/۴۶	۹/۳۳
دبی (cms)	میانگین	۱۶۲/۴۴	۱۴۰/۲۱	۱۵۸/۷۷
	بیشینه	۴۷۲/۷۹	۴۲۸/۸۲	۴۷۹/۱۲
	کمینه	۴۰/۴۱	۳۴/۷۵	۴۵/۲۹
	انحراف معیار	۷۵/۶۳ (مشاهده‌ای)	۶۷/۰۹ (شبیه‌سازی‌شده)	۷۲/۰۶ (شبیه‌سازی‌شده)

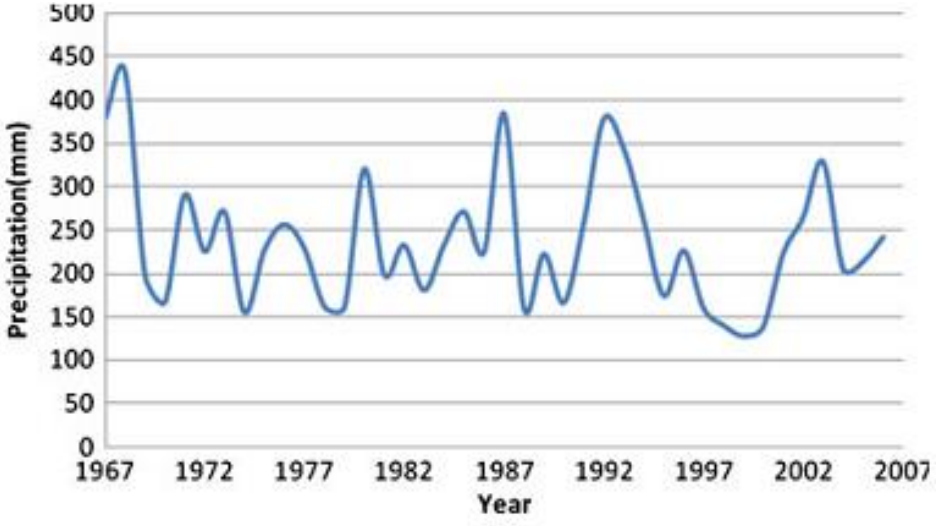
منبع: مهسافر و همکاران (۱۳۹۰)

نتایج حاصل از کوچک مقیاس کردن متغیرهای اقلیمی برای حوضه مطالعاتی دریاچه ارومیه حاکی از روند افزایشی دمای سطح دریاچه و روند کاهشی بارش بر سطح دریاچه تحت هر دو سناریوی A2 و B2 برای سال‌های ۲۰۰۰-۲۱۰۰ می‌باشد. میانگین دمای سالانه در مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 به ترتیب ۱۳/۹۷ و ۱۳/۵۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه به ترتیب ۲۰/۶۷ و ۲۲/۰۹ میلی‌متر تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده است. بر همین اساس، این مطالعه پیش‌بینی می‌کند میانگین بارش سالانه در این دو سناریو در حوضهٔ آب‌ریز دریاچه ارومیه نسبت به دورهٔ مشاهداتی ۱۱-۵٪ کاهش خواهد یافت (جدول ۳). بیشترین افزایش میانگین دمای ماهانه در سناریوی A2 در در ماه نوامبر به مقدار ۸/۸۶ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوی B2 در ماه اکتبر به مقدار ۸/۶۷ درجه سانتی‌گراد

رخ خواهد داد. همچنین بیشترین افزایش میانگین بارش ماهانه تحت سناریوی A2 و B2 به ترتیب ۶۹/۵۵٪ در ماه آگوست و ۱۹ درصد در ماه دسامبر خواهد بود.

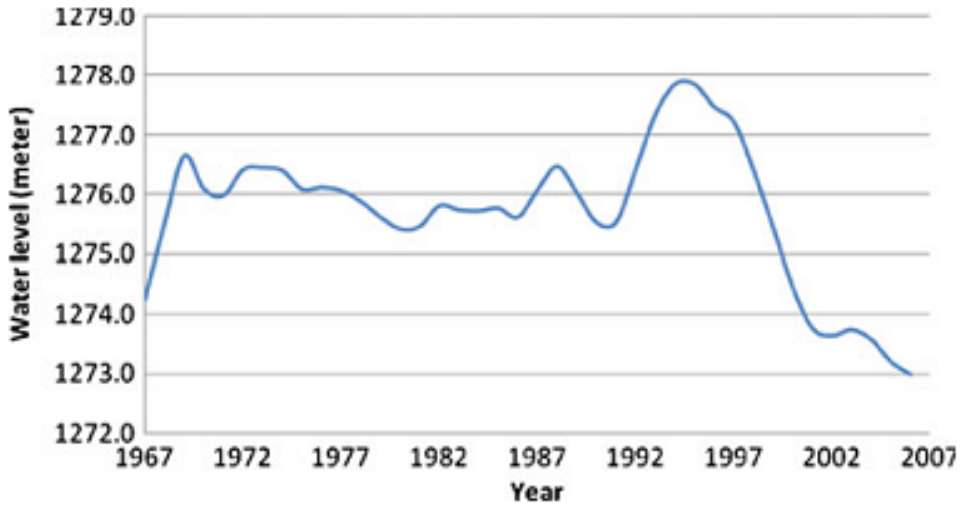
ابراهیمی و ضرغامی (۱۳۹۶) در بررسی تطبیقی سیاست‌های احیاء تحت تاثیر تغییر اقلیم در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه اظهار داشته‌اند که مطالعهٔ آنها نشان می‌دهد دمای حوضه در آینده تا ۰/۶۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. پیشبینیهای این پژوهش نشان داد متوسط رواناب طی سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۱ نسبت به متوسط آن طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴ حدود ۱۵٪ کاهش خواهد یافت. این پژوهشگران باتوجه به مدلسازی دریاچه ارومیه و عوامل مؤثر بر آن در نرمافزار VENSIM و بررسی سناریوهای پیشنهادی چنین نتیجه گرفتند که در طول سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۱ هیچ یک از سناریوهای احیاء به صورت منفرد متضمن احیاء دریاچه نخواهد بود. اما، اعمال سناریوی افزایش بهرهوری آبیاری، تغییر الگوی کشت و کاهش سطح زیر کشت سبب میشود که پس از حدود ۸ سال تراز آب دریاچه به تراز اکولوژیک برسد.

مطالعهٔ حسن‌زاده و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان داد که در مورد کاهش تراز آب دریاچه، ۲۵٪ مربوط به احداث سدّها، ۱۰٪ مربوط به تغییر بارش و ۶۵٪ به دلیل اضافه برداشت از منابع سطحی حوضه است. در این مطالعه، مستندات جالبی از یک بازهٔ چهار ساله (۲۰۰۷-۱۹۶۷) ارائه شده است که مؤید وقوع تغییرات اقلیمی در این منطقه است. به عنوان نمونه شکل ۱۳ نشان‌دهندهٔ نوسانات بارندگی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه در این دوره است. در این شکل به خوبی مشخص است که این حوضهٔ آبریز در چهل سال اخیر بارش ۴۴۰ میلی‌متری را در اواخر دههٔ ۱۹۶۰ میلادی و بارش حدود ۱۳۰ میلی‌متری را در آغاز هزاره سوم تجربه کرده است. میانگین بارش سالانهٔ حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه طی دورهٔ ۳۰ سالهٔ ۱۹۹۶-۱۹۶۷ حدود ۲۴۷ میلی‌متر بوده است؛ هرچند میزان بارش‌ها در این بازه زمانی همراه با نوسانات جدی بوده است، اما مشاهده می‌شود که میانگین بارش‌ها در دورهٔ ده سالهٔ ۲۰۰۶-۱۹۹۷ به ۲۰۵ میلی‌متر کاهش پیدا کرده است. در واقع، در دورهٔ ده‌سالهٔ آخر این بررسی، مقدار بارندگی در مقایسه با دورهٔ سی سالهٔ پیشین خود حدود ۱۷٪ کاهش یافته است (شکل ۱۳).



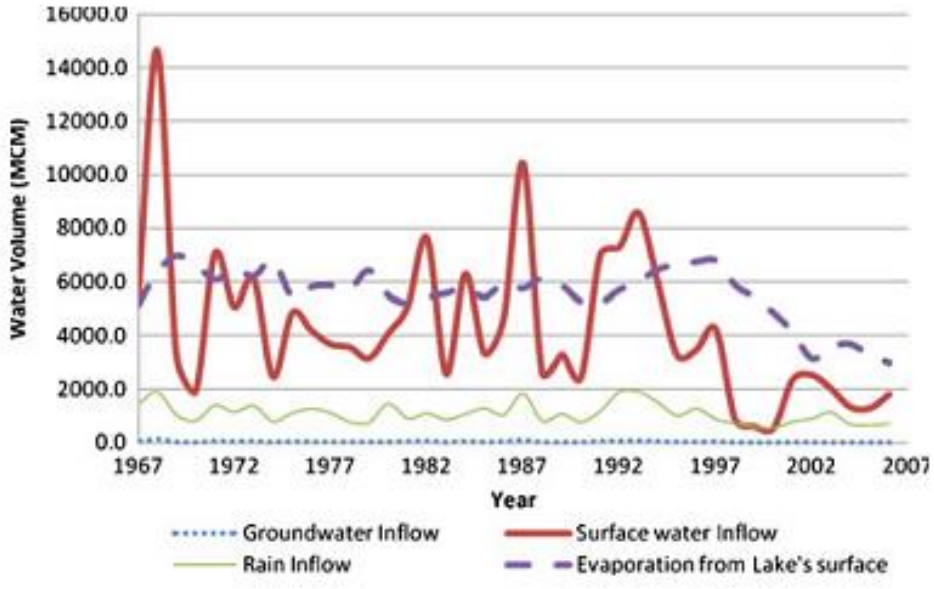
شکل ۱۳. نوسان بارندگی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه در دورهٔ ۴۰ سالهٔ ۲۰۰۶-۱۹۶۷ (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

علاوه بر نوسان بارش‌ها در این دورهٔ چهل ساله، ما شاهد آن هستیم که تراز آب دریاچه نیز در این دوره کاهش یافته است (شکل ۱۴). نخستین پرسش در این زمینه این است که ورودی و خروجی آب دریاچه چه تغییراتی داشته است. می‌دانیم ورودی آب دریاچه ارومیه عبارت است از بارش‌ها، آب‌های سطحی و منابع زیرزمینی. خروجی آب دریاچه نیز شامل تبخیر، آب‌های سطحی و زیرزمینی است. به دلیل وضعیت توپوگرافی خاص دریاچه ارومیه و کیفیت پائین آب آن که قابل مصارف انسانی نیست، جریان آب زیرزمینی از دریاچه به آبخوان‌های اطراف تقریباً صفر است و بررسی نقشه‌ها و محاسبات آماری نیز حاکی از همین امر است. بنابراین، تنها خروجی آب از دریاچهٔ ارومیه تبخیر از سطح آن است.



شکل ۱۴. نوسان تراز آب دریاچه ارومیه در دورهٔ ۴۰ سالهٔ ۲۰۰۶-۱۹۶۷ (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

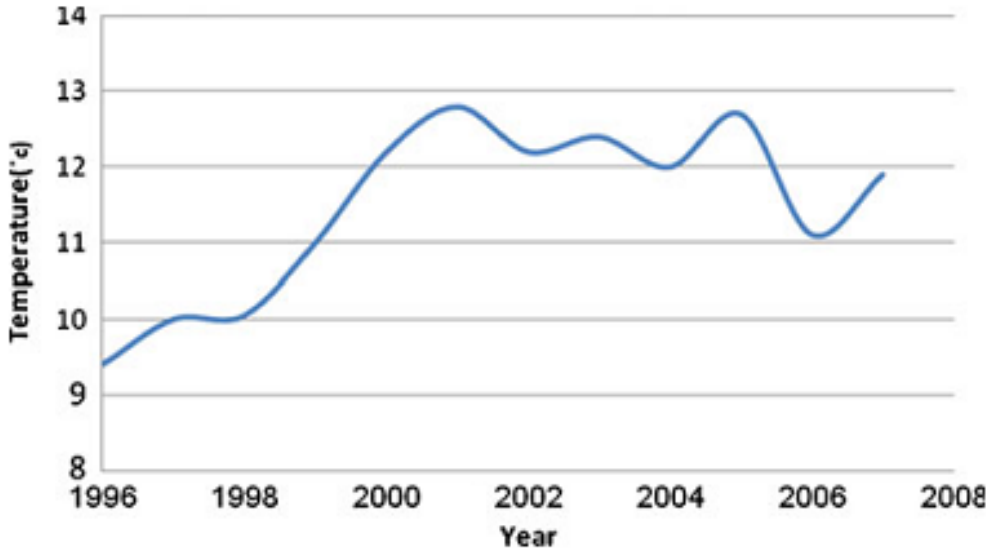
همین امر موجب شده است تا ما شاهد نوسان موازنهٔ آب دریاچه ارومیه در دورهٔ چهل سالهٔ مطالعهٔ حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) باشیم (شکل ۱۵). همان‌طور که مستندات این شکل نشان می‌دهد وضعیت منابع آب زیرزمینی دریاچه ارومیه در این دوره چهل ساله تغییر محسوسی نداشته است. نظرات مشابهی توسط نظری و همکاران (۲۰۱۸) در یک دورهٔ ۳۰ سالهٔ ۲۰۱۳-۱۹۸۴ مشاهده و گزارش شده است.



شکل ۱۵. نوسان موازنهٔ سالانهٔ آب دریاچه ارومیه در دورهٔ ۴۰ سالهٔ ۲۰۰۶-۱۹۶۷ (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

بنابراین با توجه به نوسان جدی بارندگی در این دوره چهل ساله و کاهش ۱۷ درصدی بارش‌ها در ده سالهٔ آخر دورهٔ مطالعاتی در مقایسه به سه دههٔ پیش از آن، به نظر می‌رسد وقوع تغییر اقلیم، هرچند با اثراتی نسبتاً خفیف در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه محتمل و قطعی به شمار می‌رود. عامل دیگری که غیر از بارش‌های سالانه می‌تواند در بررسی احتمال وقوع تغییر اقلیم در این منطقه موثر باشد میانگین دمای سالانه است. سنجش‌ها و اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های هواشناسی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نشان می‌دهد تا سال ۱۹۹۶ میانگین دمای حوضه حدود ۹/۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. پس از سال ۱۹۹۶ دمای منطقه رو به افزایش گذاشته و از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ معادل ۱۷٪ افزایش داشته است (شکل ۱۶). بنابراین با توجه به تغییر الگو و مقدار بارش‌ها و دمای حوضهٔ آبریز می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه شاهد تغییر اقلیم در نیم قرن گذشته بوده است و

اشاره شد که حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) در این پژوهش و با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی به این جمع‌بندی رسیده‌اند که ده درصد تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه در سال‌های مطالعه (۲۰۰۶-۱۹۶۷) ناشی از بارش (تغییر اقلیم) بوده است.



شکل ۱۶. نوسان دمای سالانهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه در دورهٔ ۴۰ سالهٔ ۲۰۰۶-۱۹۶۷ (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۳ کمّی کردن اثرات تغییرات آب و هوایی بر محصولات کشاورزی در سه بازهٔ زمانی آیندهٔ نزدیک (۲۰۳۹-۲۰۲۰)، آیندهٔ متوسط (۲۰۵۹-۲۰۴۰) و آیندهٔ دور (۲۰۹۹-۲۰۸۰)

در بخش‌های گوناگون این گزارش اشاره شد که بررسی تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب می‌تواند زمینه‌ساز اتخاذ سیاست‌های راهبردی آینده مدیریت منابع آب باشد؛ بدون توجه به این واقعیت که اقلیم در حال تغییر است، نمی‌توان برنامه‌ریزی واقع‌بینانه‌ای را در زمینه بهره‌برداری از منابع آب انجام داد. پیش‌بینی کمیت و کیفیت تحولات اقلیمی یکی از مسائل پیچیده‌ای است که اقلیم‌شناسان را به خود مشغول کرده است. اکنون با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و در اختیار داشتن سری‌های متعدد داده‌های لازم از متغیرهای اقلیمی و به یاری دانش درک روابط بین این متغیرها گام‌های اساسی در درک و پیش‌بینی روندهای اقلیمی پدیدار شده است، به نحوی که اکنون مدل‌های رایانه‌ای همگی در حیطه توانائی خود به مسائل پیش‌بینی اقلیم و عوامل مؤثر بر تغییر اقلیم پاسخ می‌دهند.

عبدو و همکاران (۲۰۰۹) از مدل HadCM3 در سناریوهای انتشار A2 و B2 و ریزمقیاس گردانی آماری برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هیدرولوژی در حوضه گیلجلابی در اتیوپی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که حجم رواناب برای فصل بارندگی در دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۷۱ کاهش خواهد یافت. ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر رواناب در استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل HadCM3 و روش ریز مقیاس گردانی آماری ANN و WG-LARS تحت سه سناریوی انتشار پرداختند. نتایج حاکی از کاهش بارش و رواناب و افزایش دما و تغییر آب‌وهوای استان از نیمه‌خشک به خشک بوده است. صلاحی (۲۰۱۳) به بررسی تغییرات اقلیمی دریاچه ارومیه با استفاده از دو مدل گردش عمومی G-ECHO و CCSM30 در مدل ترکیبیGEN MAGIC تحت سه سناریوی B2ASF، A1ASF و P50 برای دهه‌های آینده از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۵۰ پرداخت. نتایج حاصل از هر دو مدل و سناریوهای مورد بررسی حاکی از افزایش دما و کاهش بارندگی در دهه‌های آینده در منطقه است. رسولی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر عوامل مورفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل WG-LARS در هفت ایستگاه سینوپتیک واقع در شمال غرب کشور پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که دقت مدل در ایستگاه‌های منتخب متفاوت بوده ولی شبیه‌سازی دما با دقت مناسب‌تری انجام گرفته و در برآورد بارش از دقت کمتری برخوردار است.

با توجه به تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر فرایند هیدرولوژیکی، منابع آب موجود و آب در دسترس برای کشاورزی، شرب، صنعت، زندگی جانوری در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و نیروی برقابی، دبی و رواناب و غیره، بررسی مطالعات منطقه‌ای اثرات تغییرات اقلیم روی پارامترهای هیدرولوژیکی از قبیل، دما و بارش ضروری است که در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی مدل‌های سه‌بعدی جفت‌شده گردش عمومی جو - اقیانوس (AOGCM) است. صلاحی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی تغییرات دما و بارش در دوره آماری ۱۹۹۰- ۱۹۶۱ و پیش‌بینی این تغییرات در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در سه ایستگاه سینوپتیک سقز، تبریز و ارومیه واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از روش ریزگردانی آماری WG-LARS و خروجی مدل جفت‌شده جوی- اقیانوسی HadCM3 پرداختند.

داده‌های این پژوهش شامل دمای حداقل و حداکثر و بارش به صورت روزانه در دوره آماری ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. در این بررسی از مدل WG-LARS برای کوچک مقیاس کردن داده‌های مدل HadCM3 استفاده شد. مدل WG-LARS یک مولد تصادفی داده‌های آب و هوایی با تکنیک‌های ریزمقیاس گردانی آماری است که به مراتب از دیگر برنامه‌ها به دلیل تکرار محاسبات، نیاز کمتر به داده‌های ورودی و سادگی و کارایی دارای کاربرد بیشتری است. این مدل به عنوان یک مدل

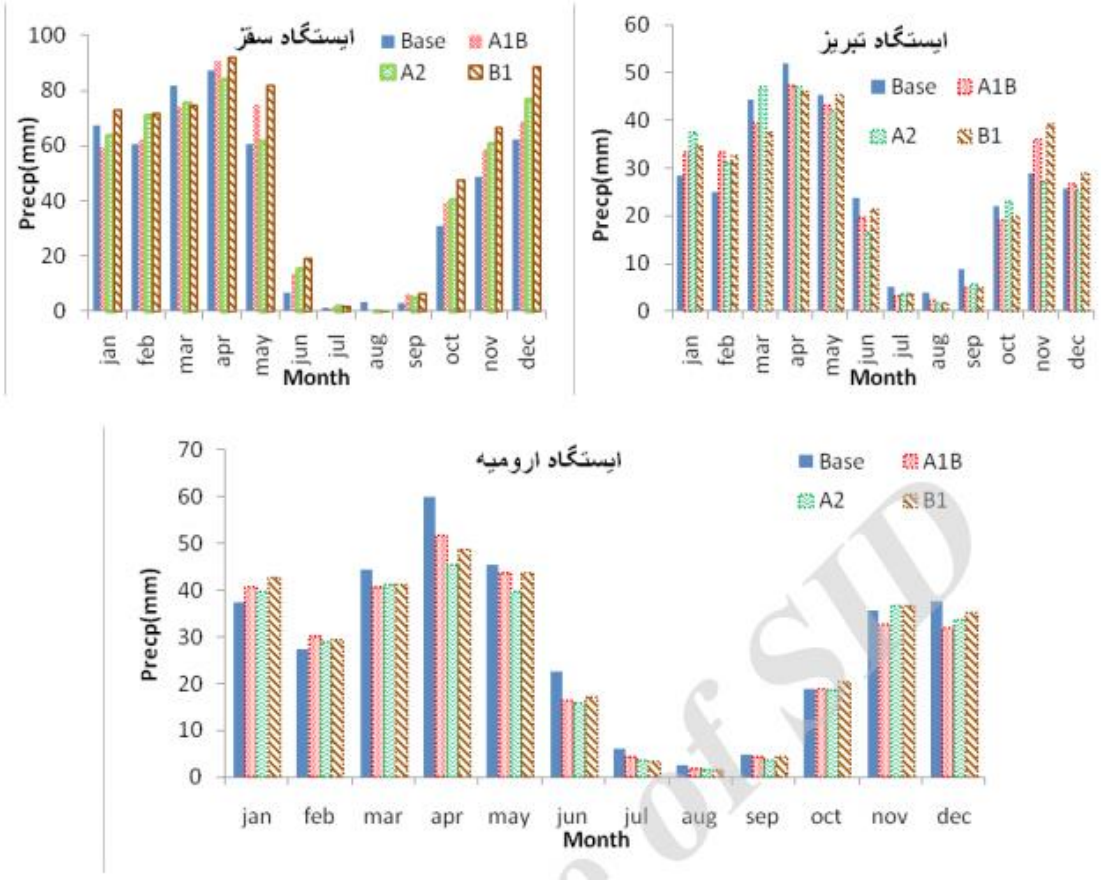
ریزمقیاس گردانی، در عین پیچیدگی کمتر فرآیند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد. مدل HadCM3 نیز از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت‌شده جوی-اقیانوسی است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است که دارای شبکه‌ای به ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی در ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است که داده‌های آنها از سال ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ موجود است. در مطالعه حاضر سه سناریوی تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 استفاده شده است که هر یک نشان‌دهنده ویژگی‌هایی ازجمله مربوط به رشد اقتصادی جهان، جمعیت جهان و آگاهی‌های اجتماعی است.

برای اجرای مدل WG-L از داده‌های روزانه دمای حداقل و دمای حداکثر و بارش روزانه در دوره آماری ۳۰ سالهٔ ۱۹۹۰- ۱۹۶۱ استفاده شد که به عنوان مبنای تغییر اقلیم گذشته و برای شبیه‌سازی اقلیم آینده مورد استفاده قرار گرفته است. روش کار به این صورت است که مدل، داده‌های دیده‌بانی‌شده دوره پایه را دریافت نموده، با بررسی آنها مشخصه‌های آماری داده‌ها استخراج می‌شوند، سپس به منظور صحت‌سنجی و اطمینان از توانمندی مدل، برای دوره آماری پایه مدل را اجرا نموده تا یک سری داده‌های مصنوعی در دوره پایه مجدداً ایجاد شوند.

نتایج این پژوهش بیانگر آن است که اختلاف معناداری بین مقادیر مدل‌سازی‌شده و مقادیر مشاهداتی آنها با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد و مقادیر همبستگی پیرسون بین داده‌های مدل‌سازی‌شده و واقعی در سطح معناداری ۰/۰۱ قابل قبول هستند. برای اطمینان از صحت واسنجی مدل از شاخص‌های خطاسنجی RMSE، MSE و MA نیز استفاده شد که نتایج نشان داد دقت مدل با توجه به معیارهای فوق در ایستگاه‌های مختلف و همچنین پارامترهای مختلف متفاوت است، بدین صورت که در ایستگاه ارومیه در شبیه‌سازی دمای حداکثر و حداقل به ترتیب با میانگین مطلق خطای ۰/۱۷ و ۰/۲۷ درصد از دقت مناسب‌تری نسبت به دو ایستگاه دیگر برخوردار است، در حالی که در پیش‌بینی بارش ضعیف‌تر از ایستگاه‌های دیگر عمل نموده است. در ارتباط با پارامتر بارش مدل WG-LARS در ایستگاه تبریز با میانگین مطلق خطای ۲/۷۷ درصد بیشترین دقت و کار آیی را داشته است. درمجموع بر اساس شاخص‌های فوق مدل در شبیه‌سازی پارامترهای دمایی نسبت به بارش موفق‌تر عمل نموده است.

نتایج حاصل از بررسی بارش ماهانه در سه ایستگاه مطالعاتی در شکل ۱۷ نشان می‌دهد که بارش در دهه ۲۰۲۰ در دو ایستگاه تبریز و ارومیه بر طبق هر سه سناریوی مورد بررسی در اکثر ماه‌ها، به غیر از ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه نسبت به دوره پایه کاهش داشته و انتظار می‌رود که بارش در

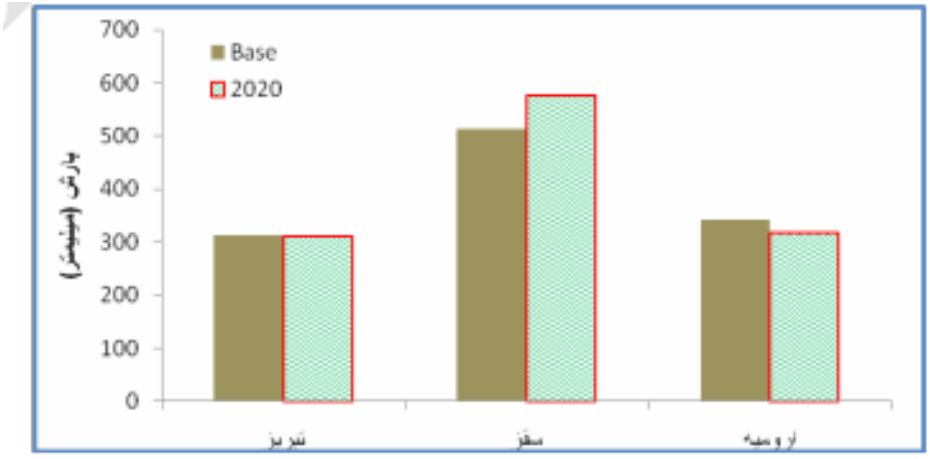
۲۰ سال آینده (۲۰۳۰- ۲۰۱۱) کاهش داشته باشد. ولی وضعیت برای ایستگاه سقز مقداری متفاوت است، به طوری که بر طبق سناریوهای مختلف، به‌ویژه B2 در همه ماه‌های سال، غیر از آگوست، افزایش داشته است و بر طبق سایر سناریوها در برخی ماه‌ها از میزان بارش کاسته شده است و به نظر می‌رسد که الگوی بارش به سوی انتهای فصل گرم جابجا شده است.



شکل ۱۷. تغییرات ماهانه بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه در دهه ۲۰۲۰ نسبت به دورهٔ پایه (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶)

شکل ۱۸ نیز میزان بارندگی طی دوره آماری پایه و متوسط سه سناریوی مورد بررسی در دهه ۲۰۲۰ را به تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح حوضه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در دهه ۲۰۲۰ در ایستگاه‌های ارومیه و تبریز میزان بارش در مقایسه با دوره پایه کاهش خواهد یافت که این کاهش به ترتیب برابر با ۸/۳ و ۱/۱٪ نسبت به طول دوره پایه است. ولی برای ایستگاه سینوپتیک سقز به میزان ۱۰/۹ درصد نسبت به دوره پایه افزایش نشان داده است؛ دلیل این امر می‌تواند

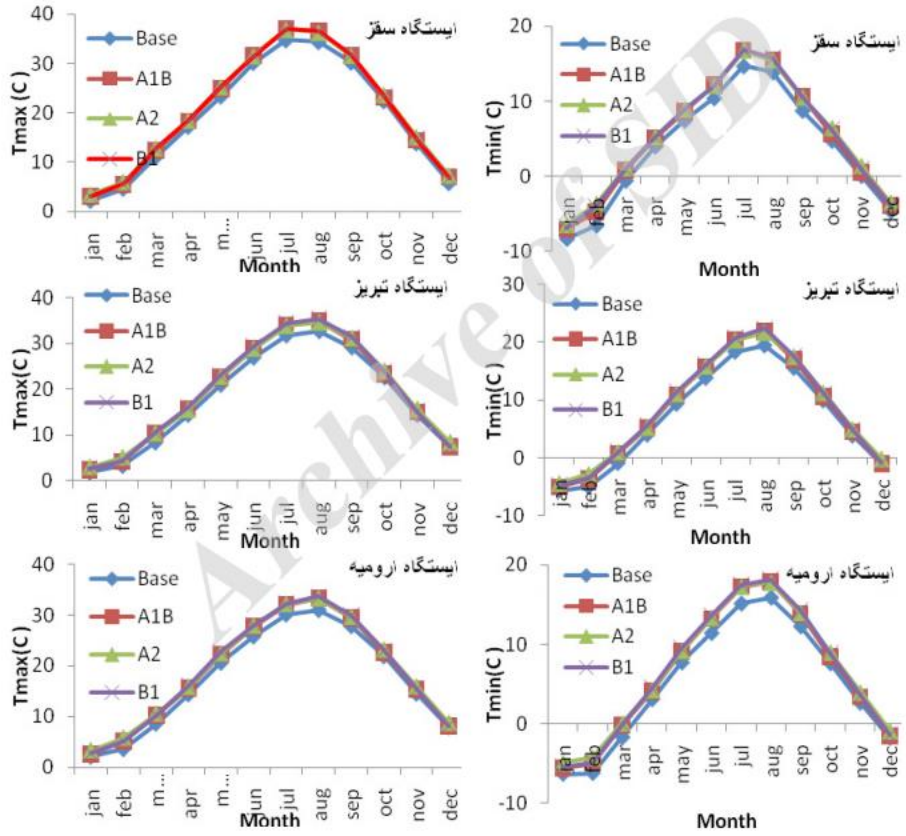
ناشی از رفتار اقلیمی متفاوت ایستگاه‌های مورد مطالعه و همچنین نقش عامل ارتفاع در سطح حوضه باشد.



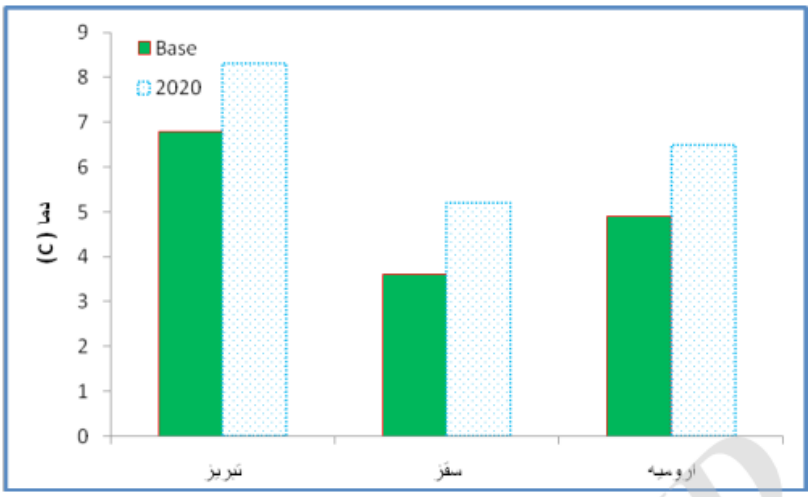
شکل ۱۸. مقایسه بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور متوسط در دهه ۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶)

بررسی میانگین ماهانه حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های منتخب در دهه ۲۰۲۰ و دوره پایه نشان داد که میزان دما بر اساس هر سه سناریوی مورد بررسی و همچنین در هر سه ایستگاه مطالعاتی نسبت به دوره پایه افزایش یافته است (شکل ۱۹). در بین سناریوهای مختلف بهطور متوسط بیشترین تغییرات دمای حداقل در منطقه مورد مطالعه مربوط به ایستگاه‌های سقز و ارومیه است؛ در واقع دماهای حداقلی که در این ایستگاه‌ها در دوره پایه اتفاق افتاده است در دوره آینده مشاهده نشده و روند گرمایشی از خود نشان داده است که میزان آن در دوره آتی برای هر دو ایستگاه مذکور برابر با ۱/۶ درجه سلسیوس افزایش نسبت به دوره پایه است.

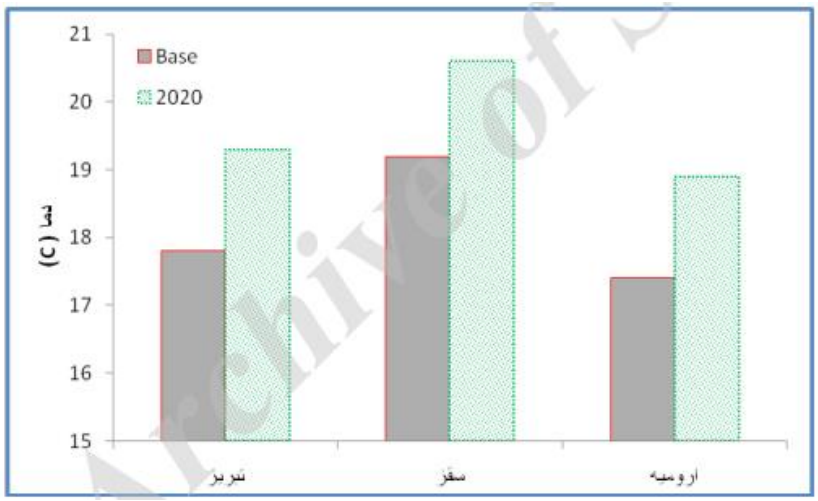
ایستگاه تبریز نیز با ۱/۵ درجه سلسیوس از نظر تغییرات دمای حداقل در رده بعدی قرار می‌گیرد (شکل ۲۰). بر اساس یافته‌های این پژوهش، به طور متوسط، مقادیر دماهای حداکثر نیز در سطح حوضه افزایش یافته است که بیشترین میزان افزایش آن مربوط به ایستگاه‌های ارومیه و تبریز هر دو به میزان ۱/۵ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه خواهد بود (شکل ۲۱).



شکل ۱۹. تغییرات ماهانه دمای حداقل و حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه در دهه ۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶)



شکل ۲۰. مقایسه دماهای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه در دهه ۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۲۱. مقایسه دماهای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه در دهه ۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶).

نتایج این پژوهش نشان داد مدل ریزگردانی مورد بررسی کارآیی مناسب و قابل قبولی در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی در حوضه مورد مطالعه دارد و در پیش‌بینی پارامترهای دمایی از عملکرد بهتری نسبت به بارش برخوردار است. نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل نیز نشان می‌دهد که مقادیر دمای حداقل و حداکثر در طی دهه ۲۰۲۰ در هر سه ایستگاه مطالعاتی افزایش خواهد یافت و از میزان بارش در نواحی غربی و شرقی حوضه (ایستگاه‌های ارومیه و تبریز) نسبت به دوره پایه کاسته خواهد شد که خلاصه نتایج آن برای هر سه سناریوی مورد بررسی در مقایسه با دوره پایه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. میانگین دما و بارش برای دوره پایه و آینده در سه سناریوی مدل HadCM3 (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶)

دمای حداقل Tmin			دمای حداکثر Tmax			بارش precipitation			پارامتر Parametr	
ارومیه Urmia	تبریز Tabriz	سقز Saghez	ارومیه Urmia	تبریز Tabriz	سقز Saghez	ارومیه Urmia	تبریز Tabriz	سقز Saghez	ایستگاه Station	
4.9	6.8	3.6	17.4	17.8	19.2	342.8	313.3	513.5	دوره پایه (Base)	
6.2	8.1	5	18.7	19.1	20.4	317.1	307.5	549.5	A1B	دوره آینده Future Period
6.6	8.5	5.3	19	19.4	2.7	308.4	307	555.7	A2	
6.5	8.4	5.2	19	19.4	20.6	324.3	315.2	624.2	B1	

همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌طور میانگین بیشترین میزان کاهش بارش حوضه مربوط به ایستگاه ارومیه به میزان ۲۶/۲ میلی‌متر نسبت به دوره پایه است. بیشترین افزایش دمای حداقل نیز مربوط به ایستگاه‌های ارومیه و سقز به میزان ۱/۶ درجه سلسیوس و بیشترین افزایش دمای حداکثر به میزان ۱/۵ درجه سلسیوس مربوط به ایستگاه تبریز و ارومیه نسبت به دوره پایه است. این نتایج با یافته‌های ولیزاده و همکاران (۲۰۱۴)، آبابایی و همکاران (۲۰۱۱)، صلاحی (۲۰۱۳) و رسولی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

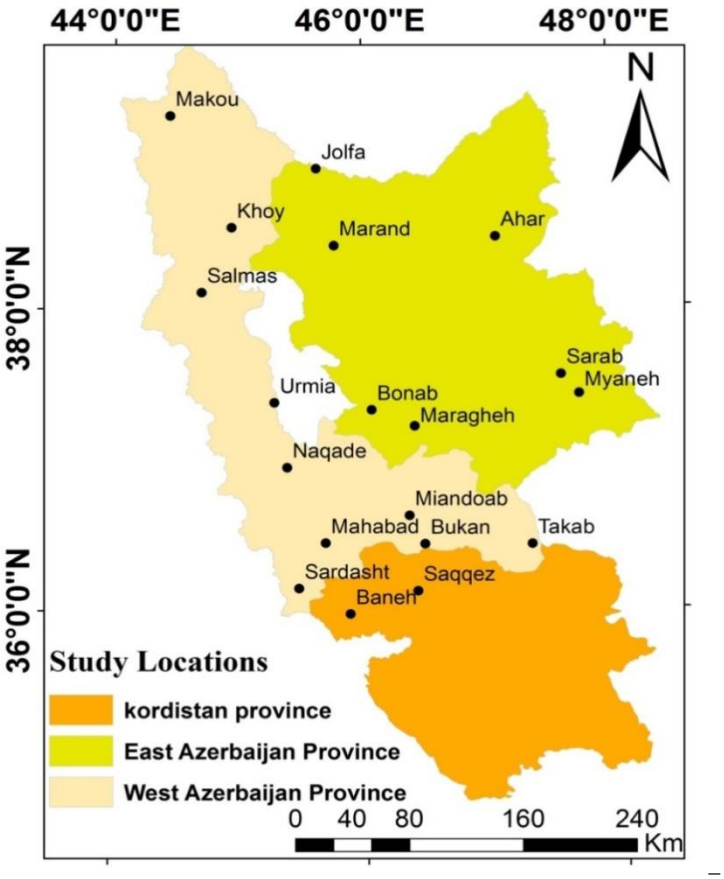
برطبق سناریوهای مورد بررسی، در سطح حوضه، میزان بارش کاهش و میزان دما افزایش پیدا خواهد کرد. مقدار کاهش بارش به میزان ۰/۵٪ یعنی ۱۱/۲ میلی‌متر نسبت به دوره پایه خواهد بود. میزان افزایش دمای حداقل و حداکثر نیز به ترتیب برابر ۲۴/۵ و ۷/۵ درصد نسبت به میانگین دوره پایه است که این امر می‌تواند افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی و افزایش بارش‌های رگباری و سیل‌آسا را به دنبال داشته باشد که این امر هم می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع آبی حوضه و نیز افزایش خسارات ناشی از وقوع بارش‌های رگباری و نیز شسته شدن خاک‌های حاصلخیز را به دنبال داشته باشد. بر این اساس است که تأکید و توجه به منابع طبیعی، آبخیزداری و آبخوان‌داری و تقویت مراتع برای کاهش اثرات ناشی از بارش‌های سیل‌آسا مفید است. با افزایش میانگین دمای حداقل نیز، عملکرد برخی محصولات که در دوره رشد و نمو نیاز به سرما دارند، کاهش می‌یابد. بر همین اساس از آنجا که به دنبال تغییرات اقلیمی، شرایط اقلیم کشاورزی و همچنین منابع آبی و طبیعی دچار تغییر می‌گردد، برنامه‌ریزی‌های کشاورزی در این حوضه آبریز باید به گونه‌ای در راستای کمینه‌سازی پیامدها و بهینه‌سازی سازگاری با شرایط آب‌وهوایی جدید صورت گیرد.

۳-۴ کمّی کردن نوسان‌های اقلیمی سالانه (تغییرات آب و هوایی به خصوص واریانس بارندگی) و تاثیر آن بر عملکرد محصولات کشاورزی

روش‌شناسی انجام تحقیق

منطقه مورد مطالعه. منطقه مورد مطالعه شامل ۱۹ شهرستان واقع در سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان است. موقعیت مکانی ایستگاه‌های مذکور در شکل ۲۲ نشان داده شده است. در مطالعه حاضر شهرستان‌های جلفا، مرند، اهر، سراب، میانه، بناب و مراغه مربوط به استان آذربایجان شرقی، شهرستان‌های ماکو، خوی، سلماس، ارومیه، نقده، میاندوآب، مهاباد، بوکان، تکاب و سردشت مربوط به استان آذربایجان غربی و شهرستان‌های بانه و سقز مربوط به استان کردستان هستند.

جمع آوری اطلاعات. در مطالعه حاضر از متغیرهای اقلیمی، شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) و مجموع بارندگی (میلی‌متر) همگی در مقیاس روزانه استفاده شد. اطلاعات مربوط به این متغیرهای اقلیمی از سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب جمع‌آوری شد. این اطلاعات آب و هوایی برای ایستگاه‌های اهر، سراب، میانه، تکاب، سردشت، مراغه، جلفا، ماکو، مهاباد، خوی، سقز و ارومیه طی بازه ۳۰ ساله (سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۶)، برای ایستگاه‌های مرند، بناب، سلماس، نقده و بانه طی بازه ۱۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۱) و برای ایستگاه‌های بوکان و میاندوآب طی بازه ۱۰ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۶) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.



شکل ۲۲. منطقه مورد مطالعه و ۱۹ ایستگاه سینوپتیک در آذربایجان شرقی (اهر، بناب، جلفا، سراب، مراغه، مرند و میانه)، آذربایجان غربی (ارومیه، بوکان، تکاب، خوی، سردشت، سلماس، ماکو، مهاباد، میاندوآب و نقده) و کردستان (بانه و سقز).

شاخص خشکی. در این مطالعه از شاخص خشکی برای کمّی کردن پدیده خشکی استفاده شد تا یک شاخص عددی از خشکی هر منطقه در دسترس باشد. برای مطالعه پدیده خشکسالی وجود داده‌های مناسب و طولانی مدت متغیرهای اقلیمی و هیدرولیکی بسیار ضروری بوده و بدون آن‌ها امکان مطالعه در این زمینه وجود نخواهد داشت. بارندگی و دما اصلی‌ترین عواملی هستند که ایجاد، گسترش و دوام خشکسالی‌ها را کنترل می‌کنند. در این مطالعه از اطلاعات مربوط به مجموع بارندگی و متوسط دمای روزانه برای محاسبه شاخص خشکی[1] (AI) در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه استفاده شده است که نحوه محاسبه آن در معادله زیر نشان داده شده است.

1Aridity Index

$$AI = \frac{P}{T + 10}$$

که در آن P میانگین بارش بر حسب میلی‌متر و T میانگین دما بر حسب درجه سانتی‌گراد است. بر اساس این معادله اگر میزان شاخص خشکی بالاتر از ۵۵ باشد بدین معنی است که اقلیم دارای آب و هوای بسیار مرطوب است، اگر در بازه ۵۵-۳۰ باشد در کلاس مرطوب قرار می‌گیرد. اگر مقدار عددی شاخص خشکی در دامنهٔ ۲۰-۳۰ قرار بگیرد، اقلیم کلاس از نوع نیمه مرطوب بوده و اگر در بازه ۱۹/۹۹-۱۰ باشد، اقلیم در کلاس نیمه خشک طبقه بندی می‌شود. همچنین اگر میزان شاخص خشکی کمتر از ۱۰ باشد اقلیم در ناحیهٔ خشک طبقه‌بندی می‌شود.

محاسبات. در مطالعه حاضر، تغییرات زمانی دماهای کمینه، بیشینه و بارندگی در طی سال‌های مورد بررسی محاسبه شد. در ابتدا میانگین دماهای کمینه و بیشینه و مجموع بارندگی در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه محاسبه شد و سپس نقشه‌های توزیع مکانی تغییرات این متغیرها در ابعاد زمانی ذکر شده رسم شد. جهت بررسی میزان و نوع تغییرات متغیرهای اقلیمی و شاخص خشکی طی سال‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌های هدف از رگرسیون خطی ساده استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون همبستگی من کندال، روند معنی‌داری تغییرات بارش در ابعاد سالانه اندازه‌گیری شد. در ادامه باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای هر کدام از ایستگاه های مورد مطالعه در طول سال‌های بررسی رسم شد.

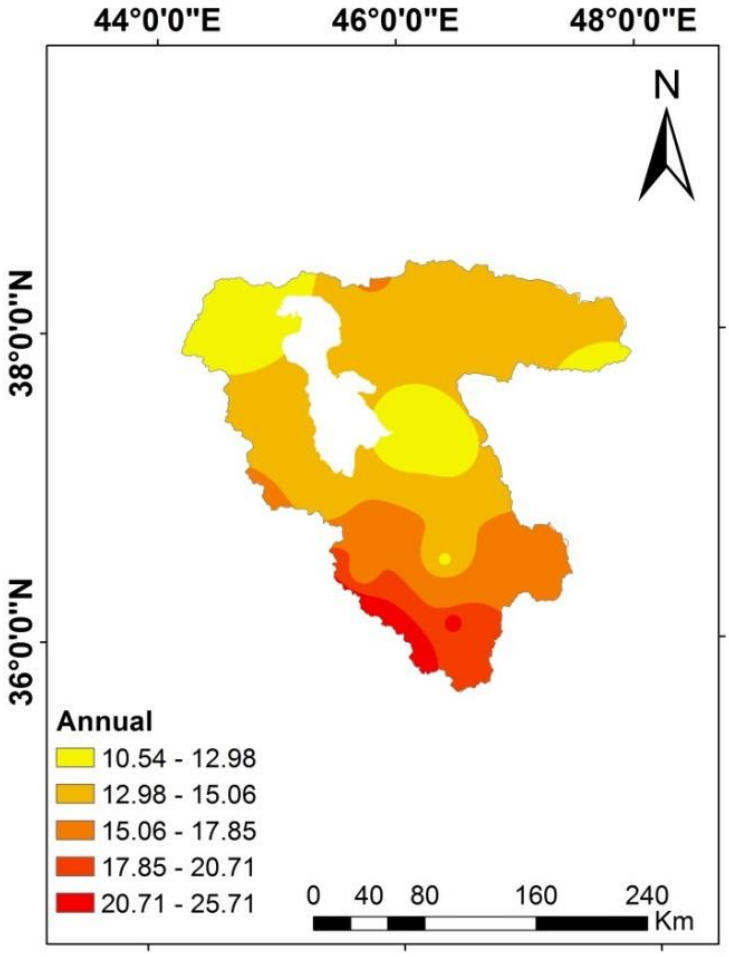
تجزیه‌های آماری. در این تحقیق برای محاسبات، تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین ضرایب رگرسیونی از نرم‌افزار Excel استفاده شد و از نرم افزار Minitab برای تعیین سطح معنی‌داری تغییرات استفاده شد. همچنین برای ترسیم باکس‌پلات‌ها نرم‌افزار SigmaPlot به کار برده شد. در نهایت برای تهیه نقشه‌ها نرم‌افزار ArcMap (درون‌یابی به روش IDW[1]) مورد استفاده قرار گرفت.

1 Inverse Distance Weighting

نتایج

شاخص خشکی سالانه

نتایج حاصل از توزیع مکانی شاخص خشکی در ابعاد سالانه نشان می‌دهد که وضعیت اقلیمی در منطقه مورد مطالعه متفاوت است (شکل ۲۳)؛ به طوری که قسمت‌های جنوبی منطقه دارای شاخص خشکی بالاتری نسبت به قسمت‌های شمالی است و در محدوده ایستگاه‌های مطالعه‌شده هر چه عرض جغرافیایی افزایش پیدا می‌کند، اقلیم خشک‌تر می‌شود. همچنین از نظر طبقه‌بندی خشکی منطقه مورد مطالعه در سه کلاس نیمه مرطوب (قسمت‌های جنوبی)، نیمه خشک (قسمت‌های میانی) و خشک (قسمت‌های شمالی) قرار گرفته‌اند. میزان تغییرات شاخص خشکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه ۱۰/۵۴ تا ۲۵/۷۱ بود.



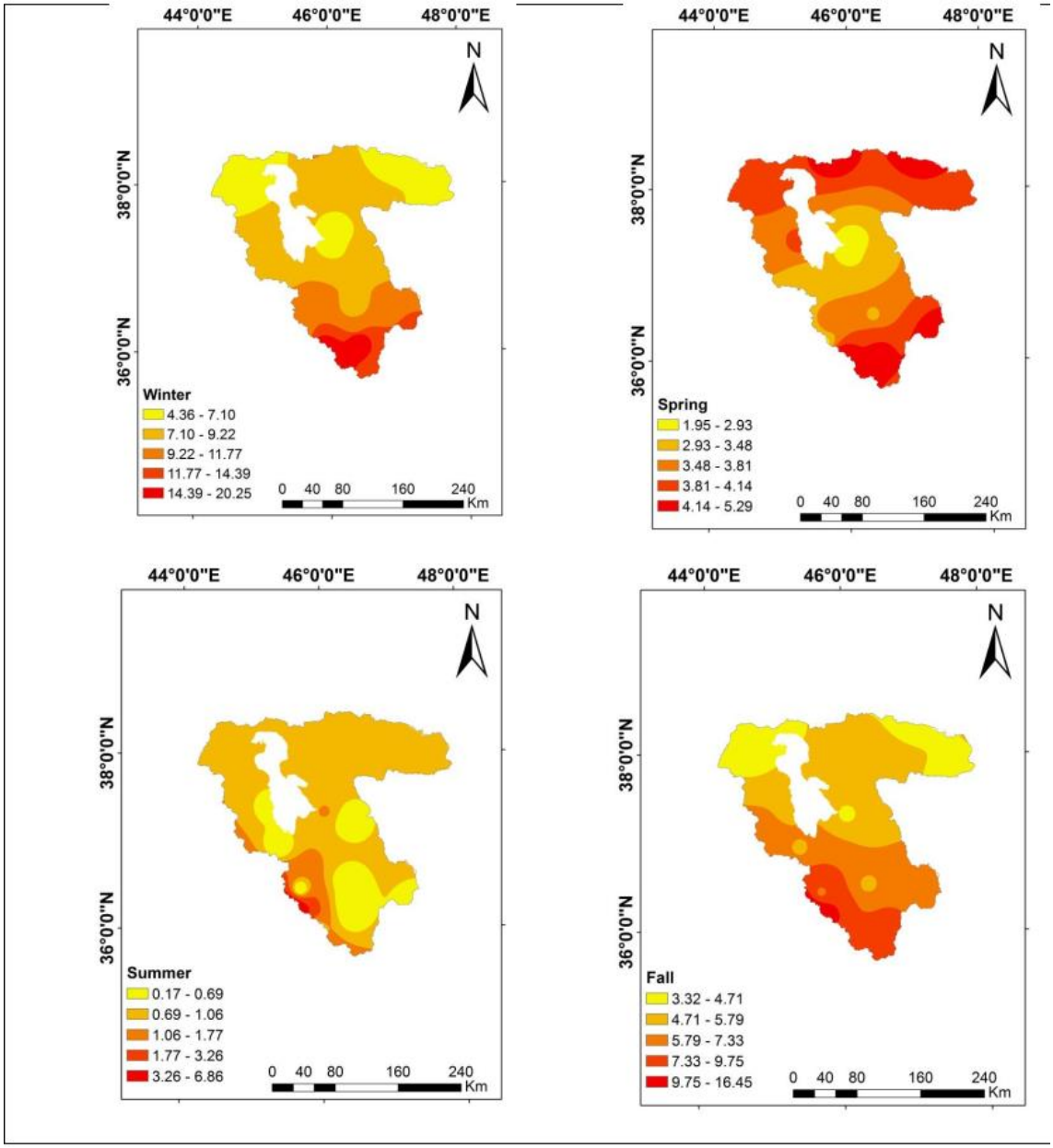
شکل ۲۳. توزیع مکانی شاخص خشکی سالانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه.

شاخص خشکی فصلی

بررسی شاخص خشکی در ابعاد فصلی بیان می‌کند که شاخص خشکی در فصل پاییز و زمستان بیشترین مقدار را در منطقه مورد مطالعه دارد و مطابق انتظار کمترین شاخص خشکی مربوط به فصل تابستان است. بیشترین پراکنش در شاخص خشکی فصلی با دامنه تغییرات تقریبا برابر با ۱۵ مربوط به فصل زمستان بوده در حالی که کمترین پراکنش شاخص خشکی در فصل بهار مشاهده شد (با دامنه تغییرات کمتر از ۳/۵).

در فصل زمستان و پاییز روند مشابهی برای شاخص خشکی قابل مشاهده است (شکل ۲۴). در این دو فصل همانند شاخص خشکی سالانه قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه دارای وضعیت بهتری نسبت به قسمت‌های شمالی است. به عبارتی دیگر در این دو فصل نیز با افزایش عرض جغرافیایی وضعیت اقلیم خشک‌تر می‌شود. در فصل پاییز و زمستان بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه که عمدتا در قسمت مرکزی تا جنوبی قرار دارند در کلاس نیمه خشک طبقه بندی می‌شوند (۲۰ >AI> ۱۰). حال آنکه قسمت‌های شمالی با مقدار شاخص خشکی کمتر از ۱۰ در کلاس خشک طبقه بندی می‌شوند.

نتایج شکل ۲۴ همچنین نشان می‌دهد که در فصل بهار و تابستان کمربند میانی مناطق مطالعه شده دارای شرایط خشک‌تری نسبت به نواحی شمالی و جنوبی هستند. در مقایسه بین دو فصل بهار و تابستان، خشکی کمربند میانی نسبت به نواحی شمالی و جنوبی در فصل تابستان مشهودتر است.



شکل ۲۴. توزیع مکانی شاخص خشکی در ابعاد فصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه.

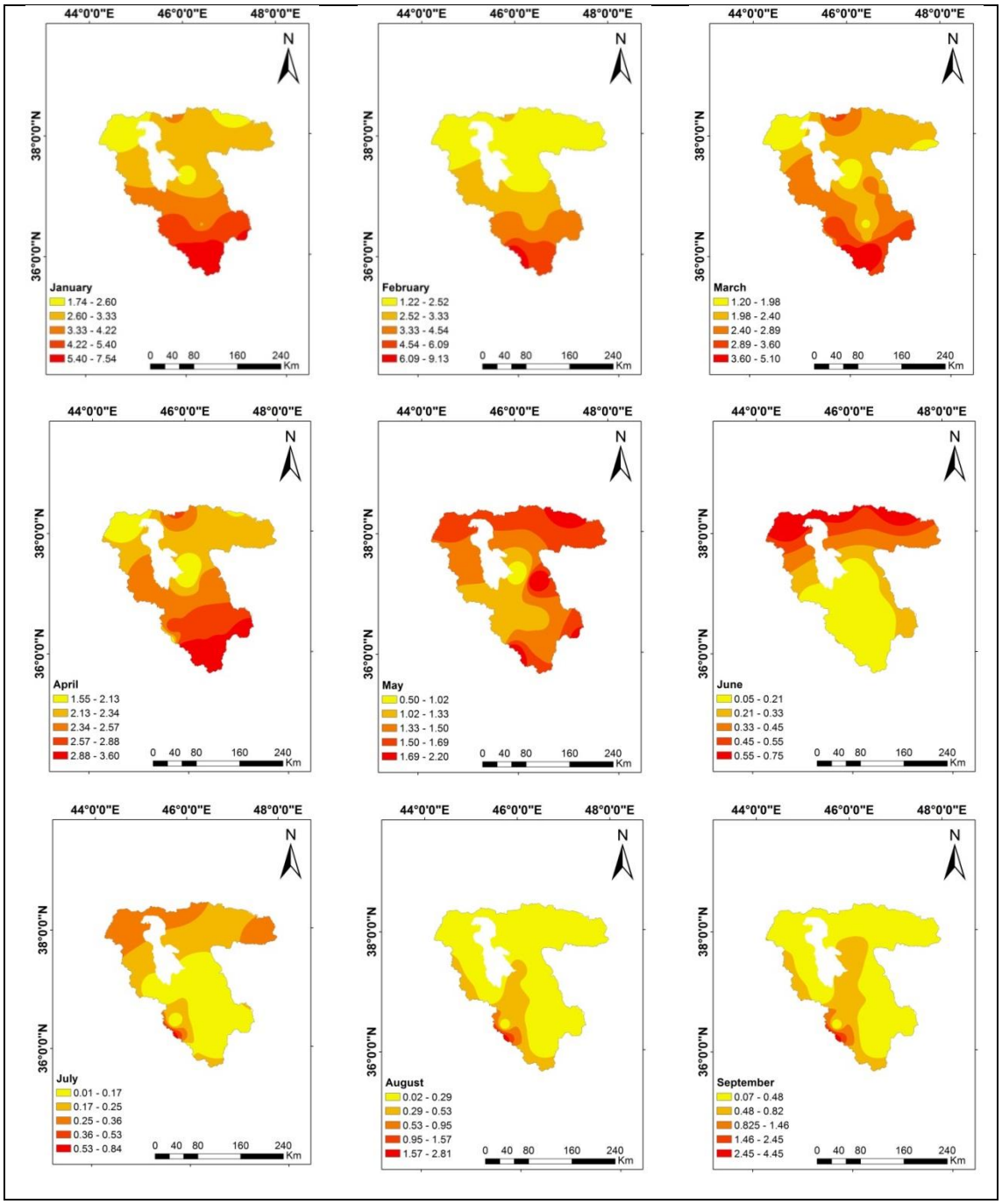
شاخص خشکی ماهانه

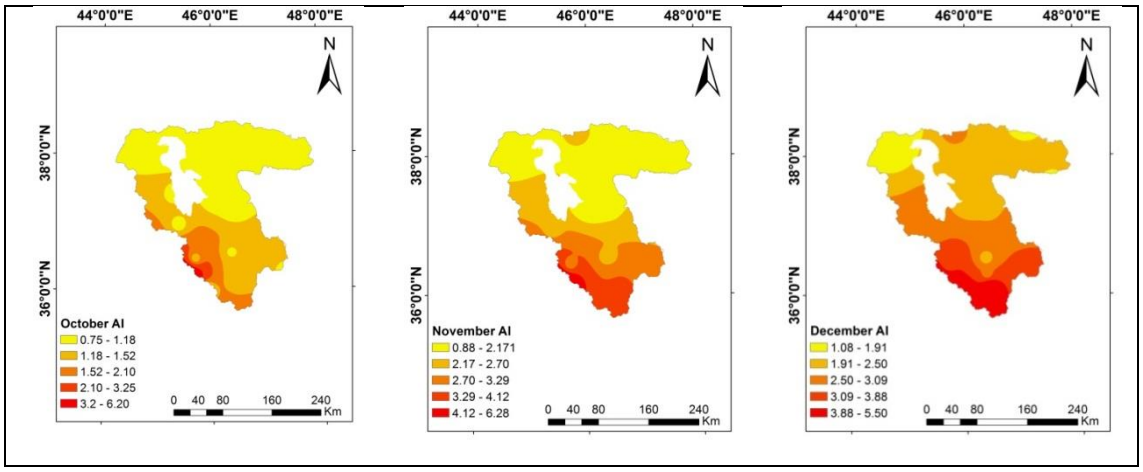
روند تغییرات شاخص خشکی در ابعاد ماهانه نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه به طور کلی مقدار شاخص خشکی از ماه ژانویه تا ماه جولای روند کاهشی داشته و از ماه جولای تا دسامبر روند افزایش دارد (شکل ۲۵). به عبارت دیگر در طول فصل سرد (از اکتبر تا مارس) مقدار شاخص خشکی بالاتر از فصل گرم (آوریل تا سپتامبر) است. همچنین نتایج شکل ۲۵ حاکی از وجود یک روند در تغییرات

شاخص خشکی ماهانه است. در ماه‌های اول سال (ژانویه و فوریه) مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه مرطوب‌تر از مناطق شمالی است و هر چه به اواسط سال نزدیک می‌شویم این تفاوت کم‌رنگ‌تر می‌شود تا جایی که در ماه ژوئن نواحی بالایی مقدار شاخص خشکی بالاتری نسبت به نواحی جنوبی دارند و مرطوب‌تر هستند. در نیمه دوم سال (از جولای تا دسامبر) مناطق جنوبی مرطوب‌تر می‌شوند و رفته رفته این روند به سمت قسمت‌های بالایی پیشروی می‌کند و هم‌زمان مناطق جنوبی نیز مرطوب‌تر می‌شوند.

توزیع مکانی شاخص خشکی ماهانه در ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر بیشترین شباهت را با شاخص خشکی سالانه دارد که در آن مناطق جنوبی از نظر اقلیمی مرطوب‌تر از مناطق شمالی بودند. دامنه تغییرات شاخص خشکی ماهانه در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های اکتبر و نوامبر بیشتر از سایر ماه‌ها است در حالی که در ماه‌های ژوئن و جولای کمتر از سایر ماه‌ها بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که در طول ماه‌های مرطوب‌تر تفاوت اقلیمی در منطقه مورد مطالعه بیشتر از ماه‌های خشک‌تر است.

بررسی نتایج به دست‌آمده از شاخص خشکی در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه نشان می‌دهد که شاخص خشکی سالانه در منطقه مورد مطالعه متاثر از شاخص خشکی در فصل پاییز و زمستان است. همچنین در فصل پاییز و زمستان ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر مهم‌ترین ماه‌ها جهت تعیین کلاس اقلیم منطقه به شمار می‌آیند. همچنین به طور کلی ناحیه جنوبی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با ناحیه شمالی دارای اقلیم مرطوب‌تری است. به همین ترتیب ناحیه غربی در مقایسه با ناحیه شرقی اقلیم مرطوب‌تری دارد. ناحیه جنوب غربی منطقه مورد مطالعه که مربوط به شهرستان‌های سردشت و بانه است، بهترین شرایط را از نظر شاخص خشکی در ابعاد ماهانه، فصلی و سالانه نشان داد.


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
January
1.74 - 2.60
2.60 - 3.33
3.33 - 4.22
4.22 - 5.40
5.40 - 7.54
February
1.22 - 2.52
2.52 - 3.33
3.33 - 4.54
4.54 - 6.09
6.09 - 9.13
March
1.20 - 1.98
1.98 - 2.40
2.40 - 2.89
2.89 - 3.60
3.60 - 5.10
April
1.55 - 2.13
2.13 - 2.34
2.34 - 2.57
2.57 - 2.88
2.88 - 3.60
May
0.50 - 1.02
1.02 - 1.33
1.33 - 1.50
1.50 - 1.69
1.69 - 2.20
June
0.05 - 0.21
0.21 - 0.33
0.33 - 0.45
0.45 - 0.55
0.55 - 0.75
July
0.01 - 0.17
0.17 - 0.25
0.25 - 0.36
0.36 - 0.53
0.53 - 0.84
August
0.02 - 0.29
0.29 - 0.53
0.53 - 0.95
0.95 - 1.57
1.57 - 2.81
September
0.07 - 0.48
0.48 - 0.82
0.825 - 1.46
1.46 - 2.45
2.45 - 4.45
0 40 80 160 240
Km



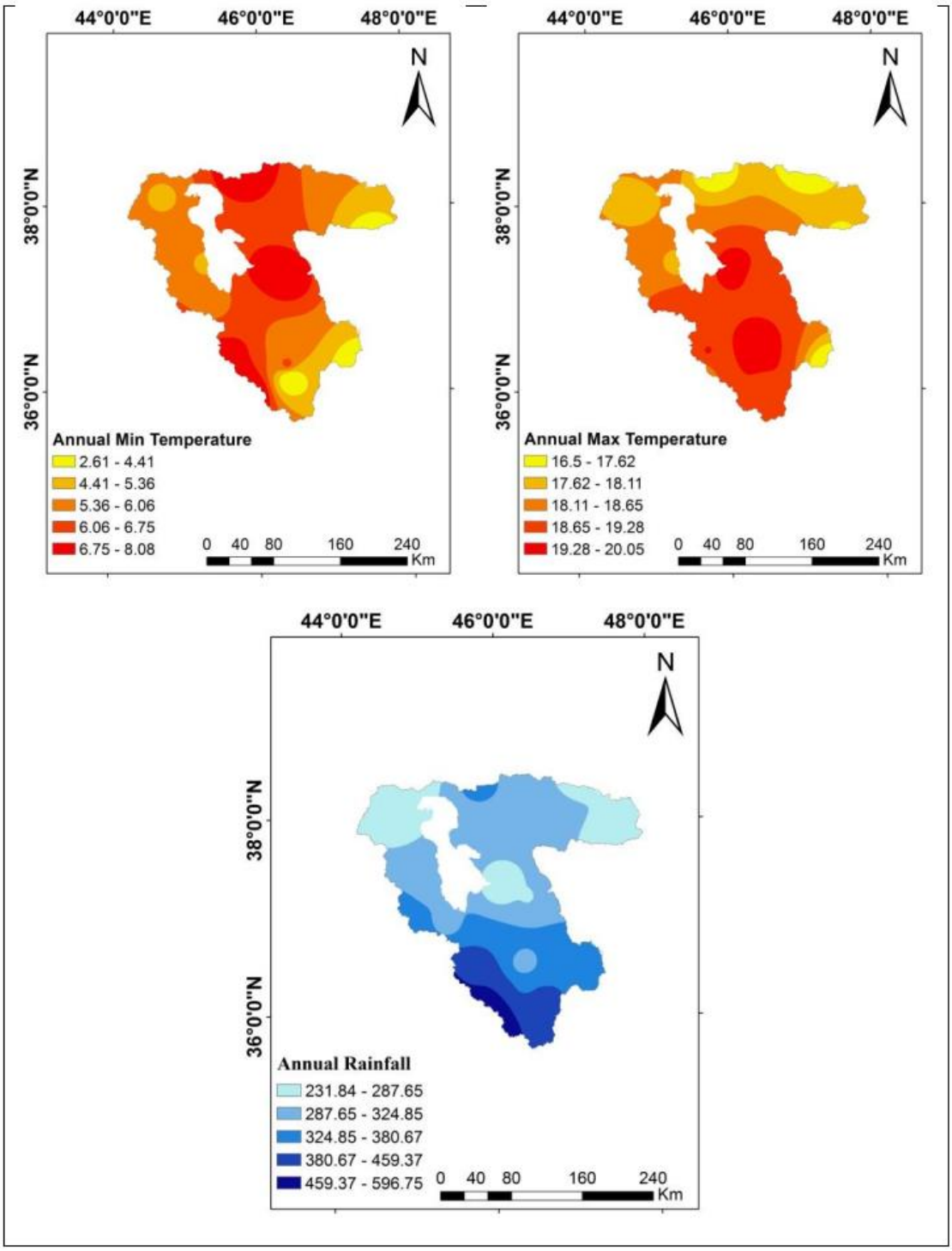
شکل ۲۵. توزیع مکانی شاخص خشکی در ابعاد ماهانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه

متغیرهای اقلیمی در ابعاد سالانه

توزیع مکانی متغیرهای اقلیمی شامل متوسط دمای کمینه، دمای بیشینه و مجموع بارش برای منطقه مورد مطالعه در ابعاد سالانه در شکل ۲۶ نشان داده شده است. تغییرات دمای کمینه در این منطقه در محدوده ۲/۶۱+ تا ۸/۰۸+ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس شکل ۲۶ ناحیه مرکزی منطقه مورد نظر در مقایسه با نواحی شرقی و غربی دارای متوسط دمای کمینه سالانه بیشتری است.

توزیع متوسط دمای بیشینه سالانه بیان می‌کند که ناحیه غربی در مقایسه با ناحیه شرقی گرم‌تر است. همچنین نواحی شمالی در مقایسه با نواحی جنوبی نسبتاً دارای دمای بیشینه پایین‌تری هستند. تغییرات متوسط بیشینه در منطقه هدف بین ۱۶/۵۰+ تا ۲۰/۰۵+ درجه سانتی‌گراد است. با مقایسه توزیع متوسط دمای کمینه و بیشینه در منطقه مورد نظر می‌توان گفت که تغییرات مکانی متوسط دمای کمینه نسبت متوسط دمای بیشینه زیادتر است، به نحوی که دامنه تغییرات متوسط دمای کمینه و بیشینه به ترتیب برابر با ۵/۴۷ و ۳/۵۵ درجه سانتی‌گراد است. یافته مهم دیگری که از مقایسه توزیع مکانی متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه به دست می‌آید عبارت است از نحوه تغییرات زمانی دما در این منطقه. همان طور که در شکل ۲۶ نشان داده شده است نواحی شمالی دارای متوسط دمای کمینه بیشتری نسبت به اکثر مناطق دیگر هستند، در حالی که همین نواحی دارای متوسط دمای بیشینه کمتری نسبت به سایر مناطق هستند که نشان می‌دهد میزان تغییرات سالانه دما در عرض‌های بالاتر منطقه مورد مطالعه کمتر از نواحی دیگر است. در مقایسه استانی می‌توان گفت که کمترین میزان تغییرات بین دمای کمینه و دمای بیشینه در ابعاد سالانه مربوط به آذربایجان شرقی است.

تغییرات مجموع بارندگی سالانه در منطقه مورد نظر از ۲۳۱/۴۷ تا ۵۹۶/۷۵ میلی‌متر در سال است (شکل ۲۶). در مناطق شمالی مجموع بارش سالانه حتی به کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر می‌رسد. به طور کلی روند تغییرات مقدار بارش سالانه در این مناطق به این شکل هست که هر چه به عرض‌های پایین‌تر حرکت می‌کنیم مقدار بارندگی افزایش پیدا می‌کند. در مجموع استان آذربایجان شرقی در مقایسه با دو استان دیگر کمترین مقدار بارندگی را دارد.



شکل۲۶. توزیع مکانی متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه و مجموع بارندگی در ابعاد سالانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه.

متغیرهای اقلیمی در ابعاد فصلی

بررسی تغییرات متوسط دمای کمینه در ابعات فصلی در منطقه مورد مطالعه در شکل ۲۷ نشان داده شده است. در فصل زمستان دمای کمینه منطقه مورد نظر از ۶/۰۴- تا ۴/۹۱+ در نوسان است. بیشترین مقدار دمای کمینه در کمربند میانی منطقه مورد مطالعه و کمترین دمای کمینه در نواحی شرقی و غربی منطقه مشاهده شد. شکل ۲۷ بیان می‌کند که دمای کمینه در فصل بهار از نظر پراکنش با فصل زمستان مشابه است و پراکنش آن در بازه ۵/۶۳+ تا ۱۳/۸۸+ قرار دارد. توزیع دمای کمینه در این فصل نشان می‌دهد که قسمت شرقی منطقه مورد نظر خنک‌تر از منطقه میانی و غربی است. در فصل تابستان مقدار دمای کمینه از ۱۰/۹۴+ در مناطق جنوبی تا ۱۸/۵۵+ در نواحی شمالی منطقه مورد نظر در نوسان بود. در فصل پاییز دامنه تغییرات دمای کمینه تقریبا برابر با ۵/۵ درجه سانتی‌گراد است.

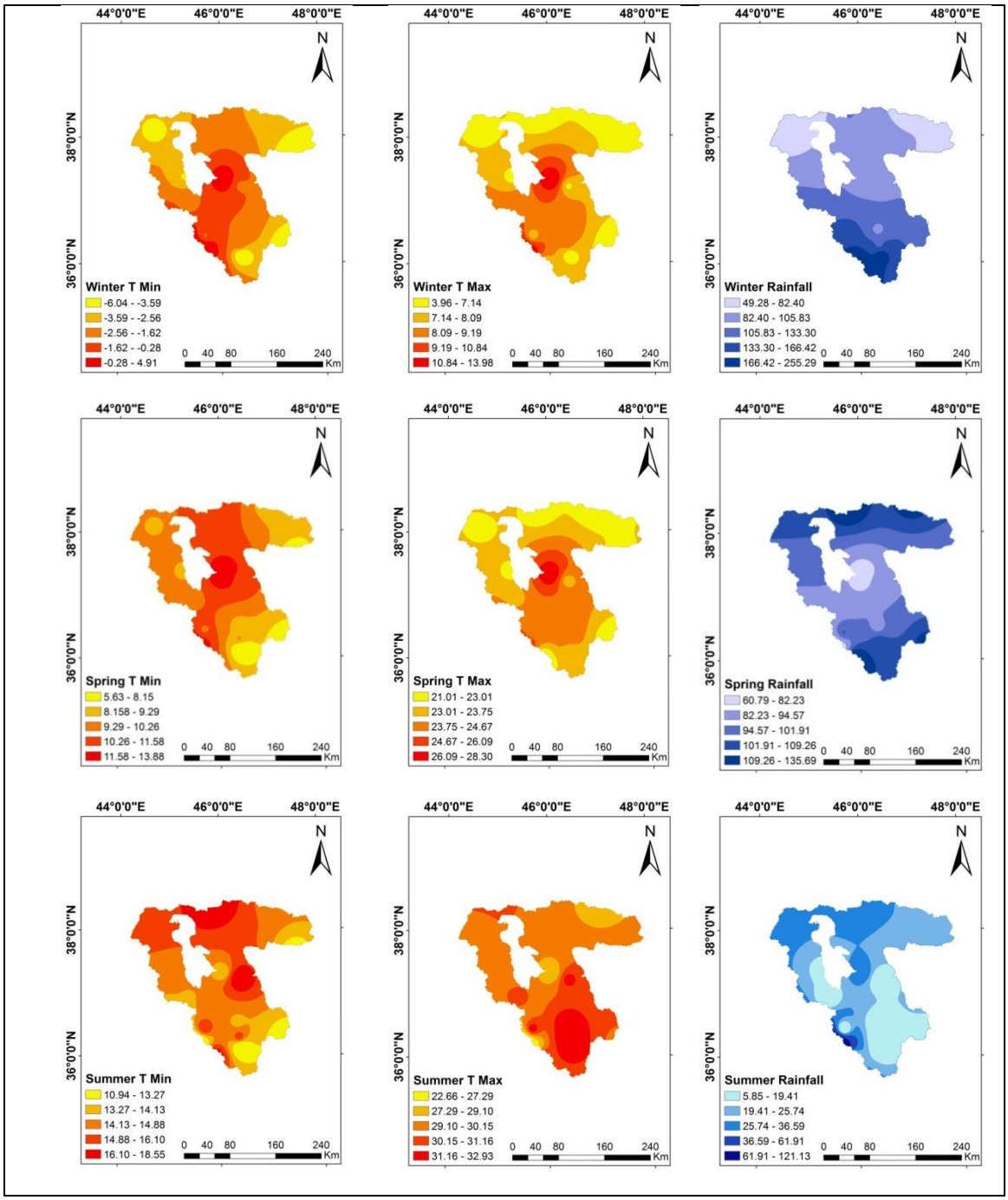
به طور کلی بررسی متوسط دمای کمینه فصلی نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت در مقدار دمای کمینه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل بهار مشاهده شد. همچنین مطابق انتظار، بیشترین دماهای کمینه در فصل تابستان مشاهده شد، در حالی که کمترین دماهای کمینه در طول فصل زمستان مشاهده شد. لازم به ذکر است که از نظر پراکنش توزیع دمای کمینه در فصل بهار بیشترین شباهت را به توزیع متوسط دمای سالانه دارد.

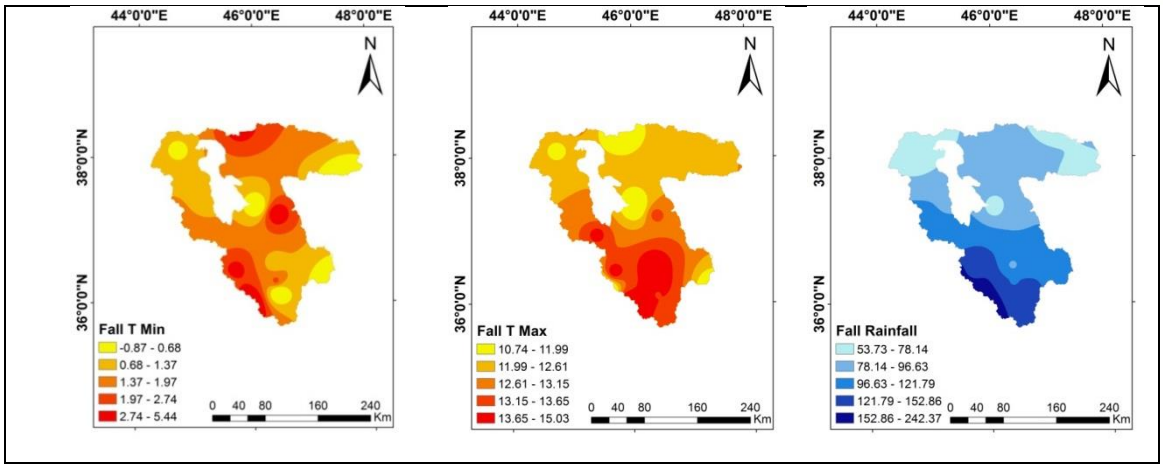
در مورد دمای بیشینه میزان تغییرات در منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان از ۳/۹۶+ تا ۱۳/۹۶+، در فصل بهار از ۲۱/۰۱+ تا ۲۸/۳۰+، در فصل تابستان ۲۲/۶۶+ تا ۳۲/۹۳+ و در پاییز از ۱۰/۷۴+ تا ۱۵/۰۳+ در نوسان بود. همان‌طور که مشخص است دامنه تغییرات دما در پاییز کمتر از سایر فصول است. با مقایسه نقشه‌های دمای کمینه و دمای بیشینه در ابعاد فصلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در تمامی فصول نواحی شمالی نسبت به نواحی جنوبی منطقه مورد مطالعه دارای نوسان دمایی کمتری هستند. همچنین نتایج نشان داد که دمای بیشینه در قسمت مرکزی حوضه آبریز در فصل زمستان و بهار بیشتر از سایر مناطق است و همچنین در دو فصل تابستان و پاییز با افزایش عرض جغرافیایی متوسط دمای بیشینه روند کاهشی نشان داده است که نشان-دهنده میزان مشابهت توزیع دمای بیشینه در این دو فصل و توزیع متوسط دمای سالانه است.

توزیع مکانی مجموع بارندگی در ابعاد فصلی نشان می‌دهد که مقدار مجموع بارندگی در فصل زمستان از ۴۹/۲۸ تا ۲۵۵/۲۹ میلیمتر متغیر است (شکل ۲۷). بخش عمده بارش‌های به وقوع پیوسته در فصل زمستان در منطقه مورد مطالعه کمتر از ۱۳۰ میلی‌متر است. شکل ۲۷ نشان

می‌دهد که روند تغییرات این متغیر در فصل زمستان به این صورت است که با افزایش عرض جغرافیایی از مقدار بارندگی کاسته می‌شود. در این فصل بارندگی در جنوب حوضه آبریز بیشترین مقدار و در شمال حوضه کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. بر اساس نتایج شکل ۲۷ در فصل بهار تغییرات مقدار مجموع بارندگی در بازه ۶۰/۷۹ تا ۱۳۵/۶۹ میلی‌متر قرار دارد. بسیاری از نواحی در این منطقه دارای بارندگی کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر هستند. در این فصل اختلاف بین نواحی مختلف از نظر بارندگی به نحوی است که کمربند میانی منطقه مورد مطالعه بارندگی کمتری نسبت به سایر مناطق دارند. میزان تغییرات بارندگی در فصل تابستان از ۵/۸۵ تا ۱۲۱/۱۳ میلی‌متر متغیر است. در این فصل بر خلاف فصل زمستان با افزایش عرض جغرافیایی میزان بارندگی سالانه روند افزایشی نشان می‌دهد؛ حال آن که بیشترین میزان بارندگی در نواحی مرزی قسمت جنوب‌غربی حوضه آبریز دریاچه مشاهده می‌شود. در فصل پاییز وضعیتی تقریباً مشابه با فصل زمستان مشاهده شد. به وضوح مشخص است که با افزایش عرض جغرافیایی مقدار بارندگی کاهش یافته لذا بخش جنوبی بیشترین بارندگی و بخش شمالی کمترین بارندگی را دریافت می‌نمایند. در این فصل میزان نوسانات بارندگی از ۵۳/۷۳ تا ۳۷/۲۴۲ میلی‌متر متغیر است.

به طور کلی در مورد بارندگی فصلی مقدار مجموع بارندگی در فصل زمستان و متعاقباً پاییز بیشتر از سایر فصول است و در فصل تابستان مقدار مجموع بارندگی کمترین مقدار را نسبت به سایر فصول داشت. همچنین پراکندگی بارندگی در فصول سرد (پاییز و زمستان) بیشتر از فصول گرم (بهار و تابستان) است. به علاوه توزیع مکانی بارندگی در فصول پاییز و زمستان شباهت زیادی را به مجموع بارندگی سالانه نشان دادند که می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از نظر مکانی مقدار بارندگی در این دو فصل تا حد زیادی تغییرات بارندگی سالانه را پوشش می‌دهد.


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Winter T Min
-6.04 - -3.59
-3.59 - -2.56
-2.56 - -1.62
-1.62 - -0.28
-0.28 - 4.91
Winter T Max
3.96 - 7.14
7.14 - 8.09
8.09 - 9.19
9.19 - 10.84
10.84 - 13.98
Winter Rainfall
49.28 - 82.40
82.40 - 105.83
105.83 - 133.30
133.30 - 166.42
166.42 - 255.29
Spring T Min
5.63 - 8.15
8.158 - 9.29
9.29 - 10.26
10.26 - 11.58
11.58 - 13.88
Spring T Max
21.01 - 23.01
23.01 - 23.75
23.75 - 24.67
24.67 - 26.09
26.09 - 28.30
Spring Rainfall
60.79 - 82.23
82.23 - 94.57
94.57 - 101.91
101.91 - 109.26
109.26 - 135.69
Summer T Min
10.94 - 13.27
13.27 - 14.13
14.13 - 14.88
14.88 - 16.10
16.10 - 18.55
Summer T Max
22.66 - 27.29
27.29 - 29.10
29.10 - 30.15
30.15 - 31.16
31.16 - 32.93
Summer Rainfall
5.85 - 19.41
19.41 - 25.74
25.74 - 36.59
36.59 - 61.91
61.91 - 121.13
0 40 80 160 240
Km



شکل ۲۷. توزیع مکانی متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه و مجموع بارندگی در ابعاد فصلی در منطقه مورد مطالعه.

متغیرهای اقلیمی در ابعاد ماهانه

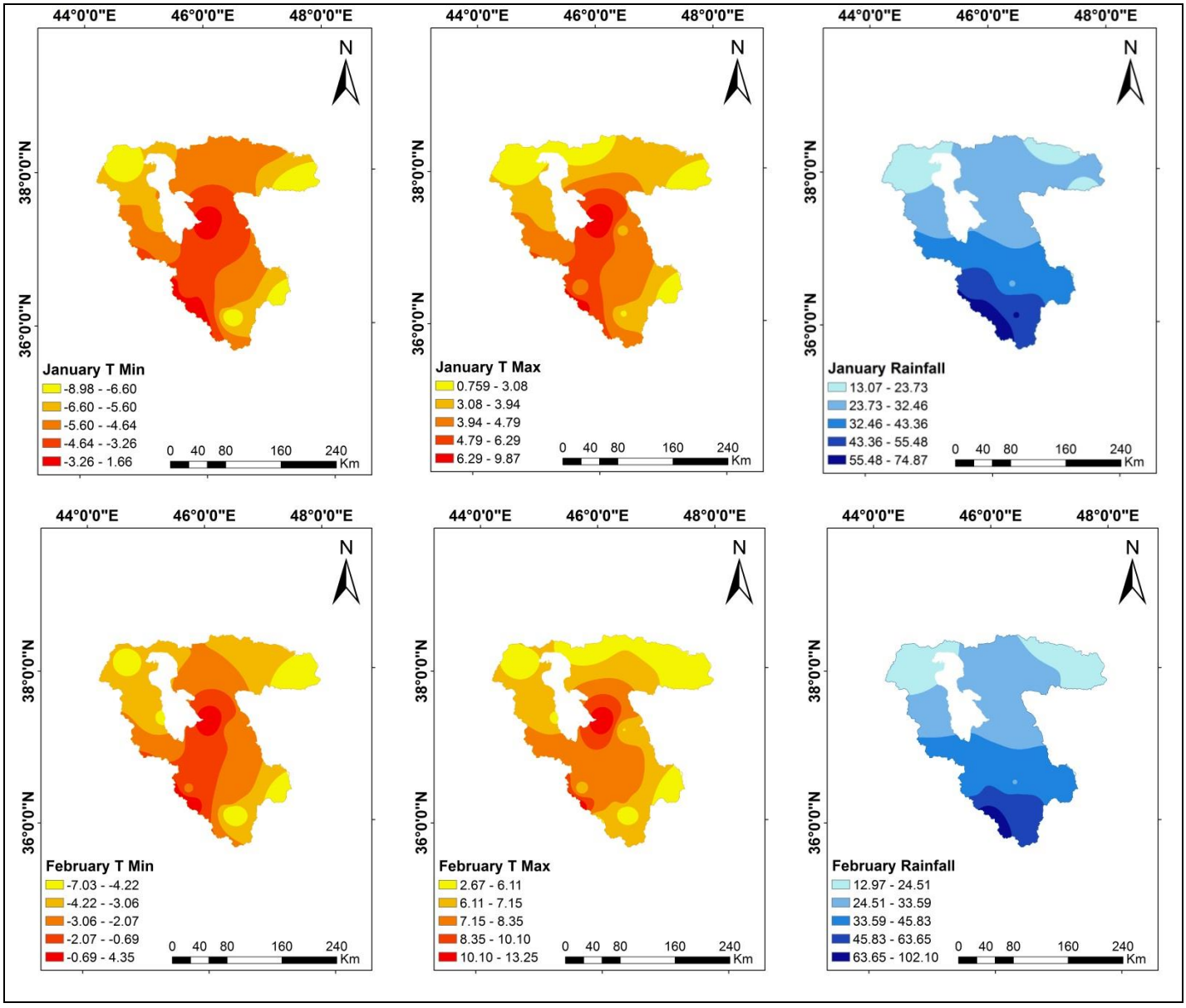
بررسی تغییرات مکانی دمای کمینه در ابعاد ماهانه نشان می‌دهد که در اکثر ماه‌ها ناحیه غربی گرم‌تر از ناحیه شرقی است (شکل ۲۸). در فصل تابستان (ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر) نواحی شمالی دارای دمای کمینه بیشتری نسبت به نواحی جنوبی هستند؛ یعنی در این ماه‌ها با افزایش عرض جغرافیایی دما افزایش پیدا می‌کند. به طور کلی بیشترین دامنه تغییرات دمای کمینه ماهانه در منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان و ماه‌های فوریه و مارس مشاهده شد. کمترین تغییرات دمای کمینه ماهانه در منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز و ماه دسامبر مشاهده شد.

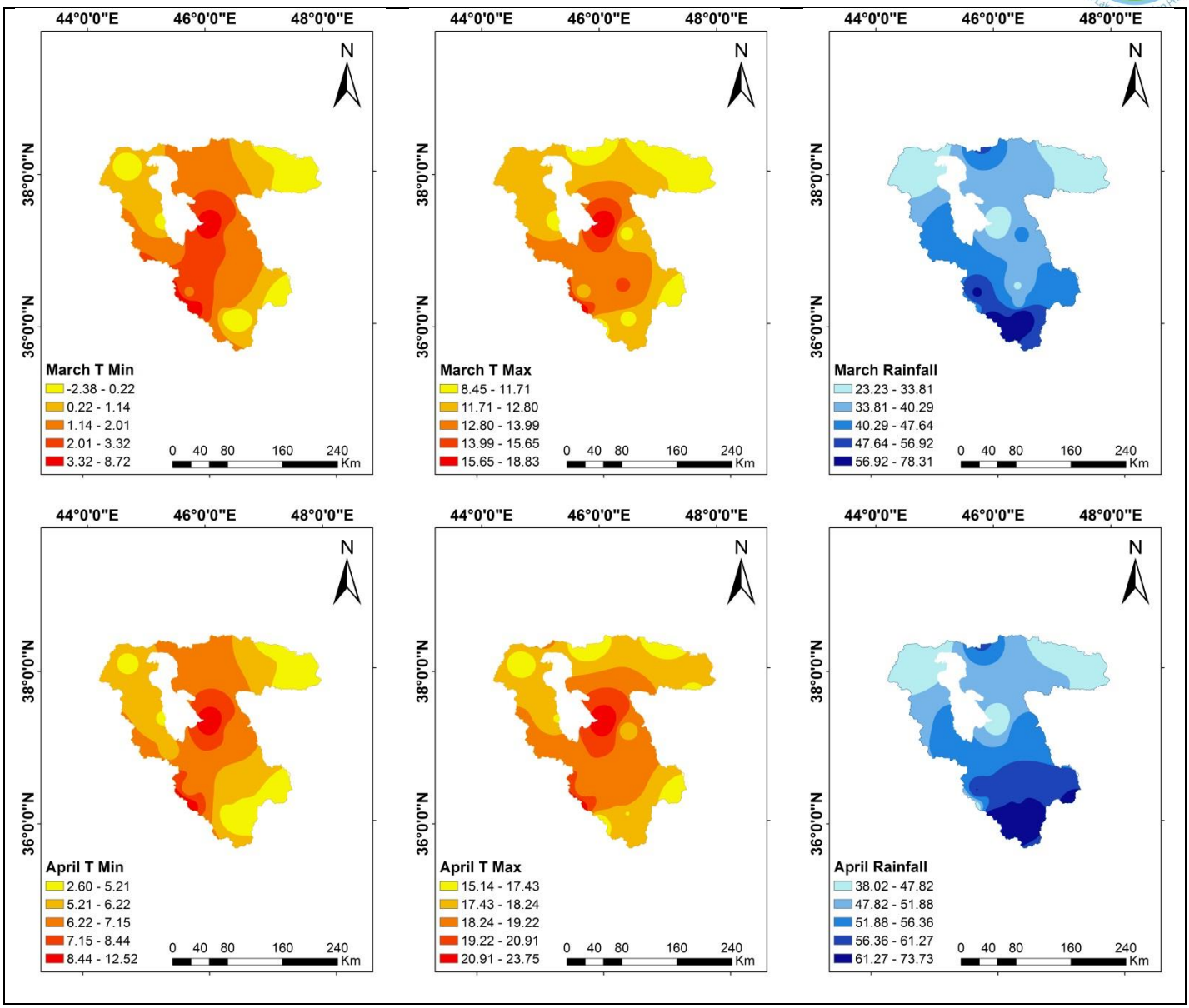
شکل ۲۸ نشان می‌دهد که به طور کلی تا نیمه سال دمای بیشینه در مناطق میانی بیشتر از سایر مناطق بوده و هر چه به انتهای سال نزدیک می‌شویم قسمت جنوبی حوضه آبریز گرم‌تر می‌شود. میزان پراکنش دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ماه‌های جولای و آگوست بیشترین و ماه‌های دسامبر و ژانویه کمترین میزان دمای بیشینه را در منطقه مورد مطالعه نشان دادند. همچنین ماه‌های نوامبر و آگوست به ترتیب با دامنه تغییرات ۵/۳۶ و ۱۱/۳۰ درجه سانتی‌گراد کمترین و بیشترین نوسانات را نشان دادند.

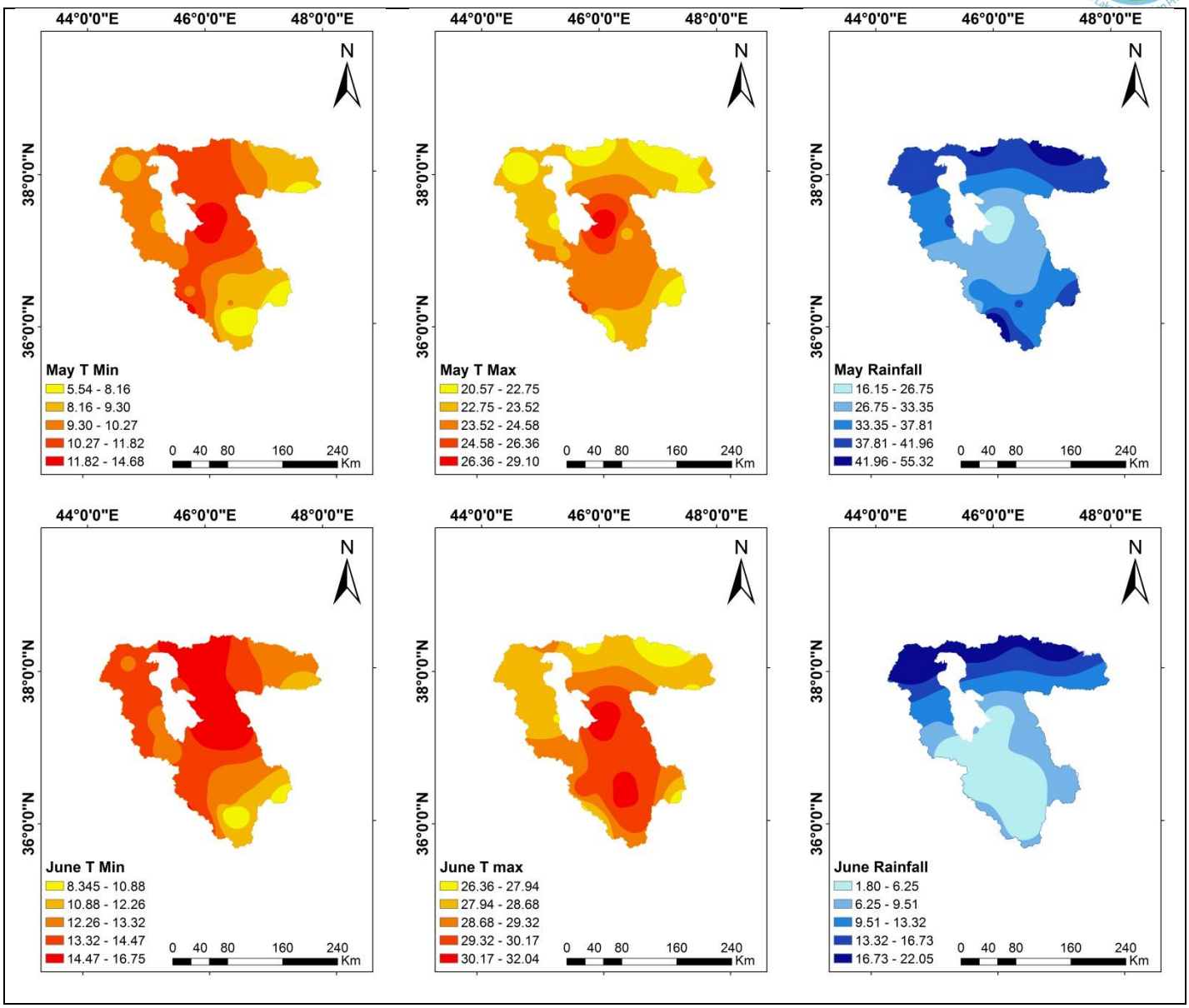
مقایسه متوسط دمای کمینه و بیشینه در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد که به طور کلی در تمامی ماه‌ها نوسانات در دمای بیشینه کمتر از دمای کمینه است.

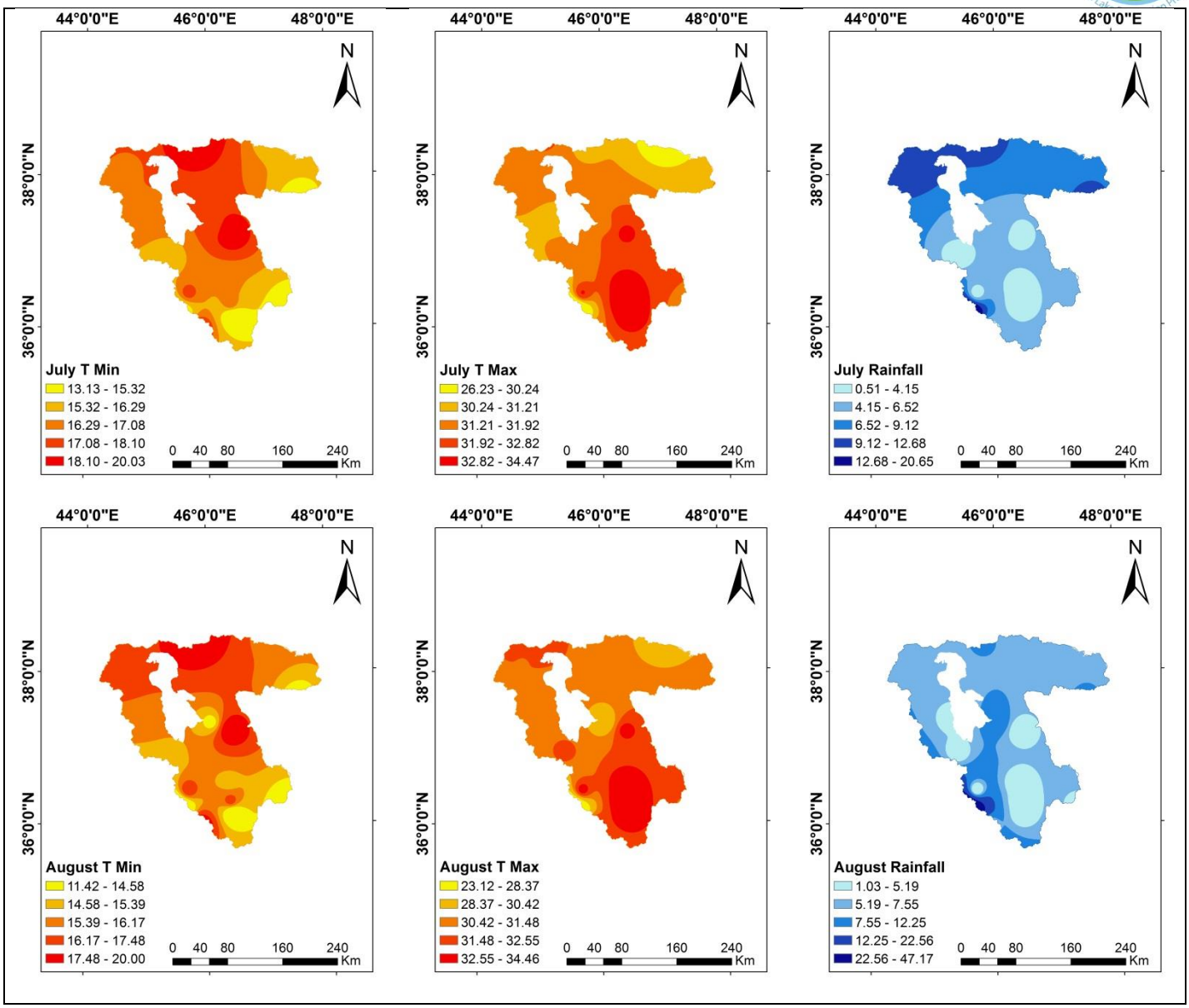
بررسی توزیع تغییرات بارندگی در ابعاد ماهانه نشان می‌دهد که از ابتدای پاییز تا انتهای زمستان (نیمه سرد سال) در منطقه مورد مطالعه، میزان بارندگی در قسمت‌های جنوبی بیشتر از مناطق شمالی

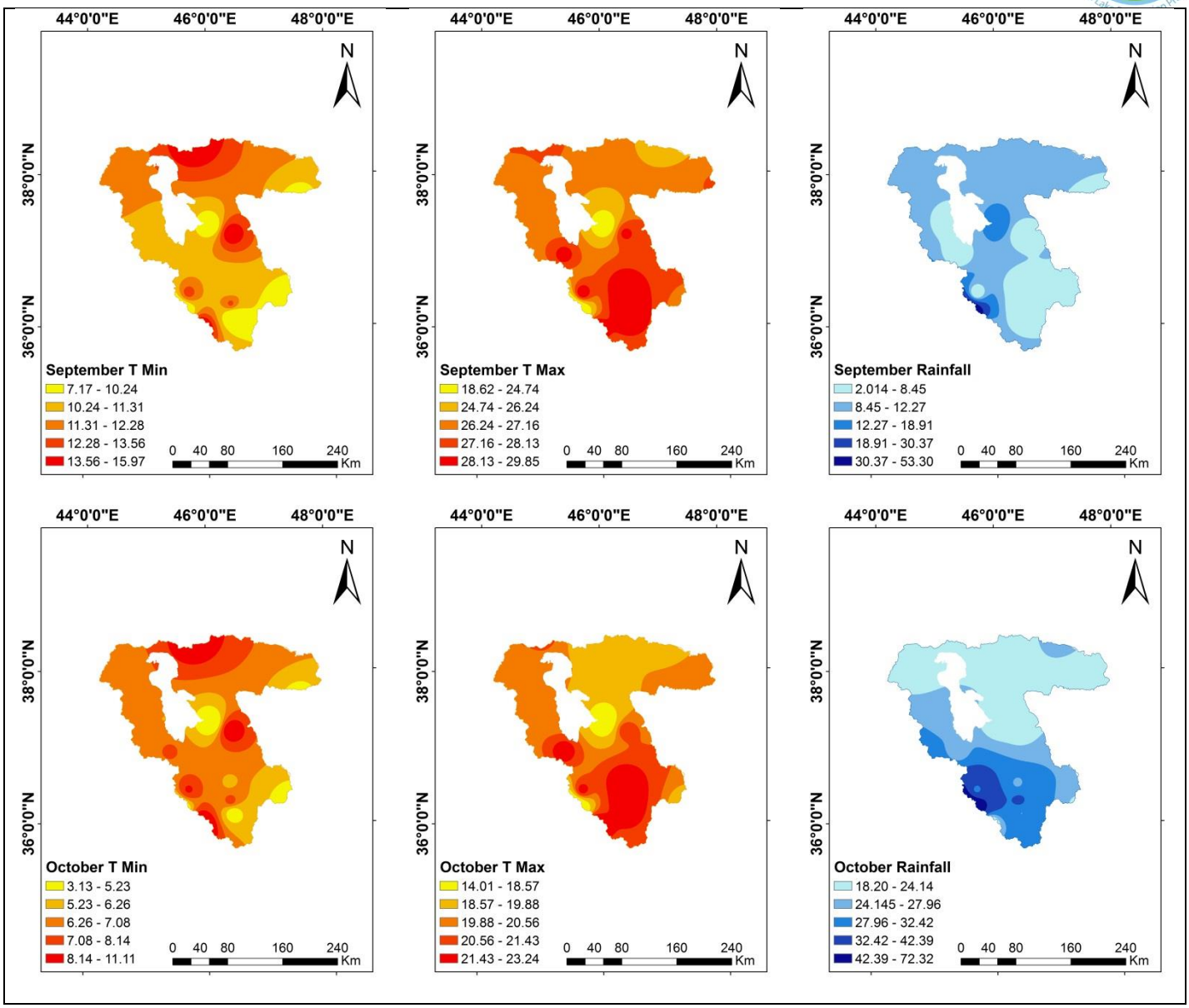
است و با افزایش عرض جغرافیایی میزان بارندگی کاهش می‌یابد (شکل ۲۸). در نیمه گرم سال (فصل بهار و تابستان) شرایط به نفع نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه تغییر می‌یابد و برعکس نیمه سرد سال، در نیمه گرم سال نواحی شمالی دارای میزان بارندگی بیشتری نسبت به قسمت‌های جنوبی هستند. به طور کلی در ماه‌های گرم سال (آوریل تا سپتامبر) میزان پراکندگی و تفاوت بارندگی بین نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه کمتر از ماه‌های سرد سال (اکتبر تا مارس) می‌باشد. کمترین دامنه تغییرات مربوط به فصل بهار و ماه ژوون (۳۹/۰۸ میلیمتر) و بیشترین دامنه تغییرات مربوط به فصل زمستان و ماه فوریه (تقریبا ۹۰ میلی‌متر) است. ماه‌های سرد سال (اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه) از نظر توزیع بارندگی بیشترین تشابه ظاهری را با توزیع بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه داشتند، بدین معنی که مجموع بارندگی در این پنج ماه بیشترین تاثیر را در مقدار بارندگی سالانه را به خود اختصاص می‌دهند.

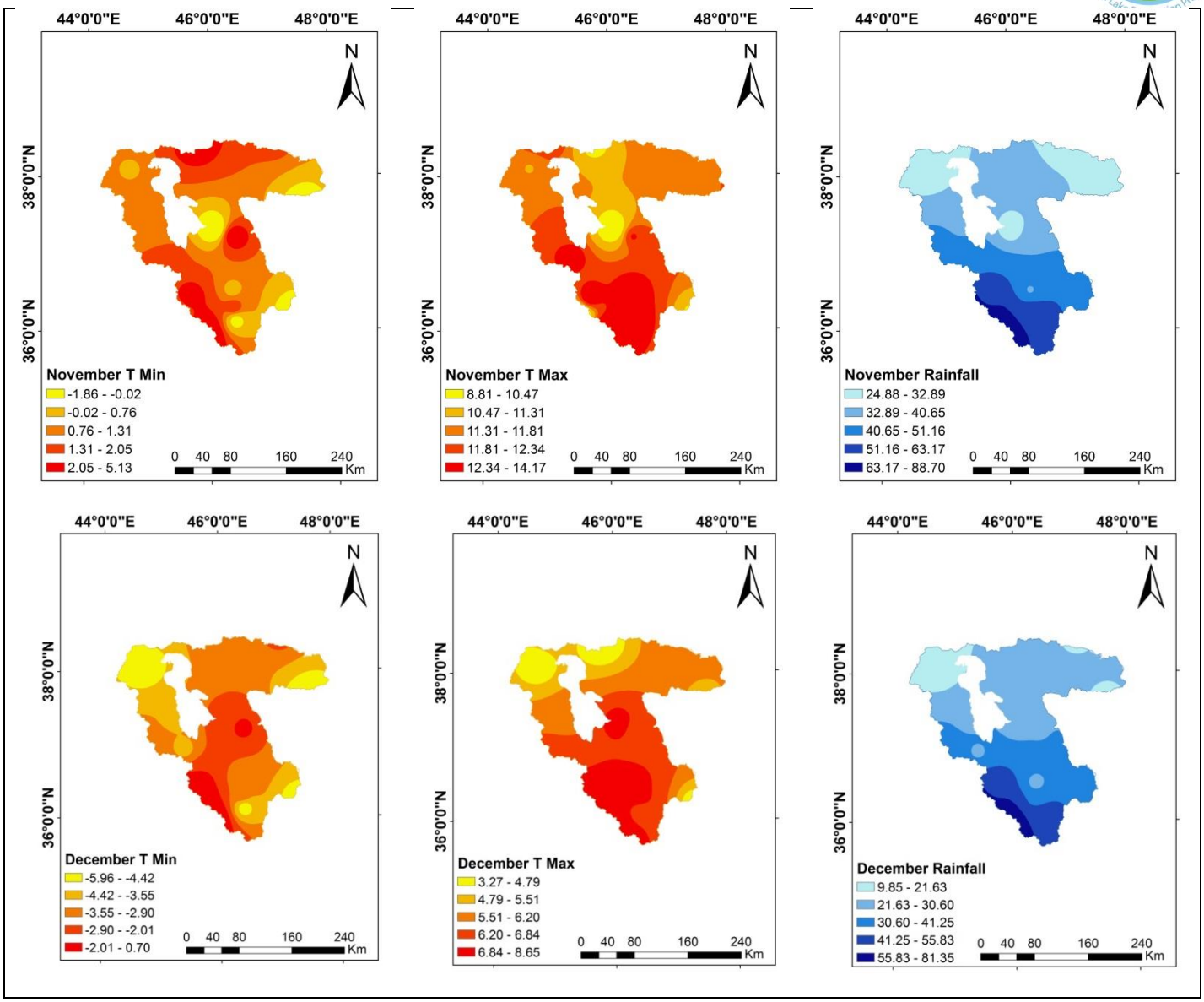

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
January T Min
-8.98 - -6.60
-6.60 - -5.60
-5.60 - -4.64
-4.64 - -3.26
-3.26 - 1.66
0 40 80 160 240
Km
January T Max
0.759 - 3.08
3.08 - 3.94
3.94 - 4.79
4.79 - 6.29
6.29 - 9.87
January Rainfall
13.07 - 23.73
23.73 - 32.46
32.46 - 43.36
43.36 - 55.48
55.48 - 74.87
February T Min
-7.03 - -4.22
-4.22 - -3.06
-3.06 - -2.07
-2.07 - -0.69
-0.69 - 4.35
February T Max
2.67 - 6.11
6.11 - 7.15
7.15 - 8.35
8.35 - 10.10
10.10 - 13.25
February Rainfall
12.97 - 24.51
24.51 - 33.59
33.59 - 45.83
45.83 - 63.65
63.65 - 102.10


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
March T Min
-2.38 - 0.22
0.22 - 1.14
1.14 - 2.01
2.01 - 3.32
3.32 - 8.72
March T Max
8.45 - 11.71
11.71 - 12.80
12.80 - 13.99
13.99 - 15.65
15.65 - 18.83
March Rainfall
23.23 - 33.81
33.81 - 40.29
40.29 - 47.64
47.64 - 56.92
56.92 - 78.31
April T Min
2.60 - 5.21
5.21 - 6.22
6.22 - 7.15
7.15 - 8.44
8.44 - 12.52
April T Max
15.14 - 17.43
17.43 - 18.24
18.24 - 19.22
19.22 - 20.91
20.91 - 23.75
April Rainfall
38.02 - 47.82
47.82 - 51.88
51.88 - 56.36
56.36 - 61.27
61.27 - 73.73
0 40 80 160 240
Km


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
May T Min
5.54 - 8.16
8.16 - 9.30
9.30 - 10.27
10.27 - 11.82
11.82 - 14.68
May T Max
20.57 - 22.75
22.75 - 23.52
23.52 - 24.58
24.58 - 26.36
26.36 - 29.10
May Rainfall
16.15 - 26.75
26.75 - 33.35
33.35 - 37.81
37.81 - 41.96
41.96 - 55.32
June T Min
8.345 - 10.88
10.88 - 12.26
12.26 - 13.32
13.32 - 14.47
14.47 - 16.75
June T max
26.36 - 27.94
27.94 - 28.68
28.68 - 29.32
29.32 - 30.17
30.17 - 32.04
June Rainfall
1.80 - 6.25
6.25 - 9.51
9.51 - 13.32
13.32 - 16.73
16.73 - 22.05
0 40 80 160 240
Km


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
July T Min
13.13 - 15.32
15.32 - 16.29
16.29 - 17.08
17.08 - 18.10
18.10 - 20.03
July T Max
26.23 - 30.24
30.24 - 31.21
31.21 - 31.92
31.92 - 32.82
32.82 - 34.47
July Rainfall
0.51 - 4.15
4.15 - 6.52
6.52 - 9.12
9.12 - 12.68
12.68 - 20.65
August T Min
11.42 - 14.58
14.58 - 15.39
15.39 - 16.17
16.17 - 17.48
17.48 - 20.00
August T Max
23.12 - 28.37
28.37 - 30.42
30.42 - 31.48
31.48 - 32.55
32.55 - 34.46
August Rainfall
1.03 - 5.19
5.19 - 7.55
7.55 - 12.25
12.25 - 22.56
22.56 - 47.17
0 40 80 160 240
Km


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
September T Min
7.17 - 10.24
10.24 - 11.31
11.31 - 12.28
12.28 - 13.56
13.56 - 15.97
0 40 80 160 240
Km
September T Max
18.62 - 24.74
24.74 - 26.24
26.24 - 27.16
27.16 - 28.13
28.13 - 29.85
September Rainfall
2.014 - 8.45
8.45 - 12.27
12.27 - 18.91
18.91 - 30.37
30.37 - 53.30
October T Min
3.13 - 5.23
5.23 - 6.26
6.26 - 7.08
7.08 - 8.14
8.14 - 11.11
October T Max
14.01 - 18.57
18.57 - 19.88
19.88 - 20.56
20.56 - 21.43
21.43 - 23.24
October Rainfall
18.20 - 24.14
24.145 - 27.96
27.96 - 32.42
32.42 - 42.39
42.39 - 72.32



شکل ۲۸. توزیع مکانی متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه و مجموع بارندگی در ابعاد ماهانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه.

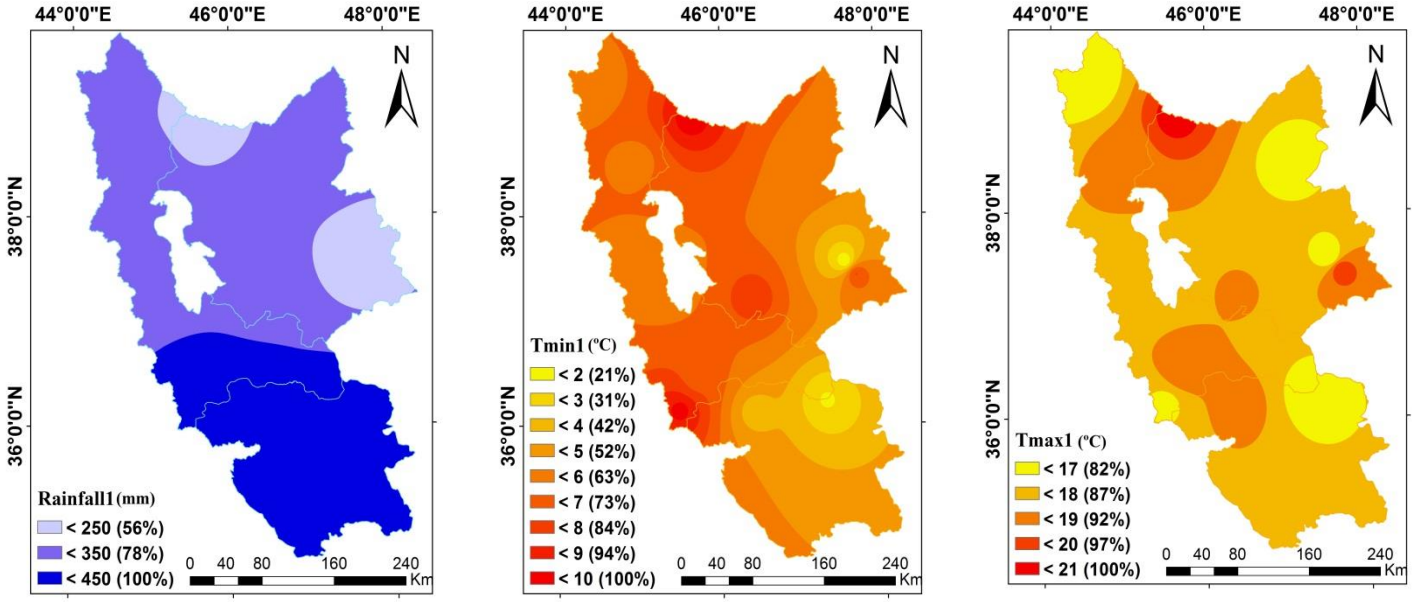
تغییرات متغیرهای اقلیمی در بازه‌های پنج ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ (شش دوره)

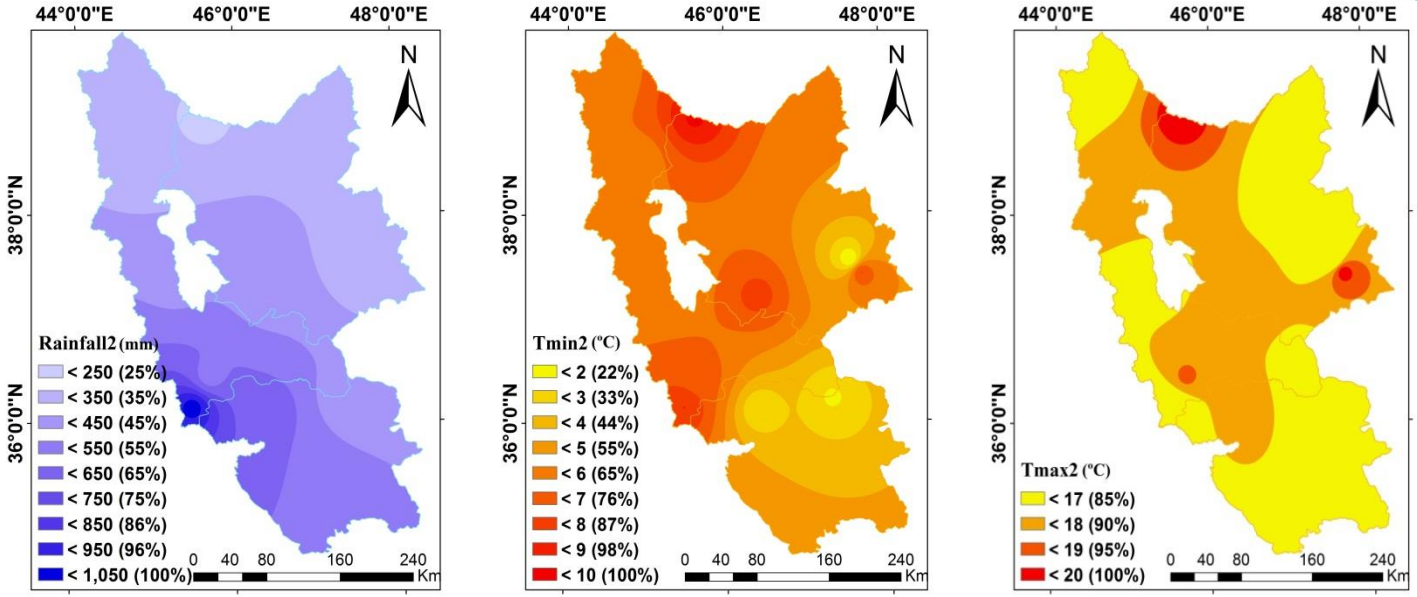
روند تغییرات مکانی مقدار مجموع بارندگی، متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه در ابعاد سالانه و برای دوره‌های ۵ ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۲۹ نشان داده شده است. روند تغییرات مکانی مقدار مجموع بارندگی سالانه نشان می‌دهد که مقدار بارندگی در نواحی جنوبی استان در هر شش دوره مطالعه شده بیشتر از نواحی شمالی است. به مفهمومی دیگر در کل منطقه مطالعه‌شده مقدار بارندگی سالانه با افزایش عرض جغرافیایی رابطه معکوس نشان داده است و با افزایش عرض جغرافیایی مقدار بارندگی کاهش یافته است. توزیع بارندگی بین نواحی

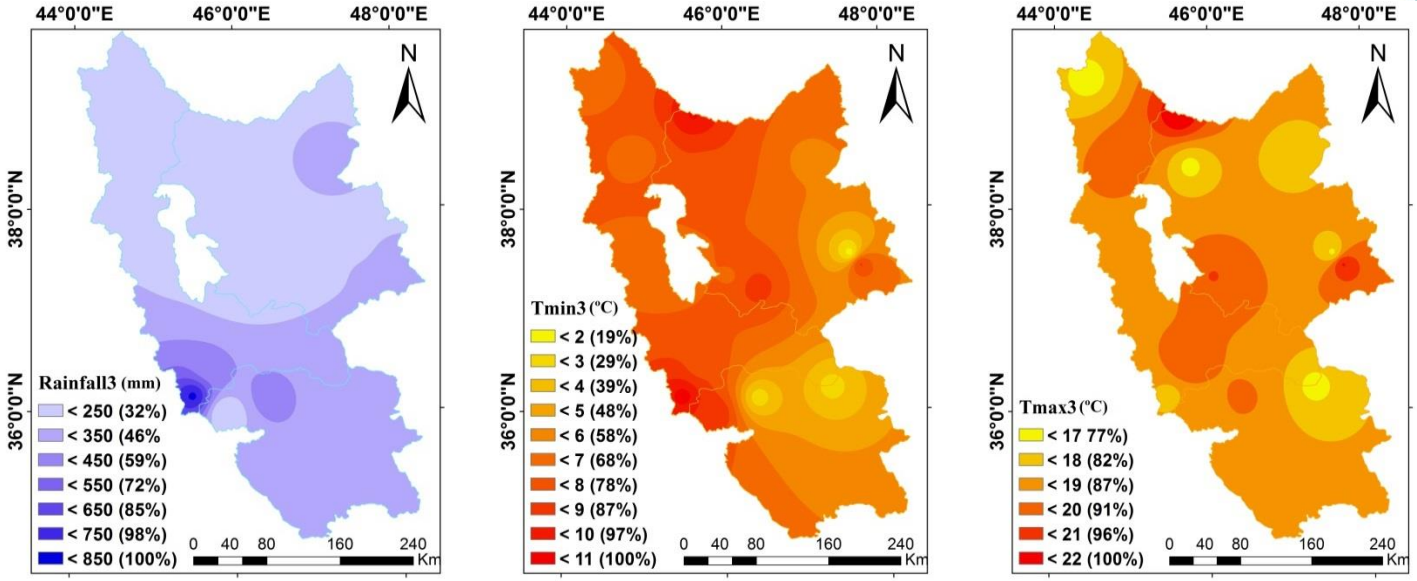
مختلف منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد که در تمامی دوره‌های بررسی‌شده مقدار بارندگی سالانه در اکثر نواحی زیر ۴۵۰ میلی‌متر است و همچنین هر چه به دوره‌های پایانی بررسی‌شده نزدیک‌تر می‌شویم مساحت مناطق با بارندگی بالای ۴۵۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد و به مساحت مناطق با بارندگی کمتر اضافه می‌شود، در حالی که از مساحت نواحی پر بارش کاسته می‌شود. شهرستان سردشت در هر شش دوره مطالعه شده بیشترین مقدار بارندگی سالانه را به خود اختصاص داده است. از میان دوره‌های مطالعه‌شده دوره اول (۱۹۹۰-۱۹۸۶) کم‌ترین میزان پراکنش مکانی را در منطقه مورد مطالعه نشان داد در حالی که در دوره دوم (۱۹۹۵-۱۹۹۱) و دوره چهارم (۲۰۰۵-۲۰۰۱) بیشترین تنوع مکانی را از نظر بارندگی نشان دادند.

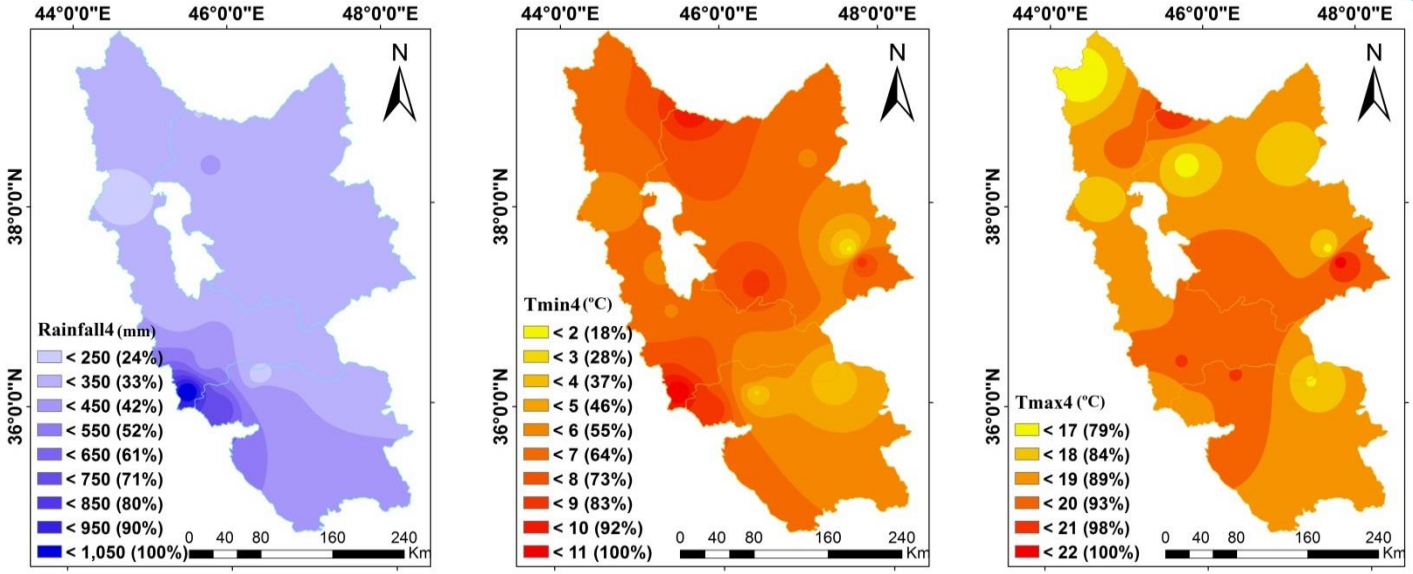
بررسی تغییرات دمای کمینه در منطقه مورد مطالعه حاکی از این است که ناحیه شرقی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با ناحیه غربی سردتر شده است. به طور کلی دمای هوای کمینه در طول دوره‌های مورد مطالعه روند افزایشی داشته است. به طوری که مساحت زمین‌های زیر ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته و بالای ۹ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است. از بین ایستگاه‌های انتخاب شده کمترین دمای کمینه در طول تمامی دوره‌های مطالعه شده مربوط به تکاب، سقز و سراب است در حالی که بیشترین دمای کمینه مربوط به جلفا، مراغه و سردشت است.

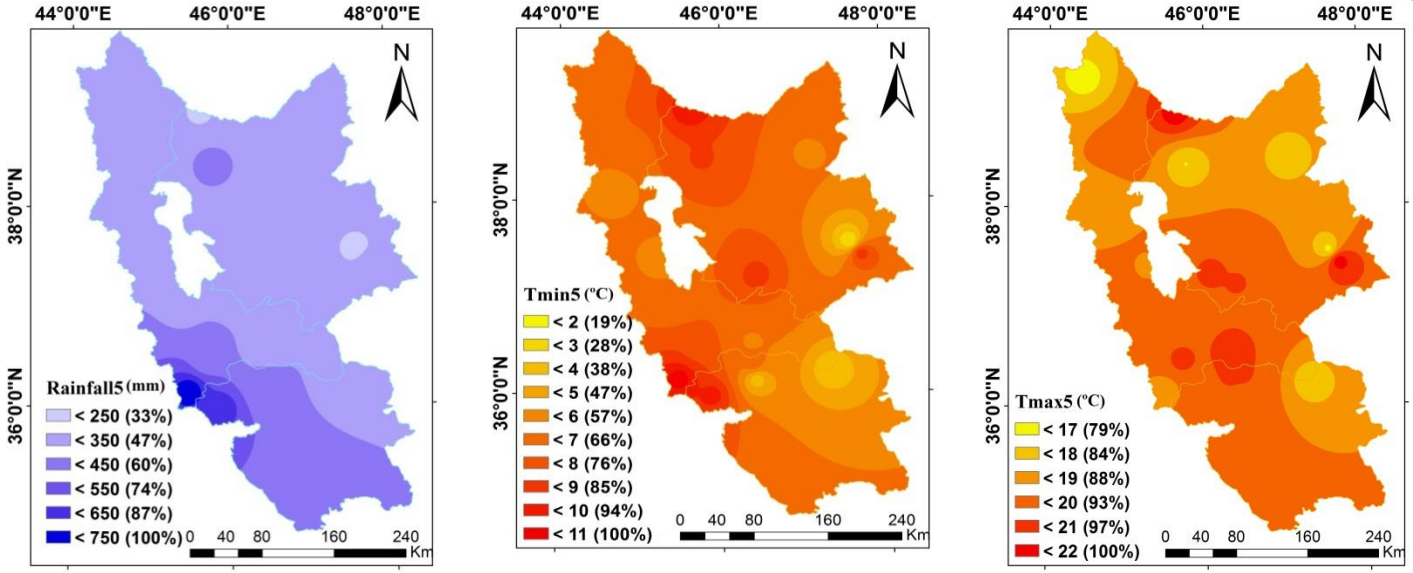
بررسی روند تغییرات دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه به وضوح بیان می‌کند که با گذشت زمان مقدار دمای بیشینه افزایش داشته است. همچنین نقشه‌های دمای بیشینه در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد که در دو دوره اول نواحی جنوبی خنکتر از سایر نواحی هستند ولی رفته رفته در این نواحی دمای بیشینه افزایش یافته است. به طوری که در سال‌های پایانی مطالعه شده نواحی جنوبی در مقایسه با نواحی شمالی دمای بیشینه بالاتری نشان می‌دهند. به عبارتی دیگر می‌توان گفت در دوره‌های اخیر با افزایش عرض جغرافیایی دمای بیشینه کاهش یافته است.

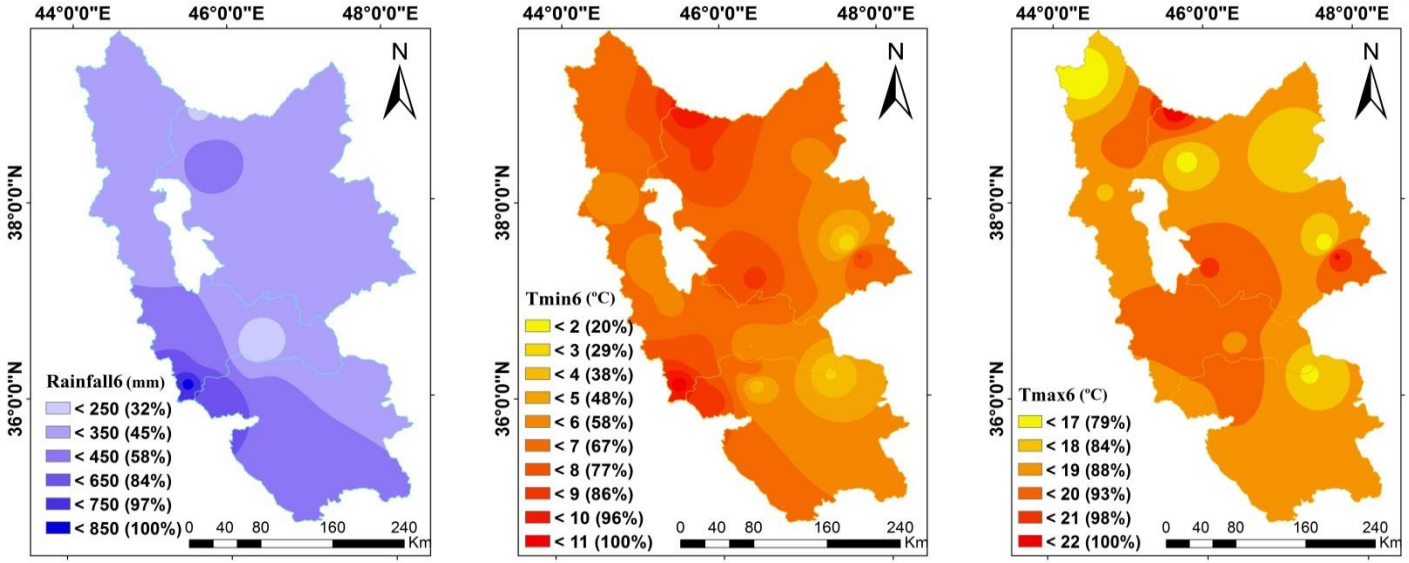

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall1 (mm)
< 250 (56%)
< 350 (78%)
< 450 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin1 (°C)
< 2 (21%)
< 3 (31%)
< 4 (42%)
< 5 (52%)
< 6 (63%)
< 7 (73%)
< 8 (84%)
< 9 (94%)
< 10 (100%)
Tmax1 (°C)
< 17 (82%)
< 18 (87%)
< 19 (92%)
< 20 (97%)
< 21 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall2 (mm)
< 250 (25%)
< 350 (35%)
< 450 (45%)
< 550 (55%)
< 650 (65%)
< 750 (75%)
< 850 (86%)
< 950 (96%)
< 1,050 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin2 (°C)
< 2 (22%)
< 3 (33%)
< 4 (44%)
< 5 (55%)
< 6 (65%)
< 7 (76%)
< 8 (87%)
< 9 (98%)
< 10 (100%)
Tmax2 (°C)
< 17 (85%)
< 18 (90%)
< 19 (95%)
< 20 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall3 (mm)
< 250 (32%)
< 350 (46%
< 450 (59%)
< 550 (72%)
< 650 (85%)
< 750 (98%)
< 850 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin3 (°C)
< 2 (19%)
< 3 (29%)
< 4 (39%)
< 5 (48%)
< 6 (58%)
< 7 (68%)
< 8 (78%)
< 9 (87%)
< 10 (97%)
< 11 (100%)
Tmax3 (°C)
< 17 77%)
< 18 (82%)
< 19 (87%)
< 20 (91%)
< 21 (96%)
< 22 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall4 (mm)
< 250 (24%)
< 350 (33%)
< 450 (42%)
< 550 (52%)
< 650 (61%)
< 750 (71%)
< 850 (80%)
< 950 (90%)
< 1,050 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin4 (°C)
< 2 (18%)
< 3 (28%)
< 4 (37%)
< 5 (46%)
< 6 (55%)
< 7 (64%)
< 8 (73%)
< 9 (83%)
< 10 (92%)
< 11 (100%)
Tmax4 (°C)
< 17 (79%)
< 18 (84%)
< 19 (89%)
< 20 (93%)
< 21 (98%)
< 22 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall5 (mm)
< 250 (33%)
< 350 (47%)
< 450 (60%)
< 550 (74%)
< 650 (87%)
< 750 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin5 (°C)
< 2 (19%)
< 3 (28%)
< 4 (38%)
< 5 (47%)
< 6 (57%)
< 7 (66%)
< 8 (76%)
< 9 (85%)
< 10 (94%)
< 11 (100%)
Tmax5 (°C)
< 17 (79%)
< 18 (84%)
< 19 (88%)
< 20 (93%)
< 21 (97%)
< 22 (100%)



شکل ۲۹. تغییرات متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه و مجموع بارندگی در بازه‌های زمانی ۱۹۹۰-۱۹۸۶ (۱)، ۱۹۹۵-۱۹۹۱ (۲)، ۲۰۰۰-۱۹۹۶ (۳)، ۲۰۰۵-۲۰۰۱ (۴)، ۲۰۱۰-۲۰۰۶ (۵)، ۲۰۱۵-۲۰۱۱ (۶) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه.

مقایسه دمای کمینه و بیشینه در طول دوره‌های مطالعه‌شده نشان می‌دهد که دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه افزایش چشمگیرتری داشته است. از طرفی میزان دامنه تغییرات دمای بیشینه کمتر از دمای کمینه است. همچنین در نواحی جنوبی اختلاف بین دمای کمینه و بیشینه بیشتر از نواحی شمالی است یا به بیان دیگر در این مناطق دامنه تغییرات دما بیشتر از نواحی شمالی است. به عنوان یک نتیجه گیری دیگر، در محدوده منطقه مطالعاتی، با افزایش عرض جغرافیایی دامنه تغییرات دمایی کاهش یافته است.

روند تغییرات داده‌های آب و هوایی در ابعاد سالانه

به منظور بررسی دقیق‌تر و بهتر روند تغییرات متغیرهای اقلیمی و شاخص خشکی در منطقه مورد نظر، رگرسیون خطی این متغیرها در طول زمان مورد محاسبه قرار گرفت و رگرسیون خطی مربوط به هر ایستگاه به صورت جداگانه برای مجموع بارندگی سالانه، متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه در شکل ۲۹ نشان داده شده است. در این شکل * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن روند تغییرات متغیرهای اقلیمی و شاخص خشکی در مقیاس زمانی مورد مطالعه در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

بررسی روند تغییرات آب و هوایی سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان دهنده تغییرات قابل توجهی در دماهای کمینه، بیشینه و مجموع بارندگی است (شکل ۲۹). شیب تغییرات دمای کمینه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، به جز نقده، افزایشی است. همچنین نتایج نشان می‌هد که دمای کمینه در ایستگاه‌های مراغه، مهاباد و بوکان به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. میزان تغییرات دمای بیشینه در ایستگاه بانه با شیب ۰/۱۵+ درجه سانتی‌گراد به ازای هر سال شدیدتر است.

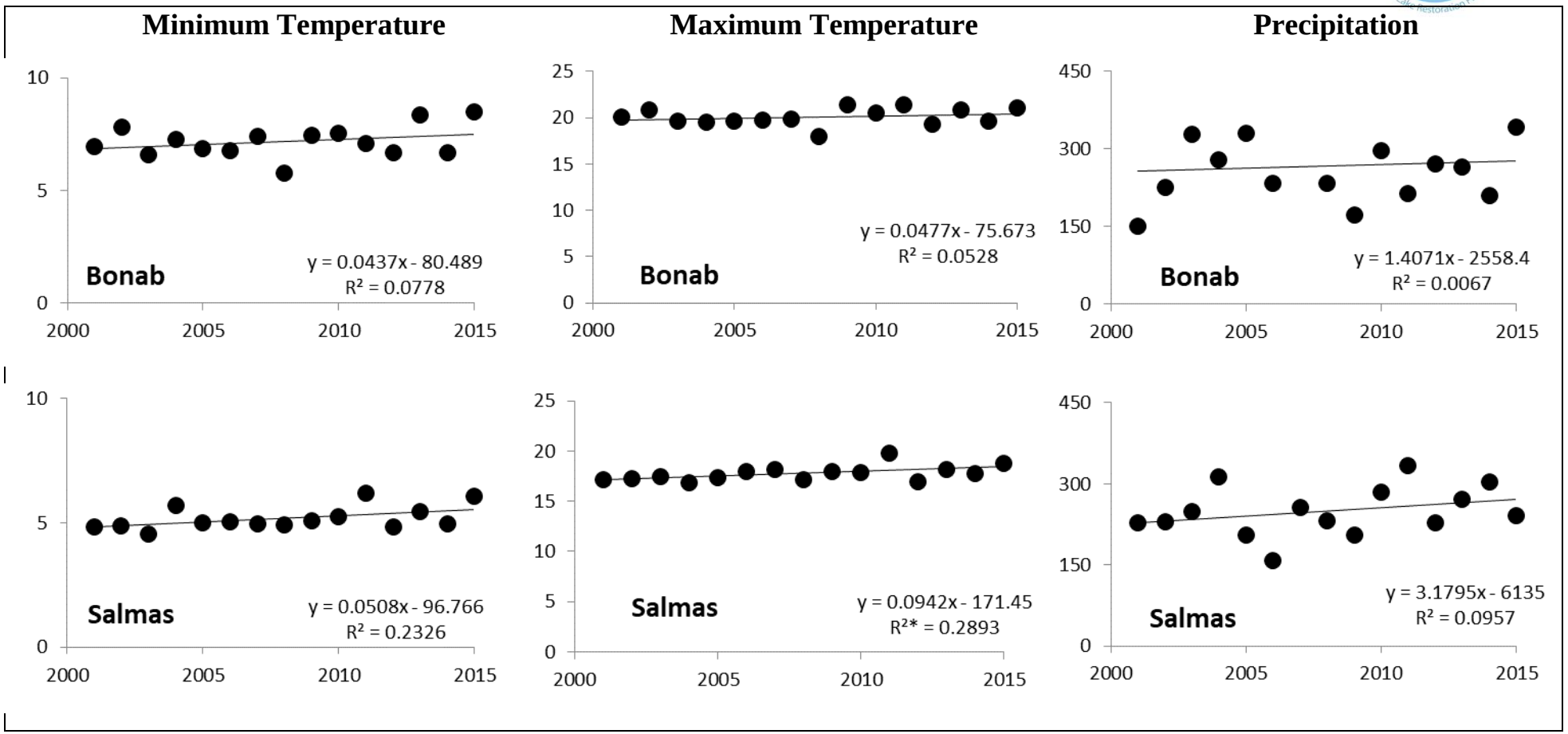
نتایج به دست آمده از روند تغییرات دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه حاکی از وجود روابط معنی‌دارتر بیشتری نسبت به دمای کمینه است و در آن دمای بیشینه در اکثر ایستگاه‌ها (سلماس، مراغه، مهاباد، سقز و ارومیه) به شکل معنی‌داری تغییر یافته است. شیب خط رگرسیونی در ایستگاه مراغه (۰/۱+ درجه سانتی‌گراد به ازای هر سال) بیان کننده تغییرات چشمگیرتر دمای بیشینه نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که روند تغییرات دمای بیشینه در تمامی ایستگاه‌ها (به جز بانه) روند افزایشی داشته است.

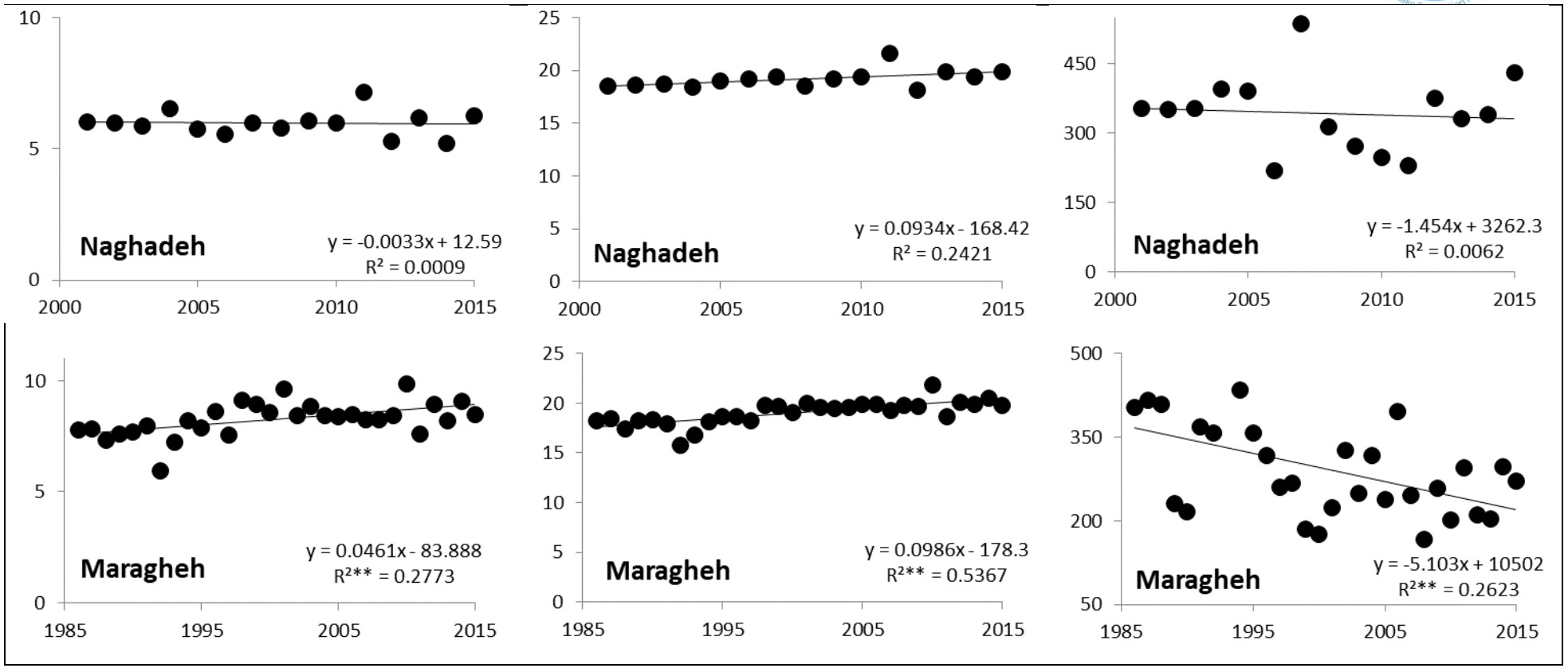
مراغه تنها ایستگاهی است که در آن مقدار بارندگی سالانه در طول سال‌های مورد مطالعه به شکل معنی‌داری (در سطح ۰/۰۵ درصد) روند کاهشی داشته است. شیب تغییرات بارش در ایستگاه برابر با ۵/۱- میلی‌متر در هر سال است.

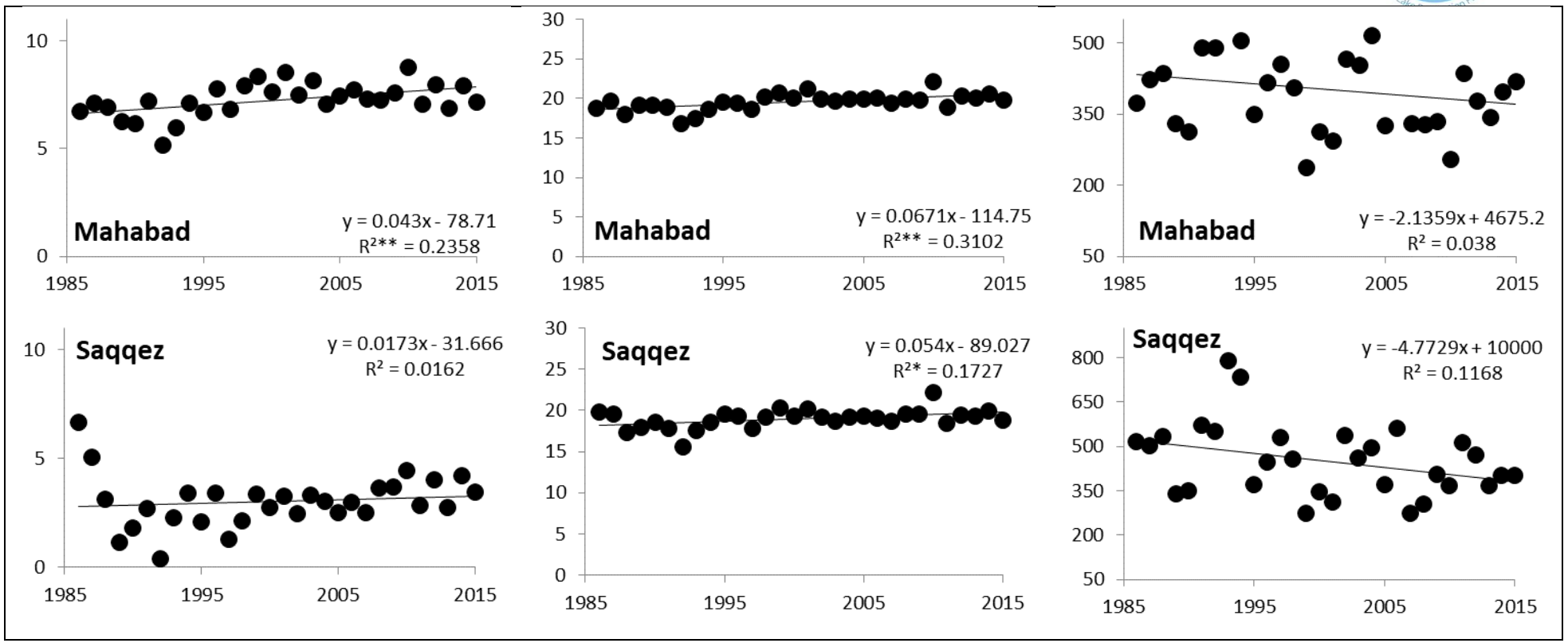
به منظور اطمینان از نتایج بارش آزمون همبستگی من-کندال نیز انجام شد و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است که نتایج مشابهی با آنچه در بالا ذکر شد دارد. به طور کلی نتایج به دست آمده از شکل ۲۹ نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات آب و هوا به ترتیب در ایستگاه‌های مراغه و مهاباد است.

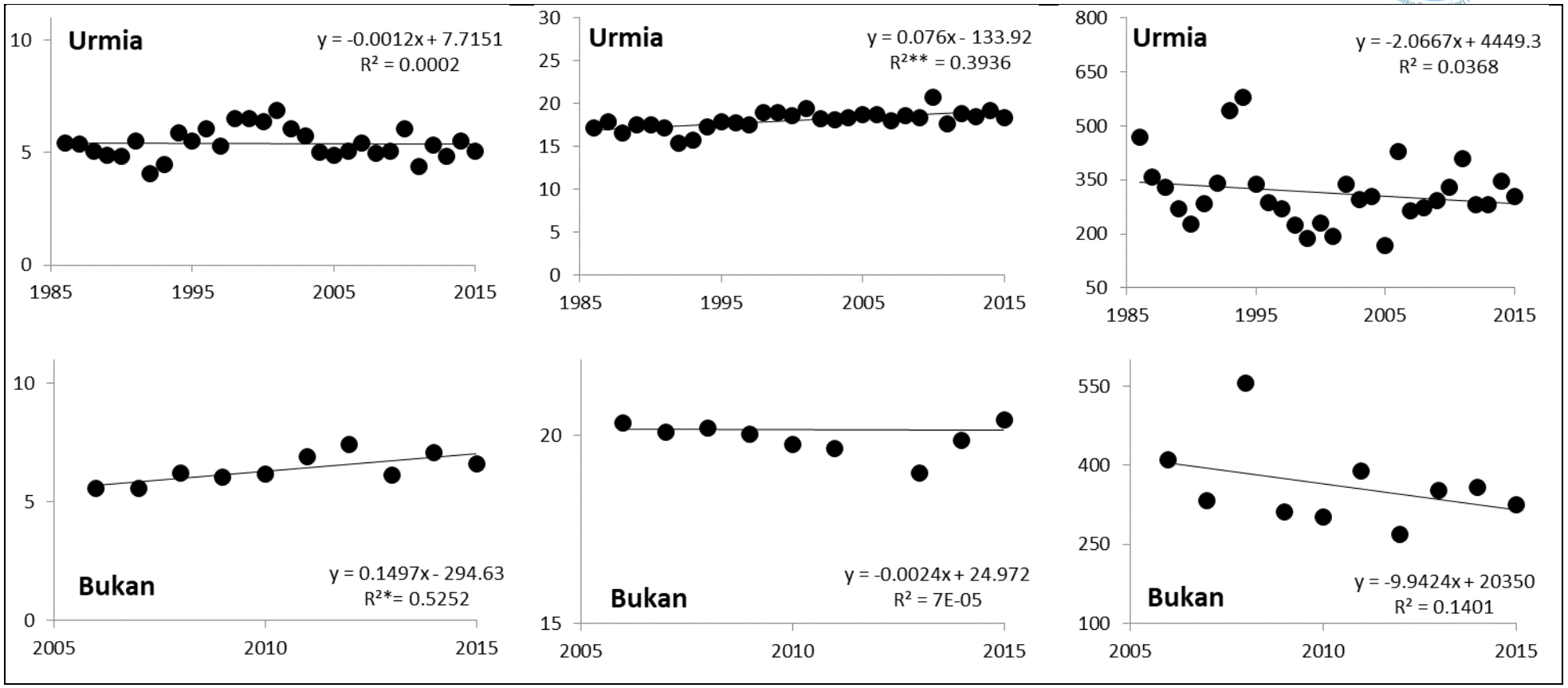
جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی من کندال در مورد بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه

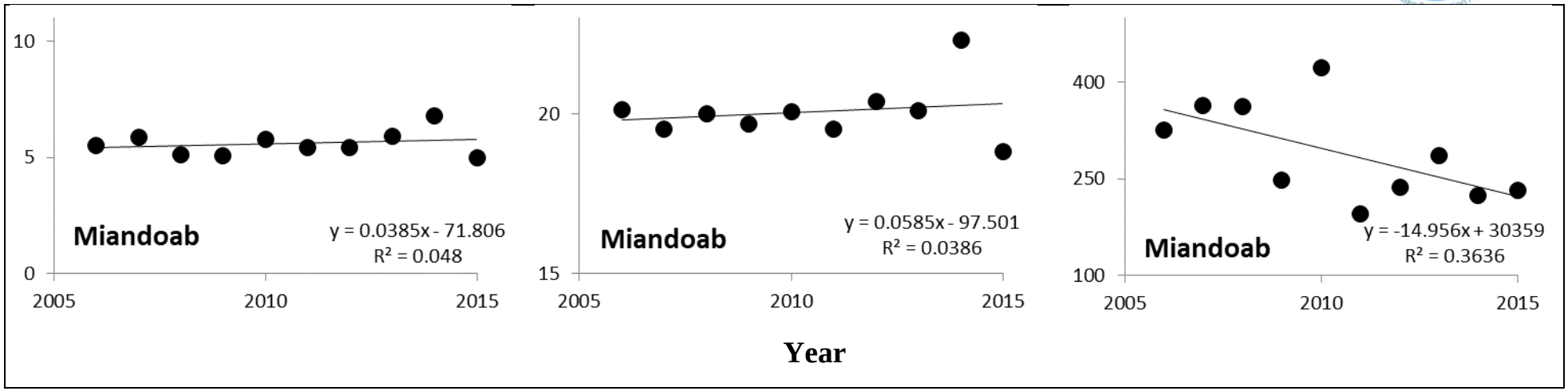
Stations								
Bonab	Salmas	Naqadeh	Maragheh	Mahabad	Saqqez	Urmia	Bukan	Miandoab
Mann-Kendall values								
0.067	0.238	-0.067	-0.338**	-0.085	-0.191	-0.071	-0.244	-0.422


Minimum Temperature
Maximum Temperature
Precipitation
Bonab
y = 0.0437x - 80.489
R² = 0.0778
Bonab
y = 0.0477x - 75.673
R² = 0.0528
Bonab
y = 1.4071x - 2558.4
R² = 0.0067
Salmas
y = 0.0508x - 96.766
R² = 0.2326
Salmas
y = 0.0942x - 171.45
R²* = 0.2893
Salmas
y = 3.1795x - 6135
R² = 0.0957


Naghadeh
y = -0.0033x + 12.59
R² = 0.0009
Naghadeh
y = 0.0934x - 168.42
R² = 0.2421
Naghadeh
y = -1.454x + 3262.3
R² = 0.0062
Maragheh
y = 0.0461x - 83.888
R²** = 0.2773
Maragheh
y = 0.0986x - 178.3
R²** = 0.5367
Maragheh
y = -5.103x + 10502
R²** = 0.2623


Mahabad
y = 0.043x - 78.71
R²** = 0.2358
Mahabad
y = 0.0671x - 114.75
R²** = 0.3102
Mahabad
y = -2.1359x + 4675.2
R² = 0.038
Saqqez
y = 0.0173x - 31.666
R² = 0.0162
Saqqez
y = 0.054x - 89.027
R²* = 0.1727
Saqqez
y = -4.7729x + 10000
R² = 0.1168


Urmia
y = -0.0012x + 7.7151
R² = 0.0002
Urmia
y = 0.076x - 133.92
R²** = 0.3936
Urmia
y = -2.0667x + 4449.3
R² = 0.0368
Bukan
y = 0.1497x - 294.63
R²*= 0.5252
Bukan
y = -0.0024x + 24.972
R² = 7E-05
Bukan
y = -9.9424x + 20350
R² = 0.1401

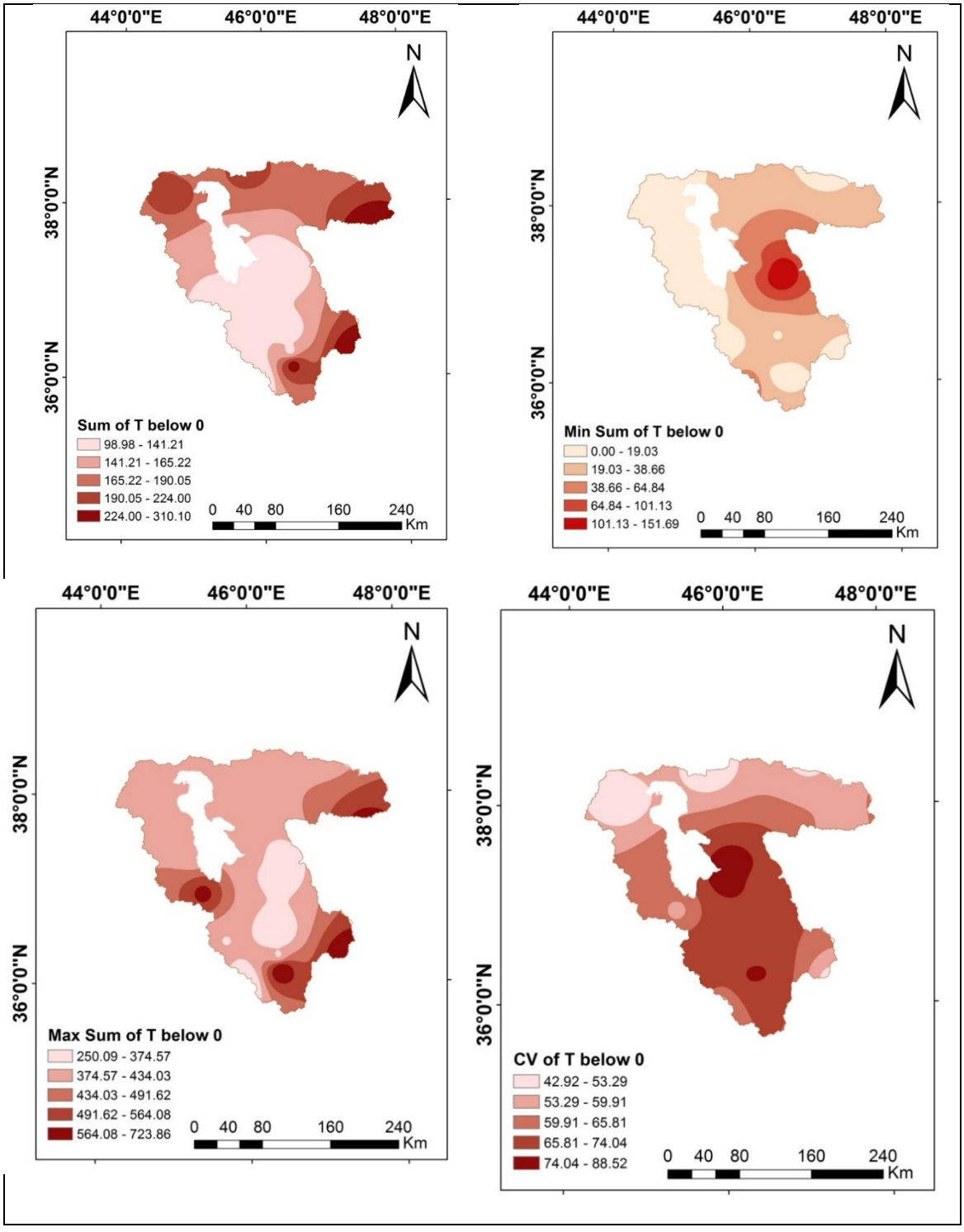


شکل ۲۹. روند تغییرات دماهای کمینه، بیشینه و بارندگی در ابعاد سالانه و در ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

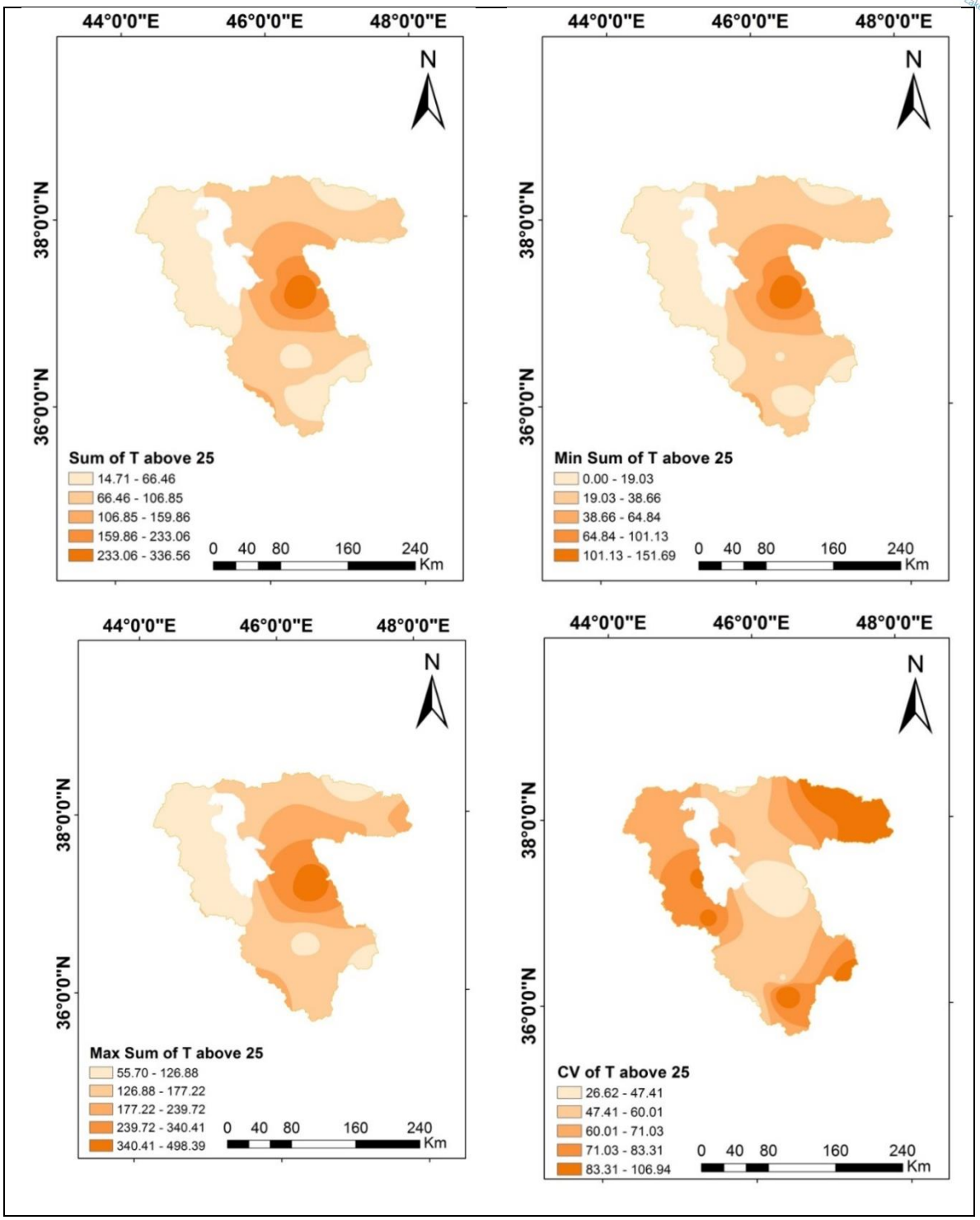
تغییرات مکانی دماهای حدی برای سال‌های مورد مطالعه

بر اساس شکل ۳۰ متوسط مجموع دماهای زیر صفر در نیمه جنوبی منطقه مورد مطالعه کمتر از نیمه شمالی به وقوع پیوسته است. همچنین نتایج نشان داد که در نواحی غربی منطقه مطالعه شده کمینه دماهای زیر صفر و بیشینه دماهای زیر صفر کمتر از مناطق شرقی رخ می‌دهد (شکل ۳۰). ضریب تغییرات (%CV) دماهای زیر صفر در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که در مناطق شمالی کمتر از سایر مناطق می‌باشد. بیشترین ضریب تغییرات در قسمت جنوب‌شرقی دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود.

شکل ۳۱ متوسط مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کمینه و بیشینه دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. در این شکل به طور کلی کمربند میانی منطقه مورد مطالعه که در ارتباط با ایستگاه مراغه است دارای بیشترین دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه مقیاس متوسط، کمینه و بیشینه است، در حالی که کمترین دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مجموعاً در نواحی غربی منطقه مورد مطالعه رویت شد. توزیع مکانی ضریب تغییرات دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در منطقه مورد مطالعه حاکی از این است که کمترین نوسانات مربوط به منطقه میانی (قسمت شرقی دریاچه ارومیه) و بیشترین نوسانات مربوط به قسمت شرقی و غربی منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۳۰. توزیع مکانی متوسط، حداقل و حداکثر مجموع دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات (%CV) ایستگاه‌های مورد مطالعه.



شکل ۳۱. توزیع مکانی متوسط، حداقل و حداکثر مجموع دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات (%CV) ایستگاه‌های مورد مطالعه.

باکس پلات مجموع دما و تعداد روزهای حدی برای سال‌های مورد مطالعه

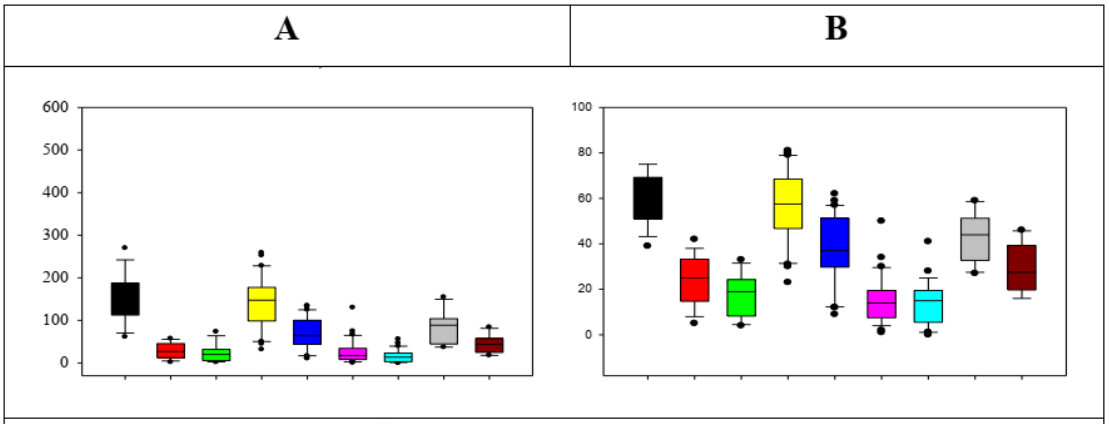
باکس پلات متوسط دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه تعداد روزهای با دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (شکل ۳۲) و همچنین مجموعه دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد به همراه تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (شکل ۳۳) برای ایستگاه‌های مورد بررسی رسم شد. نتایج نشان می‌دهد که در مورد دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به طور کلی دو گروه وجود دارد (شکل **A**:۳۲): گروه اول مربوط به ایستگاه‌های سلماس، نقده، سقز، ارومیه، میاندوآب، مهاباد و بوکان. در این گروه به طور میانگین مجموع دمای بالای ۲۵ درجه کمتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. گروه دوم مربوط به ایستگاه‌هایی می‌باشد که مجموع دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاترین مقدار بوده (۲۰۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) و شامل ایستگاه‌های بناب و مراغه است. بر اساس نتایج هر چه مجموع دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند، دامنه تغییرات دمایی نیز افزایش می‌یابد، به طوری که در ایستگاه مراغه بیشترین دامنه تغییرات و در ایستگاه‌های سلماس، نقده، سقز و ارومیه کمترین دامنه تغییرات مشاهده شد. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دامنه تغییرات دما در ایستگاه‌های مربوط به استان آذربایجان‌شرقی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است.

بررسی باکس پلات مربوط به تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان از همبستگی بین دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد با تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، بدین معنی که در ایستگاه‌هایی که دارای مجموع دماهای بالای بیشتری بودند، تعداد روزهای با دمای بالا نیز بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود (شکل **B**:۳۲). نکته قابل تامل در مورد نتایج به دست آمده از شکل ۳۲ (A و B) و شکل ۳۱ این است که در قسمت ضریب تغییرات شکل ۳۱ نشان داده شد که مراغه دارای کمترین ضریب تغییرات است، در حالی که در شکل ۳۲ عکس این یافته نشان داده می‌شود. علت به وجود آمدن چنین شرایطی این است که در محاسبه ضریب تغییرات از انحراف معیار و میانگین اعداد نیز بهره می‌گیریم، لذا در ایستگاه مراغه، با وجود بالا بودن اختلاف اعداد، مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۱۵۱ تا ۴۹۸ درجه سانتی‌گراد) ضریب تغییرات آن پایین است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضریب تغییرات به تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی برای سنجش تغییرات متغیرهای اقلیمی باشد.

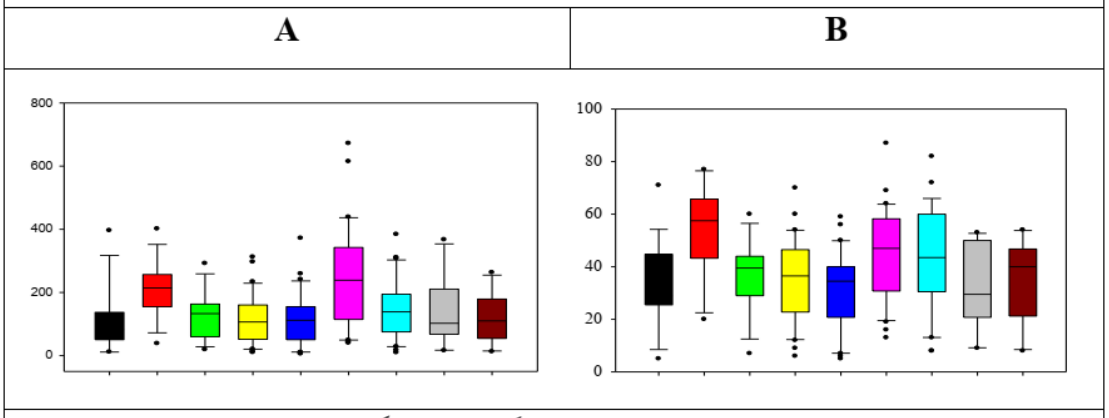
باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر در منطقه مورد مطالعه نشان از میزان نوسان بالا در طول سال‌های مورد مطالعه می‌دهد (شکل **A**:۳۳). در این میان مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های سقز و سلماس بیشتر از سایر ایستگاه‌هاست، در حالی که در سایر ایستگاه‌ها مجموع

دماهای زیر صفر کمتر می‌باشد. همچنین نتایج به دست آمده از باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد بیان کننده این موضوع است که تفاوت معنی داری میان ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود.

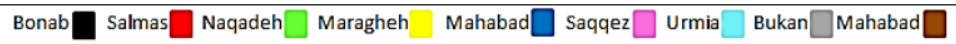
با مقایسه مجموع باکس پلات‌ها (شکل‌های ۳۲ و ۳۳) می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد کمتر است. مجموعاً ایستگاه‌های مورد مطالعه نوسانات کمتری را در مورد مجموع دماهای بالای ۲۵درجه سانتی‌گراد در مقایسه با مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد نشان دادند.



شکل ۳۲. باکس پلات مربوط به متوسط دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (A)، میانگین تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (B) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مربوطه.



شکل ۳۳. باکس پلات مربوط به متوسط دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (A) و میانگین تعداد روزهای با دمای زیر صفر (B) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مربوطه.



جمع‌بندی

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، اقلیم در محدوده مطالعاتی از نظر طبقه‌بندی خشکی در سه کلاس نیمه مرطوب (قسمت‌های جنوبی)، نیمه خشک (قسمت‌های میانی) و خشک (قسمت‌های شمالی) قرار گرفته‌اند (با افزایش عرض جغرافیایی اقلیم خشک‌تر شده است). زمستان و پاییز مهم‌ترین فصول و ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر مهم‌ترین ماه‌های تعیین‌کننده شاخص خشکی منطقه هستند. همچنین الگوی توزیع بارندگی در منطقه مورد مطالعه تا حد زیادی مشابه با نقشه شاخص خشکی است که نشان می‌دهد اقلیم در محدوده مطالعاتی بیشتر از این که متاثر از دما باشد تحت تاثیر بارندگی قرار می‌گیرد. یافته‌ها بیان می‌کنند که مجموعاً دمای هوا در عرض‌های جغرافیایی بالاتر کمتر از عرض‌های

پایین بوده و ناحیه غربی گرم‌تر از ناحیه شرقی است. نتایج همچنین نشان دادند که در طول سال‌های مورد مطالعه نوسانات و عدم قطعیت در مورد دمای کمینه در مقایسه با دمای بیشینه چشمگیرتر است. بررسی روند تغییرات زمانی متغیرهای آب و هوایی و شاخص خشکی نیز نشان داد که اقلیم در منطقه مورد نظر دچار تغییر شده است. به طوری که بارندگی و دماهای کمینه و بیشینه در اکثر مناطق مورد مطالعه دستخوش تغییرات شده‌اند. بارندگی در مناطق جنوبی کاهش یافته، در حالی که در مناطق شمالی افزایش یافته است؛ حال آن که دمای کمینه و دمای بیشینه در تمامی مناطق روندی افزایشی نشان داده‌اند. میزان تغییرات دمای بیشینه بیشتر از سایر متغیرها بوده است؛ به علاوه اقلیم در منطقه جنوبی با شدت بیشتری در حال تغییر است. تغییرات دماهای حدی نشان دادند که در کل دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد هستند.

۳-۵ بررسی گیاهان جایگزین در منطقه که ضمن نیاز آبی کمتر، سازگار به افزایش دما و دی اکسید کربن (تغییر اقلیم) باشند

طی سال‌های گذشته موضوع تغییر اقلیم و نوسان‌های آب‌وهوایی در بسیاری از مطالعات علمی مطرح شده است، به طوری که نوسان‌ها و تغییرات اقلیمی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین چالش‌های محیطی هستند که در شروع قرن ۲۱ میلادی مورد توجه قرار گرفته‌اند. گازهای گلخانه‌ای در جو زمین یکی از دلایل گرمایش کره زمین و بروز تغییر اقلیم جهانی هستند. گازهای گلخانه‌ای در هوا موجب جذب اشعه مادون قرمز بازتاب شده از سطح زمین می‌شود و باعث افزایش درجه حرارت می‌گردد. IPCC (۲۰۰۷) در آخرین گزارش خود، اذعان کرد که غلظت CO_2 جوی در سال ۲۰۰۵ در طول ۵۰ سال گذشته، از حد طبیعی فراتر رفته است. در واقع از زمان آغاز انقلاب صنعتی، غلظت CO_2 جوی، تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی از حدود ۲۸۰ به ۳۸۹ پی‌پی‌ام در سال ۲۰۱۰ رسیده و به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. انتشار کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی سالانه جهانی از متوسط ۶/۴ گیگاتن کربن در سال ۱۹۹۰ به ۷/۲ گیگاتن کربن در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است.

اثرات منفی این تغییرات بر محصولات کشاورزی در مناطق گرم و خشک، مثل ایران، شدیدتر خواهد بود، به‌طوری که در کشورهای در حال توسعه عموماً افزایش در دما و کاهش بارندگی شدیدتر می‌شود و علاوه بر این فراوانی و شدت وقوع پدیده‌های آب و هوایی نادر (خشکسالی، گرما، سرما و سیل) نیز تشدید می‌شود. تاثیر این رویدادهای ناشی از تغییر اقلیم تاثیر قابل‌توجهی در بخش کشاورزی دارد. با در نظر گرفتن بحث امنیت غذایی آینده، دو مسئله مطرح می شود:

۱- چگونه تغییرات اقلیمی انسان‌زاد می‌تواند بر میزان تولید محصولات کشاورزی در گستره وسیعی از زمین‌های زراعی تاثیر بگذارد؟

۲- این امر چه اثرات بالقوه‌ای، به علت افزایش تقاضا برای غذا، سوخت و انرژی، بر زمین‌های جدید برای تولید دانه دارد؟

از دیدگاه هزینه‌های زیست محیطی و تخریب، مسئله تغییر اقلیم بر تولید محصول اهمیت بیشتری به خود می‌گیرد، زیرا مزایای افزایش عملکرد دانه از لحاظ تاریخی با کاربرد گستردهٔ نهاده‌های شیمیایی (کودها و آفت‌کش‌ها) و گسترش آبیاری به سقف خود نزدیک شده است. این مسئله تغییرات اقلیمی انسانی را افزایش می‌دهد، زیرا فشارهای بیشتری برای تبدیل مناطق غیرکشاورزی به تولید محصول در صورت کاهش تولید نسبت به سطح کنونی وجود خواهد داشت. بنابراین، تغییر اقلیم می‌تواند هزینه‌های زیست محیطی کشاورزی را تشدید کند.

گزارشهای متعدد در زمینه تاثیر تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در داخل و خارج از کشور حاکی از آن است که در شرایط اقلیمی سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ براساس نتایج حاصل از مدل گردش عمومی سرعت رشد گندم دیم کشور به ترتیب میزان ۳۰-۲۱ و ۴۱-۳۲ درصد کاهش خواهد یافت. در همین رابطه، با وجود اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2، عملکرد گندم در مناطق دیم‌خیز کشور کاهش خواهد یافت. این کاهش در قسمت‌های شرقی کشور (نظیر استان‌های خراسان) در مقایسه با قسمت‌های غربی کشور به دلیل کاهش بیشتر نزولات، شدیدتر خواهد بود. بر اساس این نتایج، میانگین کاهش عملکرد گندم دیم برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب برابر با ۲۰/۶ و ۲۸/۸ درصد نسبت به میانگین فعلی برآورد شده است. بر اساس این نتایج احتمال کاهش عملکرد قابل توجه بوده و میانگین این کاهش (بالاترین احتمال) در حدود ۱۸٪ برای سال ۲۰۲۵ و در حدود ۲۴٪ برای سال ۲۰۵۰ میلادی خواهد بود. گزارش‌های دیگر همچنین نشان می‌دهد که میانگین افزایش درجه حرارت سالانه در مناطق مختلف کشور، با وجود اختلافات بین دو مدل گردش عمومی در محدوده ۳/۵ تا ۴/۴ درجه سانتی‌گراد قرار داشته و شدت افزایش دما از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور افزایش می‌یابد. این الگوی گرمایش باعث خواهد شد تا فراوانی درجه حرارت‌های بالا تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی در گیاهانی مثل گندم در اغلب مناطق تولید گندم کشور در مقایسه با شرایط فعلی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. تاثیر افزایش غلظت CO_2 بدون گرمایش بر عملکرد گندم مثبت خواهد بود، در حالی‌که با افزایش میانگین دمای روزانه به میزان ۳ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر، عملکرد گندم حتی با افزایش غلظت CO_2 نیز کاهش یافت. پیش‌بینی عملکرد برای سال ۲۰۵۰ میلادی نیز نشان داد که اگر چه غلظت CO_2 تاثیر منفی افزایش درجه حرارت را تا حدودی تعدیل می‌کند ولی در شرایط اقلیمی مختلف عملکرد گندم آبی در محدوده‌ای بین ۱۴ تا ۲۱٪ کاهش خواهد یافت.

ارزیابی روش‌های سازگاری به شرایط اقلیمی آینده نشان می‌دهد که تغییر تاریخ کاشت و اصلاح ارقامی از گندم با دامنه مقاومت بالاتر به گرما در مرحله گلدهی تاثیر چشمگیری در بهبود عملکرد خواهند داشت. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، افزایش ۴-۲ درجه سانتی‌گرادی آستانه مقاومت گندم به درجه حرارت بالا در زمان گلدهی از کاهش عملکرد گندم به طور قابل ملاحظه‌ای خواهد کاست. تحقیقات دیگر در زمینه اثر تغییر اقلیم بر گیاه نخود نشان می‌دهد که در شرایط تغییر اقلیم، عملکرد نخود نیز در شرایط دیم افزایش خواهد داشت. اثر مستقیم افزایش غلظت CO_2 از طریق افزایش علمکرد بیولوژیک و ثابت ماندن شاخص برداشت، و اثر غیر مستقیم آن به ویژه از طریق افزایش دما با تاثیر بر فنولوژی اعمال می‌شود که باعث زودرس شدن و عدم برخورد گیاه با تنش خشکی آخر فصل و افزایش عملکرد خواهد شد. همچنین افزایش غلظت CO_2 به شکل مستقیم علاوه بر افزایش تولید موجب افزایش

پایداری عملکرد نسبت به شرایط فعلی خواهد شد. بنابراین در گیاه نخود، تسریع در کاشت موجب افزایش عملکرد نخود در شرایط اقلیمی آینده خواهد شد.

***

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی (۴۶٪)، آذربایجان شرقی (۴۳٪) و کردستان (۱۱٪) قرار دارد. دریاچه ارومیه نیز با وسعتی در حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع ۱۱ درصد مساحت حوضه را به خود اختصاص داده و بین استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی مشترک است. دریاچه ارومیه در کانون حوضه آبریز واقع شده و محل جمع‌آوری آب‌های سطحی کل حوضه است. رودخانه‌های متعددی از اطراف وارد دریاچه ارومیه می‌شوند که می‌توان به رودخانه‌های بزرگی مانند آجی‌چای، قلعه‌چای، صوفی‌چای، زرینه‌رود، سیمینه‌رود، گدارچای، مهابادچای، باراندوزچای، نازلوچای، شهرچای و زولاچای اشاره کرد. در سال‌های اخیر روند حاکم بر حوضه آبریز دریاچه ارومیه افت شدید تراز آب دریاچه را در پی داشته است که از جنبه‌های مختلف کشاورزی، منابع آب، محیط زیست و منابع طبیعی اثرات منفی بسیاری را در منطقه در پی داشته و این مسئله لزوم توجه بیشتر و انجام مطالعات جامع‌تر از جنبه‌های گوناگون، به‌ویژه مدیریت هوشمند حوضه آبریز و مطالعات یکپارچه منابع آب و خاک و اجرای برنامه‌های تخصصی و به‌هنگام برای تامین آب کشاورزی، آشامیدنی و صنعتی را طلب می‌نماید.

در بخش‌های پیشین این گزارش اشاره شد که وضعیت کنونی دریاچه ارومیه که حاصل عملکرد مجموعه‌ای از عوامل انسانی و طبیعی طی دهه‌های گذشته است، از منظر تخصص‌های مختلف طی چند سال گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. با وجود ارائه راهکارهای متعدد، احیای دریاچه ارومیه همچنان در صدر مطالبات زیست محیطی کشور قرار دارد. وقوع خشکسالی‌های طولانی‌مدت، افزایش نیازهای آبی جوامع و پیامدهای تغییر اقلیم از مهم‌ترین عوامل بروز این بحران زیست محیطی بوده است؛ با این حال آشکار است که واقعیت به همین سادگی نیست. در واقع می‌توان عامل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه را نبود آینده‌نگری و برنامه بلندمدت و از آن مهم‌تر، عدم وجود انضباط در مدیریت و هدایت برنامه‌های عملیاتی در سطح حوضه دانست، که مهم‌ترین دلیل تشکیل ستاد احیای دریاچه ارومیه نیز آگاهی از این کاستی بوده است. هر چند که در یک بیان و نگاه کلی عامل عمده و اصلی بروز پدیده خشک‌شدگی دریاچه را می‌توان توسعه کشت آبی در این حوضه دانست، ولی تغییر الگوی کشت از گیاهان کم‌مصرف به پرمصرف و نیز تغییرات اقلیمی (کاهش بارش‌ها و گرمایش زمین)

که نهایتاً موجب کاهش رواناب می‌شود نیز در کنار عوامل انسانی و مدیریتی به عنوان عوامل مهم بعدی مطرح است.

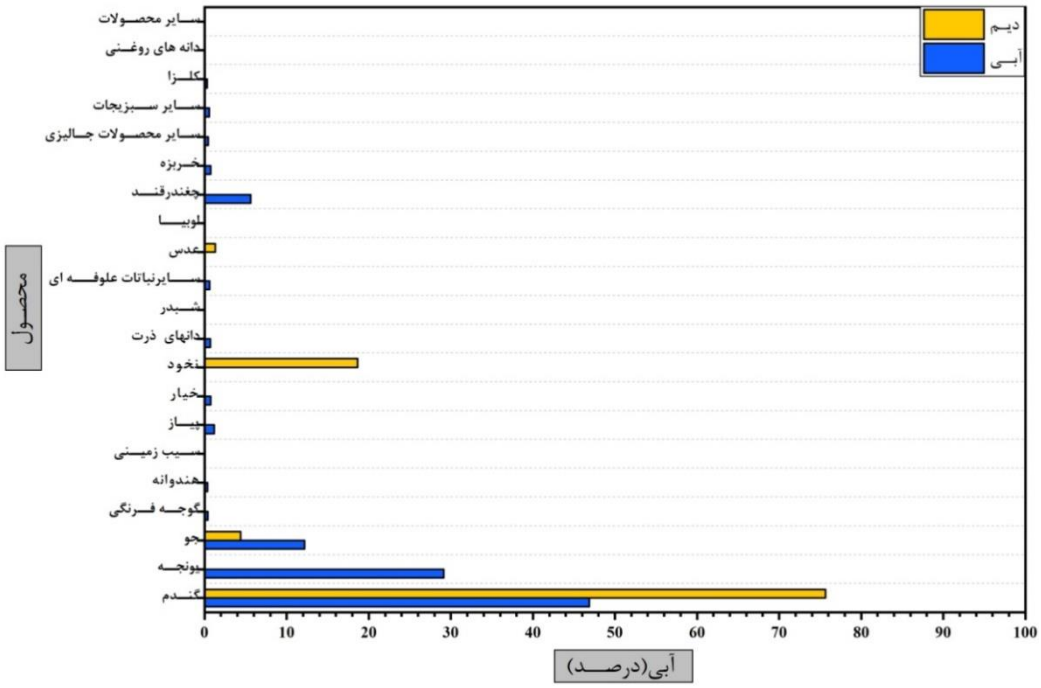
در این راستا، کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مصوبات ستاد احیای دریاچه ارومیه است. با این حال بررسی اثرات تغییر اقلیم بر این کاهش مصرف آب تا کنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. بر این اساس، مطالعه حاضر به بررسی امکان کاهش مصرف آب و توصیه‌های مدیریتی در این حوضه در شرایط تغییر اقلیم آینده پرداخته و ضمن بررسی اثرات تغییر اقلیم بر گیاهان عمده منطقه (با توجه به گزارش‌های قبلیِ ارائه‌شده در حوضه) به بررسی راهکارهای موجود در این زمینه می‌پردازد.

خلاصه‌ای از وضعیت موجود کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

متاسفانه در یک دهه اخیر (۹۵-۱۳۸۶) به دلیل عدم انتخاب سیاست‌ها و الگوهای مناسب کشت گیاهان زراعی سازگار در حوضه دریاچه ارومیه از یک سو و نیز تغییرات محسوس آب و هوایی از سوی دیگر، شاهد به بحران خشکسالی در این حوضه و نیز اثرات بلندمدت در اکوسیستم‌ها و تولیدات کشاورزی منطقه بوده‌ایم. بر این اساس و با توجه به بحث پایداری در تولید محصولات کشاورزی و نیز فراهم کردن امنیت غذایی ضمن در نظر گرفتن نیاز نسل‌های بعدی، حفظ، احیا، اصلاح، توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع پایه آب، خاک و منابع طبیعی با هدف تولید پایدار محصولات کشاورزی، ارزیابی کمّی اثرات تغییر اقلیم (شامل افزایش غلظت CO_2، افزایش دما و نوسان‌های بارندگی) بر محصولات کشاورزی به منظور مدیریت پایدار اگرواکوسیستمی در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

بر اساس گزارش‌های مطالعات انجام‌شده پیشین در حوضه، چندین منطقه شامل شهرستان‌های شاهین‌دژ، میاندوآب و بوکان از آذربایجان غربی و شهرستان چاراویماق از آذربایجان شرقی از لحاظ امکان‌سنجی کاهش مصرف آب مورد بررسی قرار گرفته است. اما این پروژه‌ها بحث تغییر اقلیم و نیاز آبی و عملکرد گیاهان در شرایط افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم را ارزیابی نکرده‌اند. از این رو، پروژه حاضر تکمیل‌کننده‌ی پروژه‌های به انجام رسیده در ستاد احیای دریاچه ارومیه در زمینه بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات گیاهی (گیاهان زراعی مهم که در حال حاضر در حوضه آبریز کشت می‌شوند) محسوب می‌شود.

در حال حاضر الگوی زراعت آبی این منطقه شامل گندم، جو، یونجه، چغندرقند، انواع سبزی و صیفی (خیار، گوجه‌فرنگی، ...) و حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) و الگوی باغی آن شامل سیب، خشکبار (عمدتاً گردو)، انواع هسته‌دارها (زردآلو، هلو، شلیل، آلبالو)، انگور و گونه‌های غیر مثمر است. در بین محصولات زراعی، گندم و جو با اختصاص ۵۷٪ به خود بیشترین سهم را دارند. یونجه، انواع سبزی و صیفی، چغندرقند و حبوبات نیز به ترتیب با اختصاص ۲۰٪ به خود در رتبه های بعدی قرار دارند (شکل ۳۵). انگور، خشکبار (عمدتاً گردو) و انواع هسته‌دارها و درختان غیر مثمر (زراعت چوب) نیز درصد قابل‌توجهی از باغات را به خود اختصاص داده‌اند.



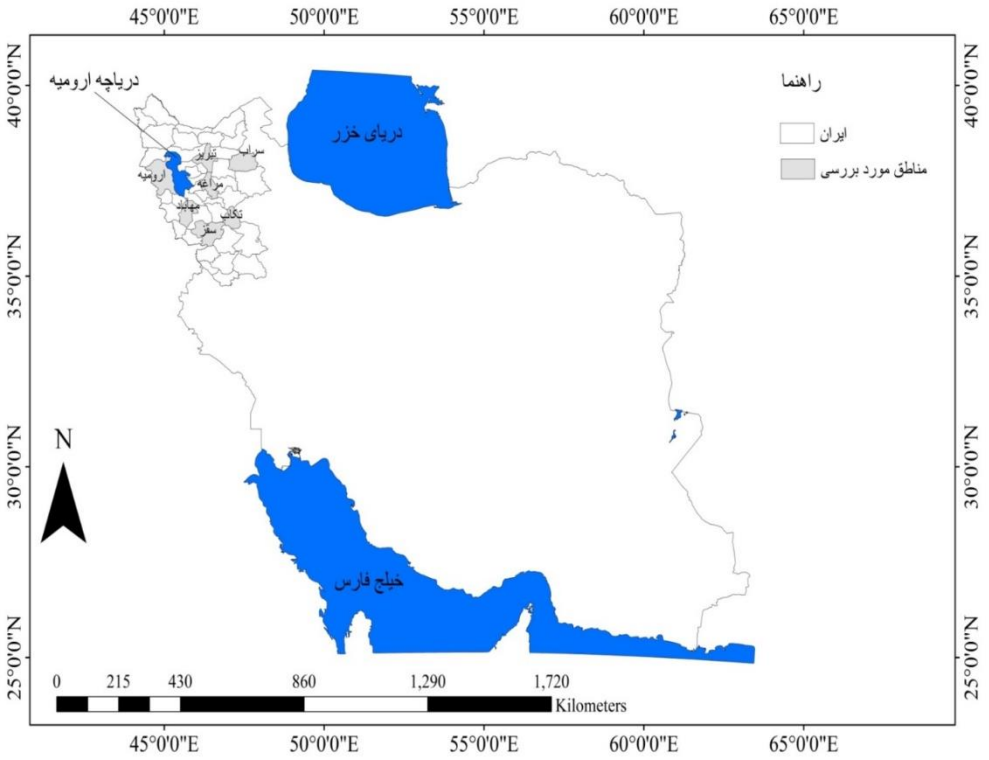
شکل ۳۵. الگوی کشت فعلی منطقه مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)

در منطقه مورد مطالعه مجموعه راهکارهایی در گزارش‌های قبلی ستاد احیای دریاچه ارومیه ارائه شده است که در مقاطع زمانی کوتاه، میان و بلند مدت می‌تواند تاثیر مثبتی بر کاهش مصرف آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی داشته باشد. اقدامات و راهکارهای در نظر گرفته‌شده در آنها عبارتند از:

- ✓ تغییر الگوی کشت از گیاهان زراعی و باغی پر مصرف (با نیاز آبی بالا) به کم‌مصرف (با نیاز آبی پایین) با لحاظ نمودن اصول کشاورزی و مدیریت جامع آب، خاک و گیاه زراعی با در نظر داشتن موارد ذیل:
  - ➢ بررسی امکان استفاده از ارقام با تحمل نسبی بالا به کم‌آبی و دوره‌های رشد کوتاه،
  - ➢ امکان توسعه کشت‌های نشایی، و
  - ➢ اعمال روش‌های کم‌آبیاری
- ✓ بررسی نیاز آبی و آبیاری گونه‌های منتخب.

روش‌شناسی تحقیق

با توجه به این که به نظر می‌رسد نوسان‌های آب‌وهوایی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حال وقوع است و تاثیرات بلندمدت آن شامل افزایش نیاز آبی گیاهان (به دلیل افزایش تبخیر و تعرق گیاه) به تدریج بر اکوسیستم‌های کشاورزی مشهود است، لذا باید ابتدا این اثرات را بر تولید محصولات کشاورزی شناسایی و کمّی کرد. برای این منظور از نسخه آزمون‌شده مدل APSIM استفاده شد. برای این منظور باید هم‌زمان تمامی عوامل موثر بر تولیدات کشاورزی را اعم از اقلیم، خاک، ژنتیک گیاهی و مدیریت کشاورزی لحاظ نمود. بر این اساس در این مطالعه نیاز به چهار دسته از داده‌ها است که در قالب بخشی از تحقیق حاضر اقدام به جمع‌آوری آنها شد. این چهار دسته از اطلاعات عبارتند از: داده‌های آب‌وهوایی، خاکی، گیاهی و مدیریتی کشاورزان در این حوضه. پراکنش این اطلاعات باید به گونه‌ای باشد که پوشش یکنواختی را برای محصولات کشاورزی منطقه فراهم آورد. بر این اساس ۷ شهرستان از استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجانی غربی و کردستان که دربرگیرنده حوضه آبریز دریاچه ارومیه هستند مورد مطالعه قرار گرفت. این شهرستان‌ها عبارتند از سراب، تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، تکاب و سقز (جدول ۴، شکل ۳۶). میانگین دمای سالانه این مناطق از ۸/۷ درجه سانتی‌گراد در شهرستان سراب تا ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد در شهرستان مراغه نوسان دارد. همچنین میانگین بارندگی تجمعی سالانه این مناطق در دامنه ۲۴۳ تا ۴۷۱ میلی‌متر به ترتیب در شهرستان‌های سراب و مراغه قرار داشت.



شکل ۳۶. نقشه جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

با توجه به این که مطالعات نسبتاً زیادی در گذشته در همین راستا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به انجام رسیده است، لذا ابتدا خلأهای اطلاعاتی به منظور استفادهٔ حداکثری از داده‌های موجود شناسایی و سپس نسبت به پر کردن آنها اقدام شد. در ادامه، خلأهای موجود در منطقه مطالعاتی از طریق پایش منطقه و مصاحبه مستقیم با کشاورزان مرتفع شد. با تکمیل فرآیند جمع‌آوری داده‌ها اقدام به تخمین اثرات بالقوهٔ تغییر اقلیم برای محصولات کشاورزی مناطق مورد مطالعه شد.

برای تخمین اثرات بالقوه تغییر اقلیم از سناریوهای اقلیمی (RCP4.5 و RCP8.5) و مدل اقلیمی MPI-ESM-MR بهره‌گیری شد. این مدل پیش‌تر برای شرایط کشت مورد ارزیابی قرار گرفته و در بین ۳۳ مدل اقلیمی، برآورد قابل قبولی برای شرایط اقلیمی کشور داشته است. سناریوهای اقلیمی آینده بر اساس داده‌های اقلیمی دوره پایه (شامل دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش) تحلیل شدند. سناریوهای اقلیمی در این تحقیق با استفاده از روش سناریوی دلتا در مدل‌های گردش عمومی CMIP5 و با ابزارهای تولید سناریوهای اقلیمی (کدهای نوشته شده به زبان R که توسط AgMIP ارائه شده است تولید شدند. این روش تولید سناریو اقلیمی، با استفاده از داده‌های بلند مدت اقلیمی و بر پایه تغییرات

مطلق در دماها و تغییرات نسبی در بارندگی استوار است. برای این کار از یک بسته نرم افزاری که توسط گروه AgMIP به زبان برنامه نویسی R ارائه شده است استفاده می‌شود. این بسته نرم‌افزاری روی نرم‌افزار R قابل نصب است. بعد از نصب این بسته نرم‌افزاری، داده‌های اقلیمی دوره پایه، شامل دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش به فرمت مورد نیاز تهیه شده و به عنوان ورودی وارد نرم‌افزار مورد نظر می‌شود؛ سپس با تعیین دوره و سناریو می‌توان داده‌های اقلیمی آینده را تولید کرد.

پس از برآورد اثرات تغییر اقلیم در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۷۰ (میانه آن ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد) با رویکرد سازگاری به تغییر اقلیم، نسبت به ارائه راهکارهای اجرایی به منظور کاهش مصرف آب (با توجه به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم) و نیز افزایش بهره‌وری آب اقدام شد. این راهکارها در آینده سیاست‌گذاران حوضه آبریز را قادر خواهد ساخت تا با استفاده از ظرفیت موجود و نیز با در نظر گرفتن بحث‌های اجتماعی و اقتصادی منطقه، سیاست‌های کلان خود را نسبت به سازگاری با این تغییرات اقلیمی مدنظر قرار دهند. برای مثال از جمله این راهبردها به انتخاب ارقام سازگار، ارزیابی گیاهان جایگزین با نیاز آبی کمتر و نیز اجرای تناوب در کشت محصولات منطقه با توجه به اثرات اقلیمی بلند مدت در حوضه آبریز اشاره شده است. به منظور هم‌افزایی تحقیقات گذشته، حال و آینده، و بر اساس پژوهش‌های پیشین، گیاه کلزا به عنوان جایگزینی مناسب در الگوی کشت پیشنهادی معرفی شده و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. لذا در این تحقیق نوع گیاه (گندم و کلزا) و نیز ارقام آن (زودرس و دیررس) در دوره گذشته (پایه) و نیز شرایط تغییر اقلیم آینده (دوره ۲۰۵۰) به لحاظ میزان عملکرد تولیدی و مصرف آب در طول فصل رشد، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

شایان ذکر است که با توجه به مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه، تولیدکنندگان گندم و کلزا از ۳ تا ۵ مرتبه اقدام به آبیاری می‌کنند. همچنین در برخی مناطق گندم به صورت دیم کشت می‌شود که تمامی موارد فوق در شبیه‌سازی‌ها لحاظ شد.

با توجه به اهمیت گیاه ذرت به عنوان تامین‌کننده علوفه دام و غذای طیور در حوزه مورد مطالعه، و نیز ساختار چهار کربنه بودن آن (در مقایسه با گندم و کلزا)، اثرات تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد و نیاز آبی این گیاه نیز شبیه‌سازی شد. تمامی شبیه‌سازی‌ها در این مطالعه در شرایط "آب‌محدود" انجام گرفت و نقش سایر عوامل کاهنده و محدودکننده، مانند عناصر غذایی، شوری، تراکم، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مدل ثابت در نظر گرفته شد. همچنین تاریخ کاشت گندم، کلزا و ذرت بر اساس عرف منطقه در مدل لحاظ شد.

جدول ۴. خصوصیات اقلیمی، خاکی و توپوگرافی مناطق مورد مطالعه در این تحقیق

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	آب قابل دسترس خاک (میلی‌متر)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی تجمعی سالانه (میلی‌متر)
ارومیه	۴۴/۹	۳۷/۶۶	۱۳۳۲	۹۱/۲	۱۱/۴	۳۲۲/۲
تبریز	۵۲/۷۱	۲۹/۴۶	۱۳۵۱	۹۴/۸	۱۳/۱	۲۷۰/۷
تکاب	۴۷/۱۳	۳۶/۵۳	۱۷۶۵	۱۲۵/۴	۹/۶	۳۶۹/۷
سراب	۴۷/۴۱	۳۷/۹۸	۱۶۵۰	۱۳۸	۸/۷	۲۴۳/۵
سقز	۴۶/۳۳	۳۶/۰۹	۱۴۷۶	۱۲۷/۲	۱۱/۱	۴۷۱/۸
مراغه	۴۶/۲۶	۳۷/۴	۱۴۷۷	۱۲۵/۴	۱۳/۳	۳۰۵
مهاباد	۴۵/۷۳	۳۶/۷۲	۱۳۲۰	۱۸۲/۱	۱۳/۱	۴۰۳/۸

عملکرد دانه گندم و کلزا در شرایط تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰)

از بُعد اقتصادی یکی از پارامترهایی که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد میزان تولید و عملکرد است. در این پروژه عملکرد دانه در دوره پایه (گذشته و حال) و آینده تحت دو سناریوی تغییر اقلیم (سناریو بدبینانه و متوسط) مورد بررسی قرار گرفت. سناریوی بدبینانه (RCP8.5) شرایط ناهمگون جهان را با نرخ بالای رشد جمعیت، توسعه‌ی اقتصادی اندک و تغییر فناوری آهسته نشان می‌دهد (Prudhomme et al., 2010)، در حالی که سناریوی متوسط (RCP4.5) جهان همگرایی را که پیک جمعیت جهان در اواسط قرن و تغییرات سریع در ساختارهای اقتصادی خدمات و اطلاعات اقتصادی است تعریف می‌کند (Wetterhall et al., 2009). در جدول ۵ غلظت CO_2 در دوره‌های مختلف در سناریوهای مذکور نشان داده شده است.

جدول ۵. غلظت CO_2 (ppm) در دوره‌های مختلف تحت سناریوهای دوگانه (Nakicenovic and Swart, 2000)

سناریوها	۲۰۱۱-۲۰۳۰	۲۰۴۶-۲۰۶۵	۲۰۸۰-۲۰۹۹
متوسط (RCP4.5)	۴۱۰	۴۹۲	۵۳۸
بدبینانه (RCP8.5)	۴۱۴	۵۴۵	۷۵۴

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم (در دوره پایه (گذشته) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، برابر با ۶/۹ تن در هکتار

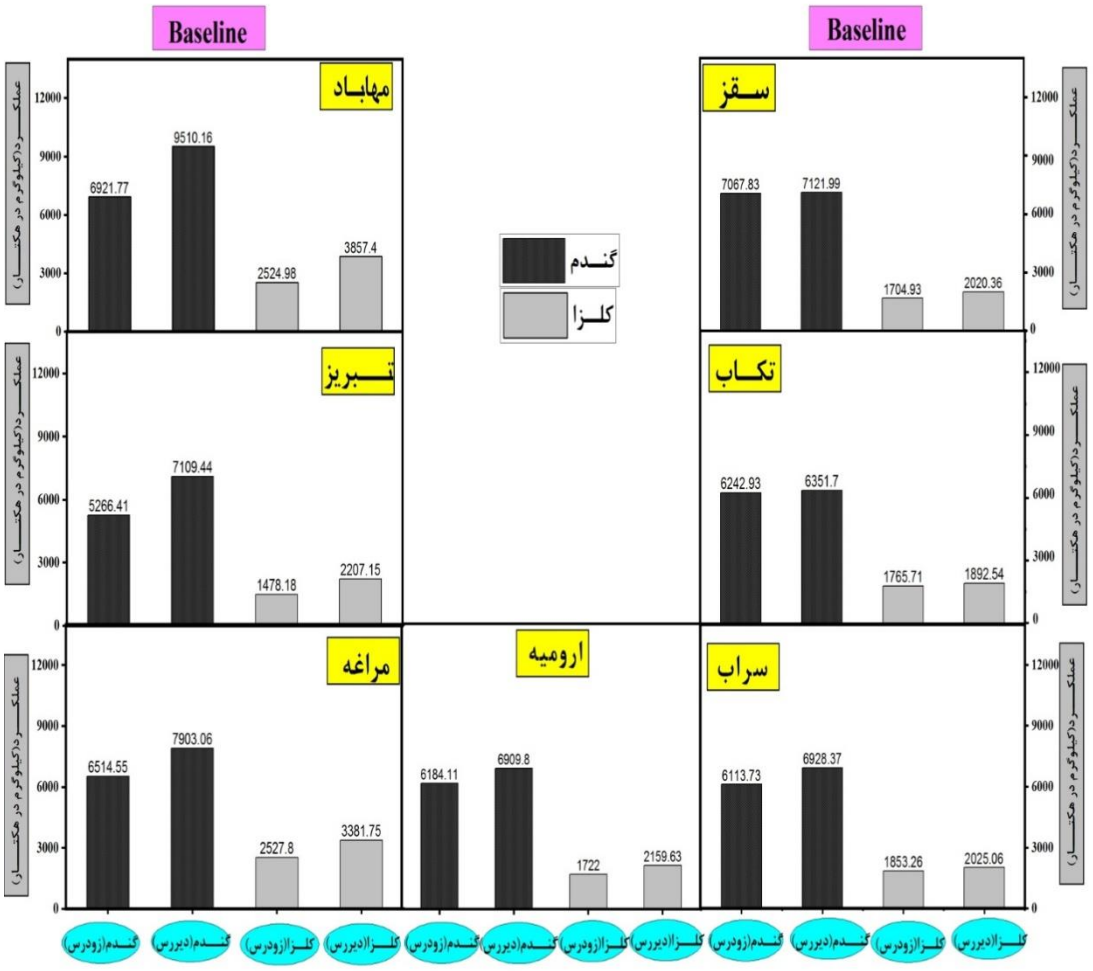
برآورد شده است (شکل ۳۷). نتایج همچنین نشان داد که ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه کمتری داشتند (به ترتیب ۶/۳ و ۷/۴ تن در هکتار). کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان تبریز با رقم زودرس (۵۲۶۶ کیلوگرم هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان مهاباد با ۹۵۱۰ کیلوگرم در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد. یکی از دلایل اصلی تولید عملکرد بالاتر در مهاباد نسبت به تبریز میانگین بارندگی بیشتر در طول فصل رشد بوده است (۴۰۳ در برابر ۲۷۰ میلی متر در طول فصل رشد) (جدول ۴).

نتایج مشابهی برای عملکرد دانه کلزا در دوره پایه (گذشته) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به دست آمد. میانگین بلند مدت عملکرد دانه کلزا در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه برابر با ۲/۲ تن در هکتار شبیه‌سازی شد (شکل ۳۷). نتایج همچنین نشان داد که ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه نسبتاً کمتری داشتند (به ترتیب ۱۹۳۹ و ۲۵۰۵ تن در هکتار). کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان تبریز با رقم زودرس (۱۴۷۸ کیلوگرم هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان مهاباد با ۳۸۵۷ کیلوگرم در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد. همانطور که پیشتر نیز بیان شد شرایط اقلیمی متنوع در شهرستان‌های اطراف حوضه آبریز دریاچه ارومیه دلیل اصلی اختلاف عملکرد دانه تولیدی در این مناطق است (جدول ۴).

در دوره آینده میانگین عملکرد دانه گندم در ۹۹٪ شهرستان‌های مورد مطالعه روند افزایشی داشت، به طوری که در سناریوی متوسط (RCP4.5) به ۷/۶٪ و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) به ۱۱/۳٪ افزایش خواهد یافت. بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت زیاد گندم در حوضه دریاچه ارومیه انتظار می‌رود که تولید گندم در آینده تغییر اقلیم افزایشی باشد (شکل ۳۷). چنانچه نقش رقم (ژنوتیپ) را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه گندم به مراتب بیشتر از زودرس در دوره پایه است (به ترتیب ۷۹۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس افزایشی خواهد بود به طور مثال، برای رقم زودرس ۴/۳ و ۶/۴ درصد به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 افزایش خواهد یافت، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۱۰ و ۱۶٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد گندم در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است.

به طور کلی افزایش CO_2 سرعت فتوسنتز را در گندم که گیاهی سه‌کربنه است بیشتر از افزایش طول مدت تابش تحت تاثیر قرار داده و عملکرد را افزایش می‌دهد. بسیاری از پژوهشگران گزارش

کرده‌اند که تغییر اقلیم بر تولید جهانی غذا اثرات منفی دارد؛ با این وجود تغییر در تاریخ کاشت و رقم می‌تواند اثرات منفی تغییر اقلیم را بر تولید جهانی غذا کاهش دهد. این موضوع می‌تواند از ۶۸٪ کاهش عملکرد جهانی پیش‌بینی‌شده برای ذرت، ۶۲ ٪ برای گندم و ۷٪ برای سویا جلوگیری کند. همچنین اصلاح ژنتیکی در دهه‌های اخیر نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد و مقاومت به تنش گرما داشته است و می‌توان از این رهیافت برای تولید ارقامی با مقاومت به گرما و شرایط تغییر اقلیمی استفاده کرد.

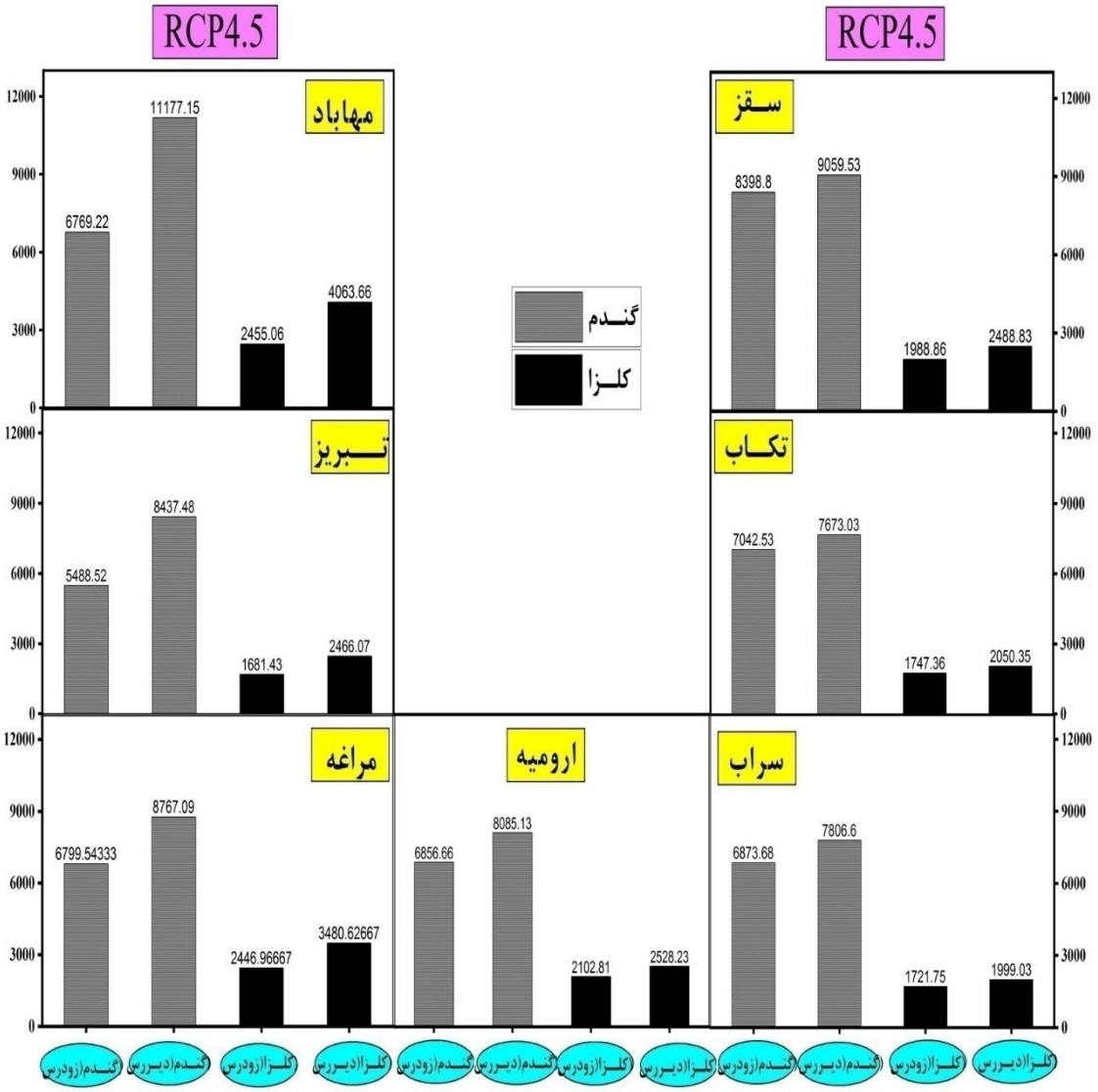


شکل ۳۷. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم و کلزا (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره پایه (گذشته) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

۳-۶ ارائه راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم در بخش مدیریت زراعی در محصولات مورد اشاره برای نیل به پایداری کشاورزی در بلندمدت با تاکید بر کاهش ۴۰٪ آب مصرفی

چنانچه در حوضه دریاچه ارومیه، بنا بر مطالعات پیشین، گیاه کلزا را به عنوان یک گیاه با مصرف آب کمتر جایگزین گندم و یا حداقل در الگو قرار دهیم نتایج متفاوت خواهد بود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که این گیاه حداقل حدود یک ماه زودتر از گندم دوره رسیدگی خود را تکمیل می‌کند و از این رو اگر عملکرد دانه کمتری هم نسبت به گندم داشته باشد، احتمال می‌رود مصرف آب به مراتب کمتری نیز داشته باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که به طور کلی در دوره پایه در مناطق مورد مطالعه، میانگین عملکرد کلزا برابر با ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. این عملکرد در دوره آینده در برخی سناریوها افزایشی و در برخی دیگر کاهشی خواهد بود. در سناریوی متوسط (RCP4.5) عملکرد کلزا به میزان ۰/۱-٪ کاهش و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) ۴٪ افزایش خواهد یافت (شکل ۳۸ و ۳۹). شایان ذکر است چنانچه نقش رقم را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه کلزا به مراتب بیشتر از زودرس در دوره پایه است (به ترتیب ۳۳۰۰ و ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس هم افزایش و هم کاهشی خواهد بود؛ برای رقم زودرس ۳/۲- و ۲/۳+ درصد کاهش و افزایش به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 خواهد بود، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۲/۹ و ۶/۵٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد کلزا در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است.

بر همین اساس، پژوهش‌های پیشین این گیاه را در الگوی کشت فعلی قرار داده و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. وابستگی بیش از ۹۰ درصدی به خارج کشور در تامین دانههای روغنی، اهمیت کشت کلزا را در اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی روشن می‌کند. این گیاه همچنین به لحاظ کیفیت هم قابل توجه است، به طوری که دانه آن حاوی ۴۵-۴۰٪ روغن و ۳۵-۲۵٪ پروتئین است که به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد اندک اسیدهای چرب اشباع‌شده همانند زیتون جزو با ارزش‌ترین روغن های خوراکی است. پروتئین موجود در کنجاله کلزا نیز در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود.



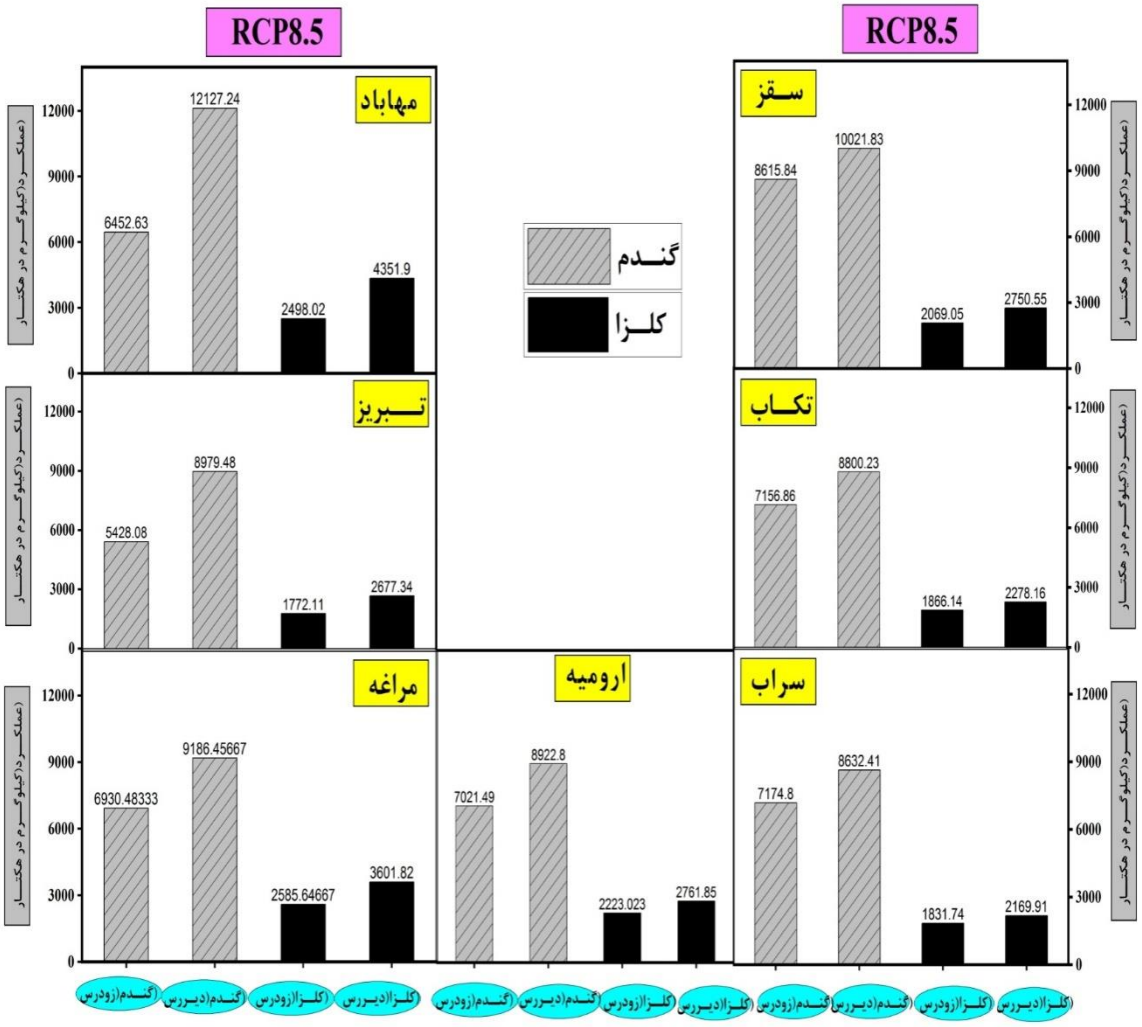
شکل ۳۸. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم و کلزا (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی متوسط تغییر اقلیم (RCP4.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

از سوی دیگر این نکته نیز شایان ذکر است که برای تولید پایدار گندم که در الگوی فعلی منطقه سطح زیر کشت بالایی دارد، کشت کلزا ضروری است، زیرا این دانه روغنی در تناوب کشت با گندم سبب تقویت خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفاده بهینه از آب و در نهایت افزایش تولید گندم می‌شود. کشت مداوم گندم در زمین‌های زراعی سبب کاهش توان تولیدی زمین و افت قابل توجه میزان تولید گندم می‌شود که برای جلوگیری از این روند باید محصول دیگری را در تناوب گندم برای کشت جایگزین در نظر داشت که بررسی‌های علمی نشان می‌دهد دانه روغنی کلزا بهترین نوع محصول در این

زمینه است. در مطالعات مرتبط با تناوب زراعی معمولاً سعی می‌شود با مد نظر قرار دادن فصل کشت و عمق توسعه ریشه گیاهان پیشنهادی و همچنین اثربخشی آنها در بهبود حاصلخیزی خاک، انتخاب گونه‌ها به نحوی انجام شود که امکان اعمال مدل‌های مختلف تناوبی در قالب اصول کشاورزی پایدار فراهم گردد. از دیدگاه مدیریتی، پایداری در کشاورزی به راهکارهایی اطلاق می‌گردد که به مدیر مزرعه کمک می‌کند تا مجموعه‌ای از عملیات، فرآیندها، گونه‌های زراعی، مدیریت آفات و بیماری‌ها، نظام‌های خاک‌ورزی و تناوب زراعی را انتخاب کند که هزینه تولید را کاهش دهد، اثرات جانبی کشت‌بوم را بر بوم‌نظام‌های مجاور به حداقل رساند و تولید و درآمدهای حاصل از مزرعه را در سطح رضایت‌بخشی تثبیت کند.

در الگوی پیشنهادی اصول اصلی تناوب زراعی که همسو با کشاورزی پایدار نیز هست باید به شرح ذیل مورد توجه قرار گیرد:

- ✓ **فصل کشت:** در الگوی پیشنهادی هر دو گروه محصولات پاییزه و بهاره حضور داشته باشند به طوری که امکان استفاده بیشتر از منابع بارش پاییزه فراهم شود و سهم محصولات پاییزه (گندم، جو، کلزا) در الگو به صورت فنی بیشتر باشد.
- ✓ **الگوی ریشه گیاهان:** توالی گیاهان دارای ریشه‌های عمیق و سطحی جهت حفظ ساختار خاک و بهبود زهکشی، تهویه و جذب عناصر غذایی بسیار مناسب است؛ به طور مثال توالی گندم، جو، کلزا با محصولات سبزی و صیفی مد نظر قرار داده شود.
- ✓ **بیوماس اندامهای هوایی و زمینی گیاهان:** بیوماس زیاد اندامهای هوایی (گندم، جو و یونجه) باعث کاهش علفهای هرز میشود. به علاوه این ویژگی به علت ایجاد مواد آلی بالا در خاک، شرایط مناسبی را برای رشد ریزموجودات خاک فراهم میکند.
- ✓ **کنترل آفات، بیماریها و علفهای هرز:** کاشت متوالی گیاهان میزبان و غیر میزبان (مانند تناوب گندم – یونجه) نقش موثری در مدیریت آفات و بیماری‌ها دارد.



شکل ۳۹. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم و کلزا (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

۳-۷ بررسی ارقام گیاهان زراعی با نیاز آبی کمتر به منظور نیل به کاهش ۴۰٪ آب مصرفی

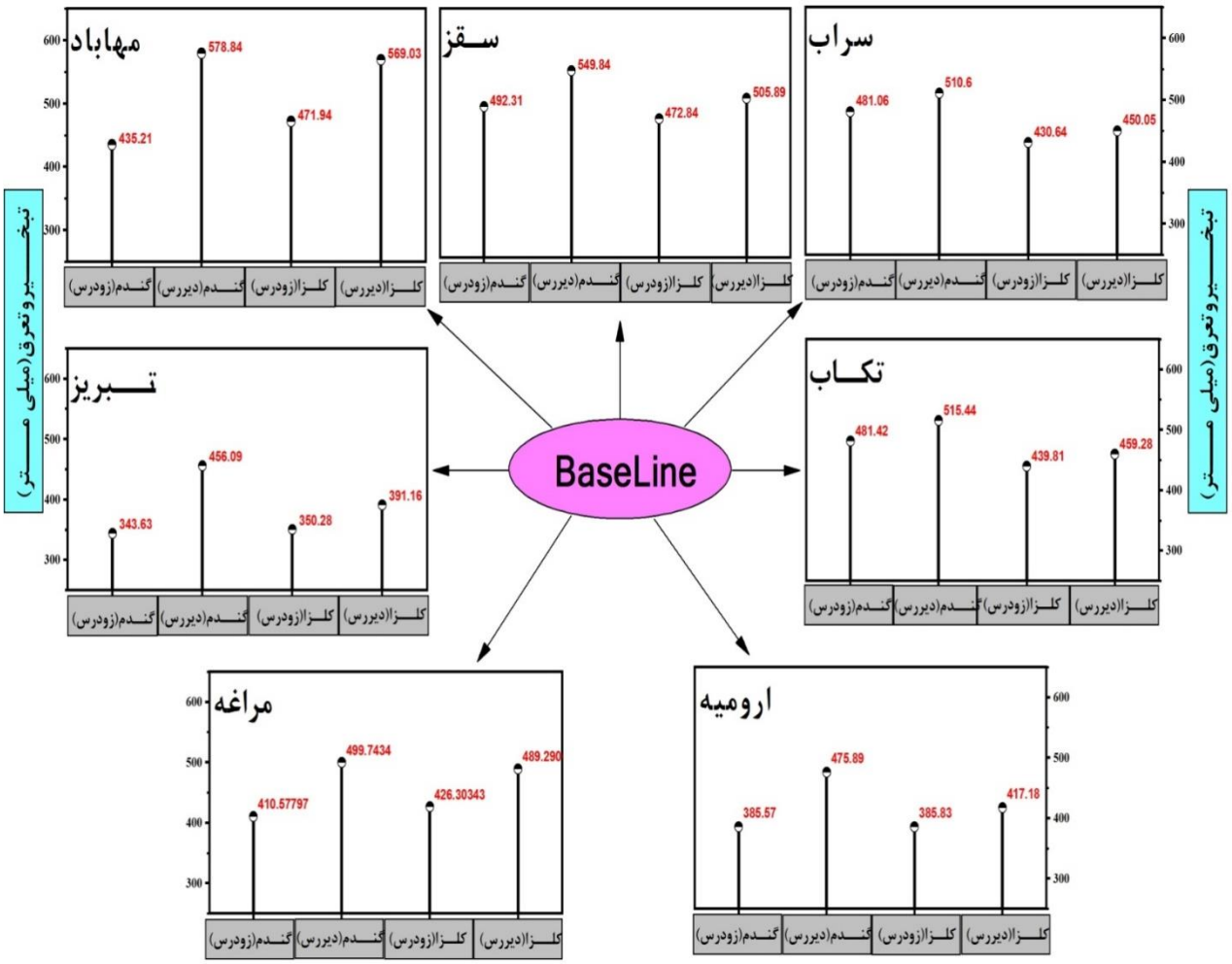
نیاز آبی گندم و کلزا برای سال ۲۰۵۰

یکی از برنامه‌های کاربردی بر اساس مصوبات ستاد احیای دریاچه ارومیه کاهش ۴۰ درصدی مصارف کشاورزی در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود است که پیش‌تر در قالب پروژه‌هایی به مراکز مشاوره ارائه و نتایج آن استخراج شده است. از جمله راهکارهایی که برای کاهش ۴۰ درصدی آب در این حوضه در نظر گرفته و پیشنهاد شده تناوب صحیحی زراعی، الگوی کشت (گیاهان کم‌مصرف مثل کلزا)، کشاورزی حفاظتی، کشت‌های نشایی، استفاده از انواع خاکپوش (مالچ) در کشاورزی، اِعمال

کم‌آبیاری و توسعه کشت‌های گلخانه‌ای است. در این تحقیق کشت گیاه کلزا در کنار گندم مورد ارزیابی قرار گرفته و پرسش این است که آیا مصرف آب در کشت‌بوم‌های کلزا (بر اساس پیشنهاد پروژههای پیشین) و گندم (که در مطالعات پیشین بیشترین سطح زیر کشت را دارا بود) کاهشی است یا افزایشی؟

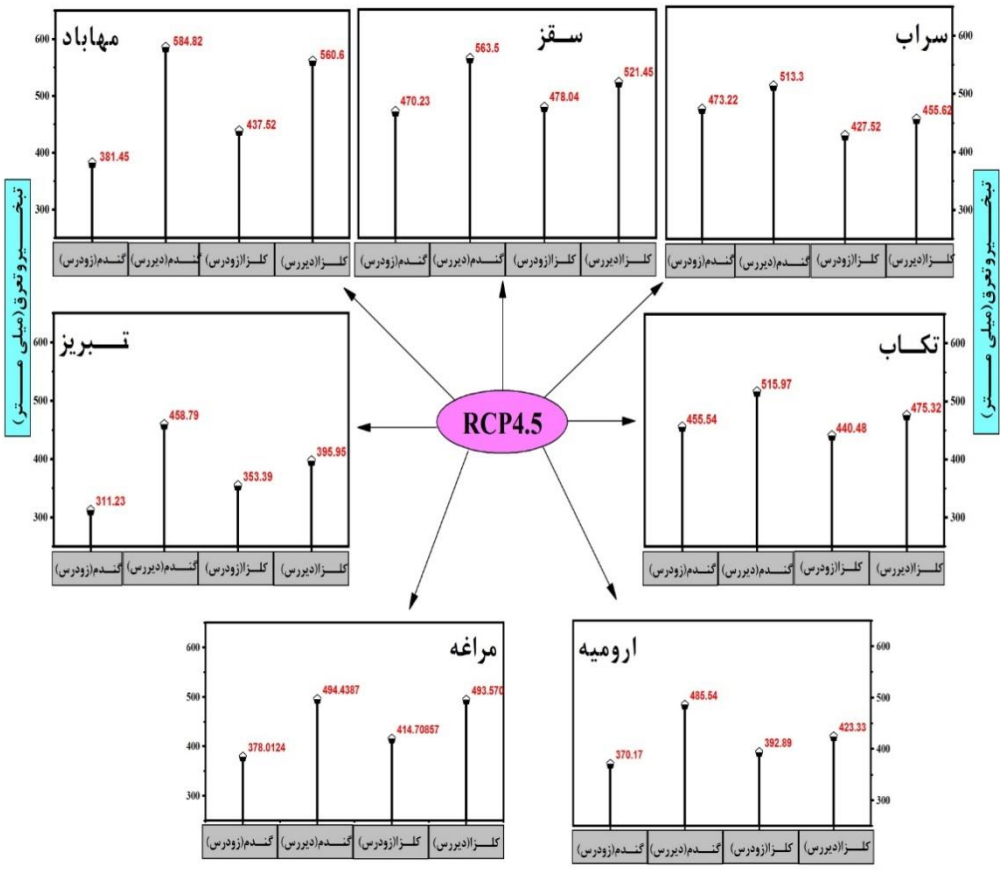
نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در دوره پایه، نیاز آبی کلزا تا حدودی برابر با گندم است، به طوری که نیاز آبی گندم در طول فصل رشد ۴۵۵۲ مترمکعب و نیاز آبی کلزا در طول فصل رشد برابر با ۴۵۷۸ متر مکعب براورد شده است. با این حال، چنانچه نقش رقم را در این ارزیابی لحاظ کنیم، به طور کلی ارقام زودرس نیاز آبی کمتری داشته‌اند. این در حالی است که میانگین عملکرد ارقام زودرس به اندازه نیاز آبی آنها چندان کمتر از ارقام دیررس نبود. در گندم، ارقام دیررس حدود ۵۰۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۱۰۶ مترمکعب نیاز آبی داشتند (شکل ۴۰). این بدان معنی است که می‌توان با تغییر در ارقام زراعی، حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار کاهش مصرف آب داشت؛ اگر این عدد در سطح زیر کشت گندم در حوضه آبریز (بیش از ۱۶۳ هزار هکتار گندم در سه استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان) ضرب شود، معادل ۱۶۳ میلیون متر مکعب کاهش مصرف آب است.

شایان ذکر است که این مقادیر مصرف آب در شهرستان‌های گوناگون اختلاف قابل توجهی داشت؛ به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می‌توان به کمترین میزان مصرف آب (۳۴۳۶ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۵۲۶۶ کیلوگرم در هکتار دست یافت. این در حالی است که در شهرستان مهاباد بیشترین مصرف آب در طول فصل رشد گندم شبیه‌سازی شده است (۵۷۸۸ مترمکعب در هکتار با عملکرد دانه ۹۵۱۰ کیلوگرم در هکتار). بنابراین رابطه مستقیمی بین میزان مصرف آب و عملکرد دانه تولیدی وجود دارد. این روند تقریبا در تمامی شهرستان‌ها در دوره پایه مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل توجه این که می‌توان با کشت ارقام زودرس گندم و نیز انتخاب توامان مناطق سازگارتر با اقلیم و با مصرف آب کمتر، میزان مصرف آب را تا حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش داد که با در نظر گرفتن سطح زیر کشت فعلی گندم می‌توان به رقم قابل توجهی در کاهش مصرف آب در حوضه آبریز دست یافت.



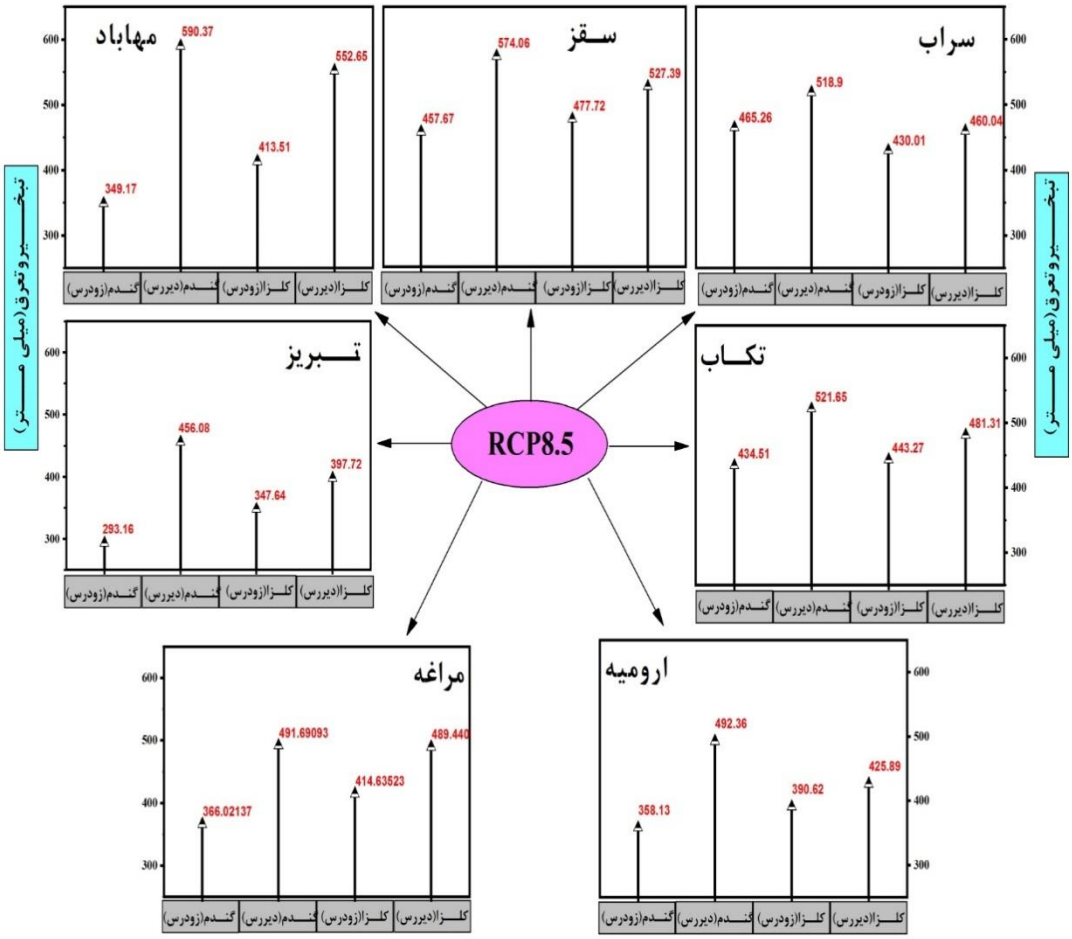
شکل ۴۰. میزان مصرف آب گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره پایه مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی

این موضوع در خصوص کلزا هم صادق است؛ به عنوان نمونه، به طور متوسط ارقام دیررس کلزا حدود ۴۸۹۳ و ارقام زودرس ۴۲۶۳ مترمکعب در هکتار نیاز آبی دارند. این مقادیر مصرف آب در شهرستانهای گوناگون اختلاف قابل‌توجهی داشت؛ به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می‌توان به کمترین میزان مصرف آب (۳۵۰۲ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۱۴۷۸ کیلوگرم در هکتار دست یافت. این در حالی است که در شهرستان مهاباد بیشترین مصرف آب در طول فصل رشد کلزا با کاشت رقم دیررس شبیه‌سازی شده است (۵۶۹۰ مترمکعب در هکتار با عملکرد دانه ۳۸۵۷ کیلوگرم در هکتار). بنابراین می‌توان از نقش ارقام در کاهش میزان آب مصرفی استفاده کرد، ضمن این که عملکرد نسبتاً قابل قبولی را از بعد اقتصادی برای کشاورز تضمین کرد.



شکل ۴۱. میزان مصرف آب گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی متوسط تغییر اقلیم (RCP4.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی.

در شرایط تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰)، مصرف آب گندم در بسیاری از شهرستانها کاهش و در برخی نیز افزایش خواهد یافت. با وجود این که تصور کلی بر آن است که افزایش دما به میزان ۲/۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۰۵۰ میزان تبخیر و تعرق گیاهی را افزایش دهد و مصرف آب را در محصولات کشاورزی بالا ببرد، اما مصرف آب در برخی شهرستان ها کاهش داشته است. به طور مثال، در شهرستان‌های مهاباد و تبریز، کاشت ارقام زودرس گندم باعث کاهش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در ارقام زودرس به ترتیب ۴۳۵۲ و ۳۴۳۶ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۳۸۱۴ و ۳۱۱۲ برای سناریوی RCP4.5 و ۳۴۹۱ و ۲۹۳۱ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد (شکل‌های ۴۱ و ۴۲).



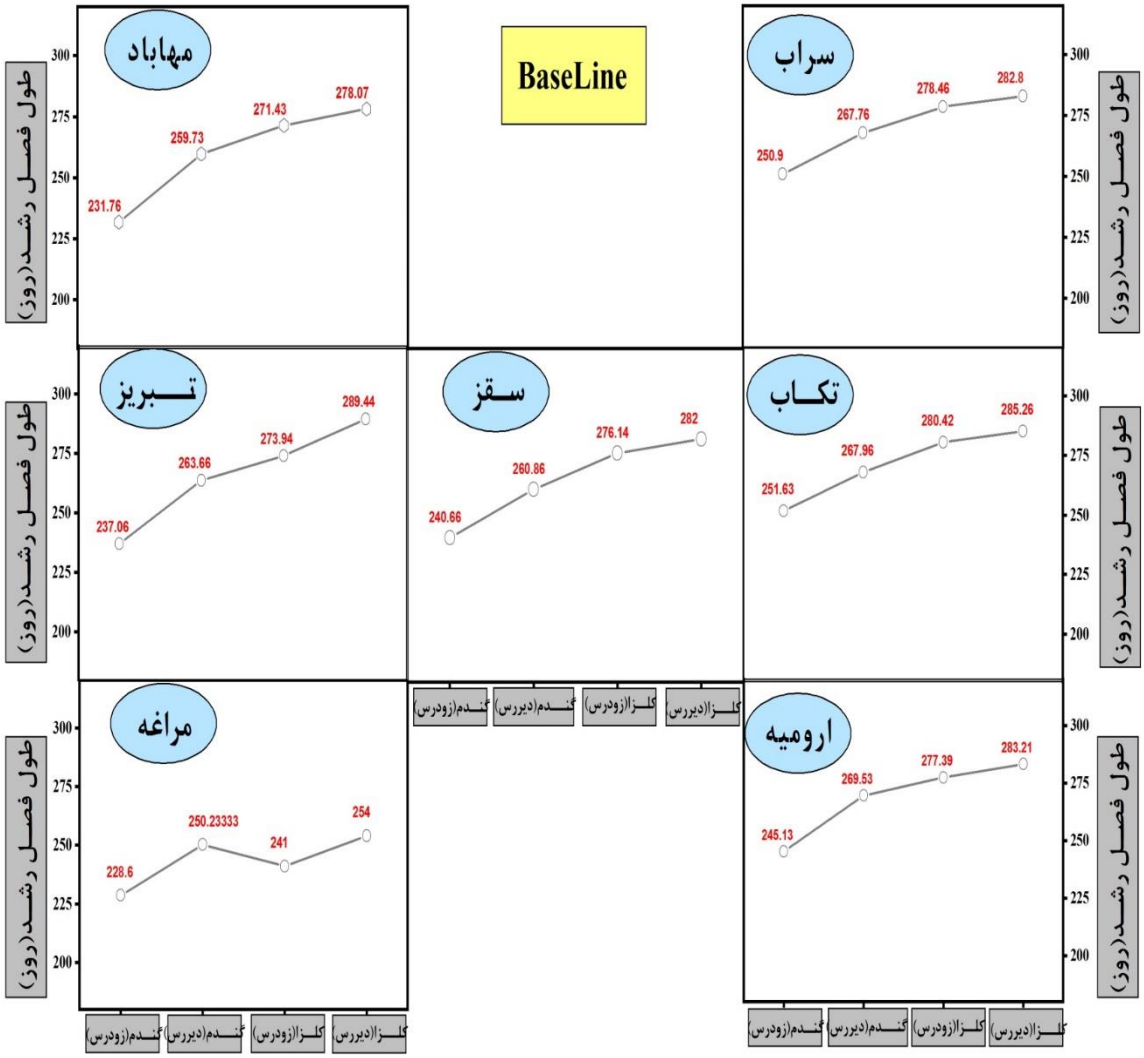
شکل ۴۲. میزان مصرف آب گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی.

با این حال در ارقام دیررس گندم میزان مصرف آب افزایشی بود. نتایج نشان داد که در همین دو شهرستان کاشت ارقام دیررس گندم باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در این ارقام به ترتیب ۵۷۸۴ و ۴۵۶۰ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۵۸۴۸ و ۴۵۸۷ برای سناریوی RCP4.5 و ۵۹۰۳ و ۴۵۶۰ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد. این افزایش نیاز آبی در ارقام دیررس در برخی مناطق احتمالاً به دلیل طولانی‌تر شدن فصل رشد و برخورد مراحل حساس فنولوژیک گیاه با خشکی و گرماهای انتهای فصل بوده است که در قسمت بعدی به آنها اشاره شده است. بنابراین برای رسیدن به هدف اصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، یعنی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب می‌توان با کشت ارقام زودرس گندم نسبت به دیررس افزایش قابل‌توجهی را در کاهش نیاز آبی مشاهده نمود.

شایان ذکر است که میزان این کاهش (البته بسته به شرایط اقلیمی و خاکی هر منطقه متفاوت است) در شکل‌های ۴۱ و ۴۲ و جدول ۴ مشاهده می‌شود.

در شرایط تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰)، مصرف آب کلزا نیز در بسیاری از شهرستان‌ها روند افزایشی خواهد یافت، اما میزان افزایش بسته به نوع رقم اندکی اختلاف نشان داد. به طور مثال، در شهرستان‌های ارومیه و تکاب، کاشت ارقام زودرس کلزا باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در ارقام زودرس به ترتیب ۳۸۵۸ و ۴۲۶۳ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۳۹۲۸ و ۴۴۰۴ برای سناریوی RCP4.5 و ۳۹۰۶ و ۴۴۳۲ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد (شکل‌های ۴۱ و ۴۲). روند نسبتاً مشابهی نیز در سایر شهرستان‌ها مشاهده شد. در ارقام دیررس کلزا نیز روند مشابه مشاهده شد، اما میزان مصرف آب اندکی متفاوت بود. نتایج نشان داد که در همین دو شهرستان (ارومیه و تکاب) کاشت ارقام دیررس کلزا باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در این ارقام به ترتیب ۴۱۷۱ و ۴۵۹۲ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۴۲۳۳ و ۴۷۵۳ برای سناریوی RCP4.5 و ۴۲۵۸ و ۴۸۱۳ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد. این افزایش نیاز آبی در ارقام زود رس و دیررس در بسیاری از مناطق احتمالاً به دلیل طولانی‌تر شدن فصل رشد و افزایش تبخیر و تعرق گیاه و نیز در برخی مناطق برخورد مراحل گیاهی با گرماهای انتهای فصل بوده است. قابل ذکر است که میزان افزایش نیاز آبی گیاه بسته به شرایط اقلیمی و خاکی هر منطقه متفاوت است که در شکل‌های ۴۱ و ۴۲ و جدول ۴ مشاهده می‌شود.

یکی از دلایل اصلی کاهش مصرف آب گندم زودرس برای دوره آینده، کاهش طول فصل رشد بوده است. همانطور که از نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود، طول فصل رشد ۷-۲٪ کاهش خواهد یافت. به طور مثال، در گندم زودرس طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۲۴۰ روز بوده که در دوره آینده به ترتیب به ۲۲۳ و ۲۱۷ روز در دو سناریوی متوسط و بدبینانه کاهش یافته است (شکل ۴۳).

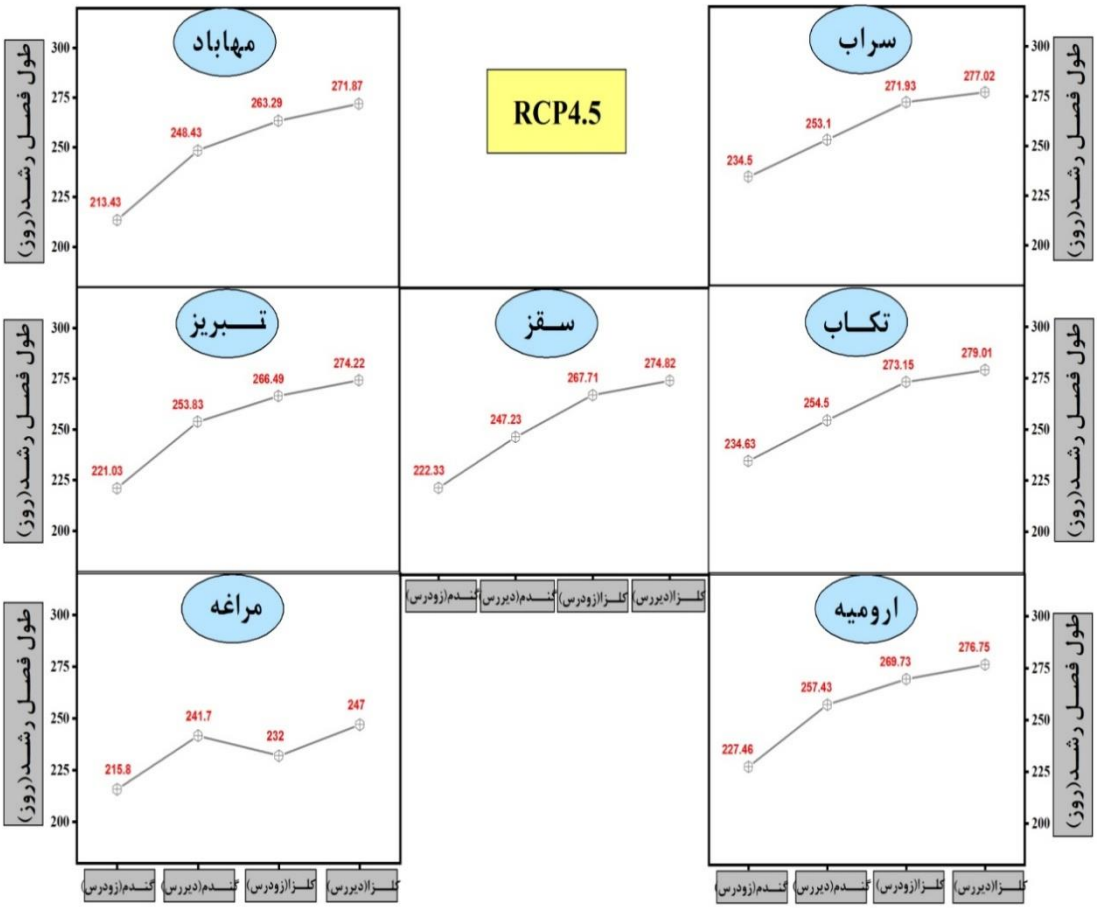


شکل ۴۳. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) طول فصل رشد گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره پایه در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

با این حال این رقم در مناطق مختلف متفاوت بوده است؛ مثلاً کمترین میزان طول فصل رشد در شهرستان مراغه با ۲۲۸ روز و بیشترین میزان طول فصل رشد در شهرستان تکاب با ۲۵۱ روز در دوره پایه شبیه‌سازی شد. شایان ذکر است که در گندم زودرس کاهش طول فصل رشد عمدتاً ناشی از افزایش دما در دوره آینده بوده است. به طور مثال، در گندم زودرس دمای طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۶/۲ درجه سانتی‌گراد بوده که در دوره آینده به ۷/۴ و ۷/۹ درجه سانتی‌گراد در دو سناریوی متوسط و بدبینانه افزایش یافته است (شکل‌های ۴۶ تا ۴۸). با این حال دمای فصل رشد در مناطق

مختلف متفاوت بوده است. مثلاً کمترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان سراب با ۴/۹ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان طول فصل رشد در شهرستان مهاباد با ۷/۳ درجه سانتی‌گراد در دوره پایه شبیه‌سازی شد. بنابراین افزایش دما اگرچه باید افزایش مصرف آب را به دنبال داشته باشد، اما به دلیل کاهش بیشتر فصل رشد و در نتیجه عدم برخورد مراحل فنولوژیک حساس گیاه به دماها و خشکی انتهای فصل در گندم زودرس، اثرات مثبت داشته است.

در خصوص گندم دیررس همان گونه که ذکر شد، افزایش دمای آینده ناشی از تغییر اقلیم، باعث افزایش نیاز آبی شد. با وجود این که افزایش دما، کاهش طول فصل رشد را به دنبال داشته است، اما این میزان کاهش در طول فصل رشد، نتوانسته کاهش مصرف آب را به دنبال داشته باشد، زیرا ویژگی دیررسی باعث همپوشانی بیشتر فصل رشد گیاه با گرماهای اواخر خرداد و اوایل تیر در منطقه مورد مطالعه بوده است. از سوی دیگر افزایش تنفس نگهداری ناشی از دماهای بالای اواخر خرداد در این مناطق کاهش تولید و عملکرد را نسبت به دوره پایه در رقم دیررس به دنبال داشته است. همانطور که از نتایج این پژوهش مشاهده میشود، طول فصل رشد گندم دیررس در شرایط تغییر اقلیم از ۴ تا ۶٪ کاهش خواهد یافت. به طور مثال، طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۲۶۲ روز بوده که در دوره آینده به ترتیب به ۲۵۱ و ۲۴۷ روز در دو سناریوی متوسط و بدبینانه کاهش یافته است (شکل ۴۴ و ۴۵). با این حال این مقدار در مناطق مختلف متفاوت بوده است. مثلاً کمترین میزان طول فصل رشد گندم دیررس در شهرستان مراغه با ۲۵۰ روز و بیشترین میزان طول فصل رشد در شهرستان ارومیه با ۲۶۹ روز در دوره پایه شبیه‌سازی شد. شایان ذکر است که در گندم دیررس نیز همانند زودرس کاهش طول فصل رشد عمدتاً ناشی از افزایش دما در دوره آینده بوده است. به طور مثال، در گندم دیررس دمای طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۷/۵ درجه سانتی‌گراد شبیه سازی شد که در دوره آینده به ترتیب به ۸/۹ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در دو سناریوی متوسط و بدبینانه افزایش یافته است (شکل‌های ۴۶ تا ۴۸). با این حال دمای فصل رشد در مناطق مختلف متفاوت بوده است؛ مثلاً کمترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان سراب با ۵/۸ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان مهاباد با ۸/۸ درجه سانتی‌گراد در دوره پایه شبیه‌سازی شد.

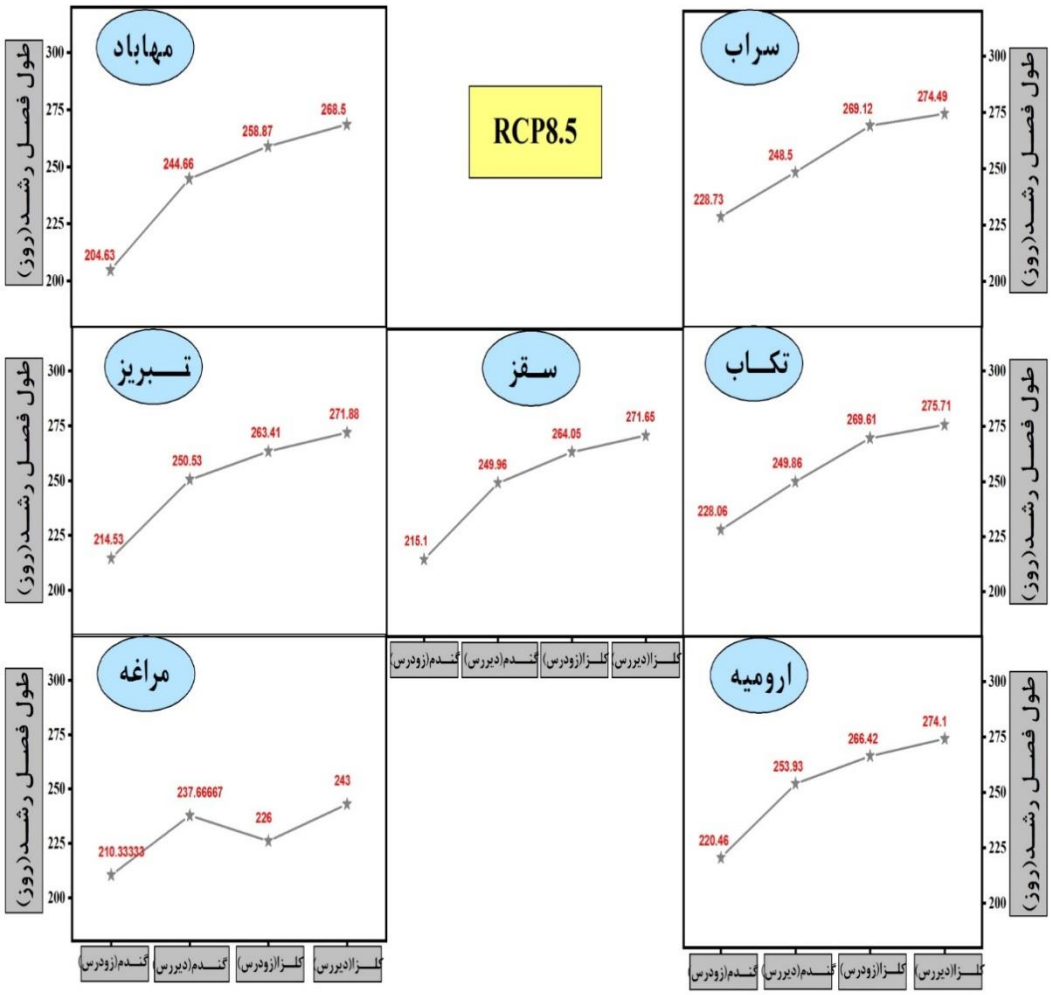


شکل ۴۴. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) طول فصل رشد گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی متوسط تغییر اقلیم (RCP4.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

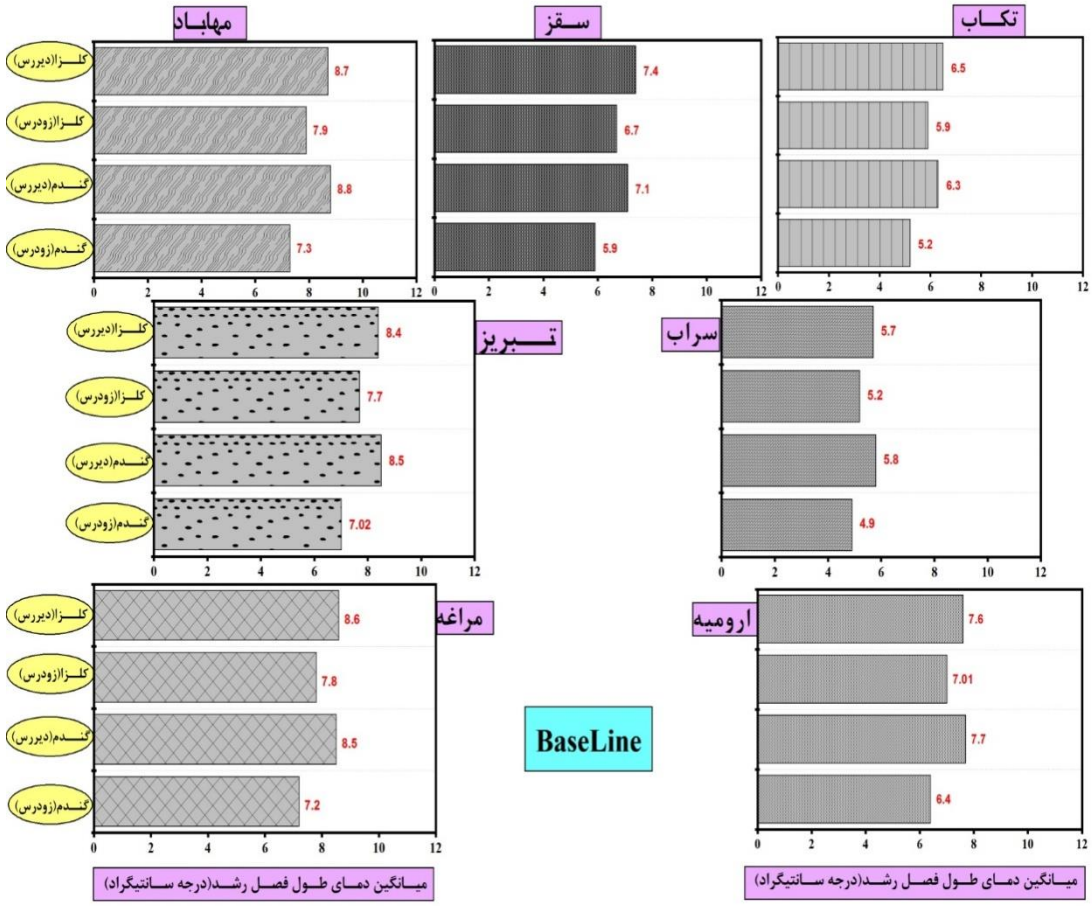
۸-۳ ارزیابی گیاهان جایگزین در حوضه آبریز به منظور کاهش ۴۰٪ آب مصرفی در کشاورزی (کلزا و ذرت)

برخلاف گندم، که بین ارقام زودرس و دیرس اختلاف قابلتوجهی در میزان مصرف آب مشاهده شد (در یکی کاهشی و دیگر افزایشی)، اختلاف قابل توجهی در ارقام کلزا مشاهده نشد، به طوری که در هر دو رقم کلزا ، مصرف آب در دوره آینده تغییر اقلیم نسبت به پایه افزایشی بود. این افزایش مصرف آب در آینده کلزا ناشی از طول فصل رشد نبود، زیرا طول فصل رشد در هر دو رقم کلزا کاهش نشان داد (شکلهای ۴۳ تا ۴۵). به نظر میرسد افزایش دما در دوره آینده تاثیر قابل توجهی در افزایش مصرف آب ارقام کلزا داشته است. از سوی دیگر با توجه به روغنی بودن گیاه کلزا افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم،

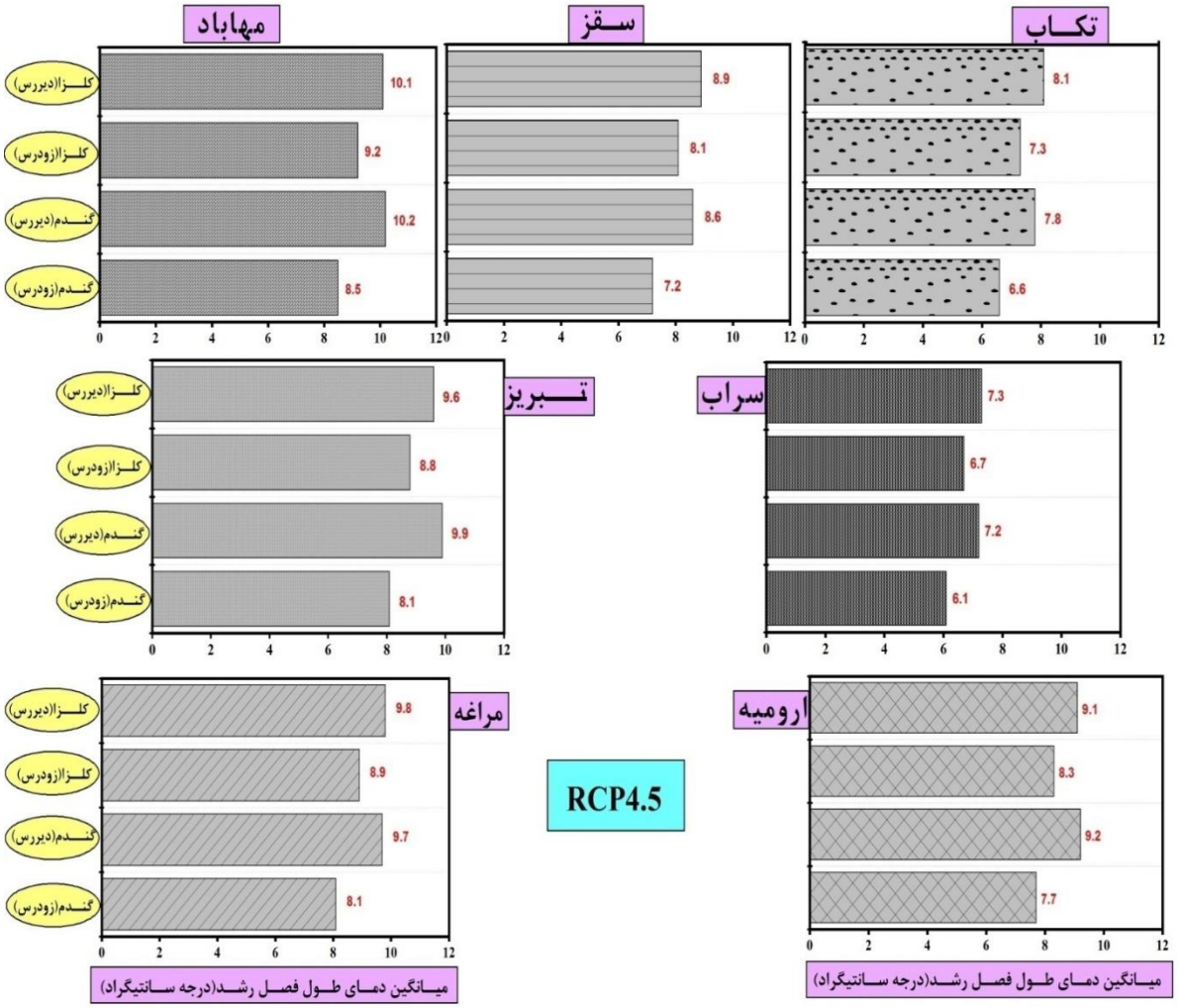
تنفس نگهداری گیاه کلزا را بسیار بیشتر از گندم افزایش داده و این موضوع دلیل اصلی کاهش بیشتر عملکرد کلزا نسبت به گندم بوده است. همانطور که از نتایج این پژوهش مشاهده می شود در شرایط تغییر اقلیم به ترتیب از ۲/۵ تا ۳ درصد و ۲/۲ تا ۳ درصد طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس کاهش خواهد یافت. به طور مثال طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس در تمامی مناطق در دوره پایه به ترتیب ۲۷۰ و ۲۷۹ روز بوده که در دوره آینده به ۲۶۳ و ۲۵۹، و ۲۷۱ و ۲۶۸ روز در دو سناریوی متوسط و بدبینانه کاهش یافته است (شکل ۴۳ و ۴۴). با این حال این مقدار در مناطق مختلف متفاوت بوده است. مثلاً کمترین میزان طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس در شهرستان مراغه با ۲۴۱ و ۲۵۴ روز، و بیشترین میزان طول فصل رشد کلزای زودرس در شهرستان تکاب با ۲۸۰ روز و کلزای دیررس در شهرستان تبریز با ۲۸۹ روز در دوره پایه شبیه سازی شد. شایان ذکر است که در هر دو رقم کلزا کاهش طول فصل رشد عمدتا ناشی از افزایش دما در دوره آینده بوده است. به طور مثال در هر دو رقم کلزا دمای طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۷/۲ درجه سانتی‌گراد شبیه سازی شد که در دوره آینده به ۸/۵ و ۹ درجه سانتی‌گراد در دو سناریوی متوسط و بدبینانه افزایش یافته است (شکل ۴۶ تا ۴۸). با این حال دمای فصل رشد در مناطق مختلف متفاوت بوده است. مثلا کمترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان سراب با ۵/۲ درجه سانتی‌گراد برای رقم زودرس و بیشترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان مهاباد با ۸/۷ درجه سانتی‌گراد برای رقم دیررس کلزا در دوره پایه شبیه‌سازی شد.



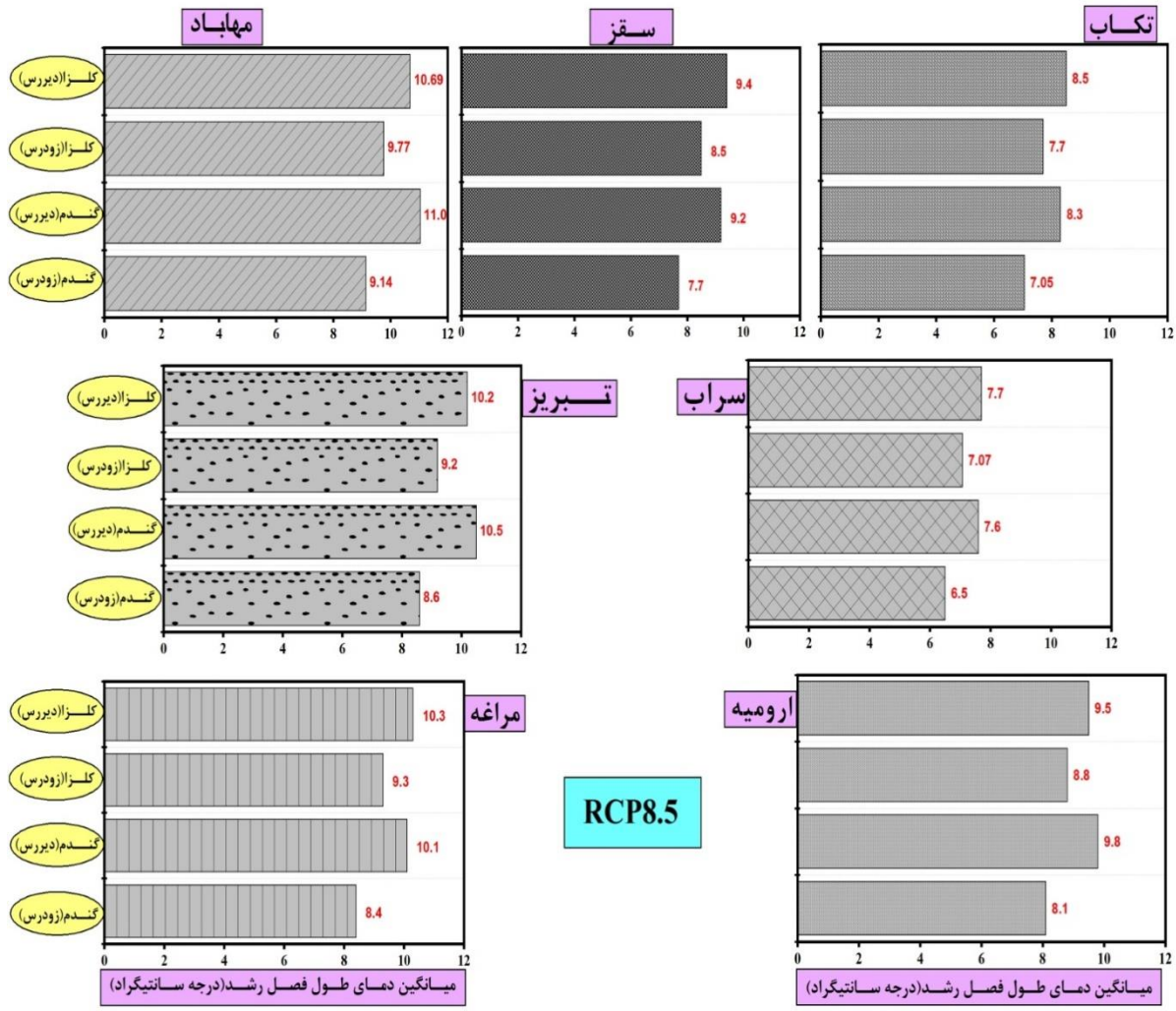
شکل ۴۵. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) طول فصل رشد گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.



شکل ۴۶. میانگین دمای طول فصل رشد گندم و کلزا در دو رقم زودرس و دیررس در دوره پایه مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.



شکل ۴۷. میانگین بلندمدت (۳۰ ساله) دمای طول فصل رشد گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی متوسط تغییر اقلیم (RCP4.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.



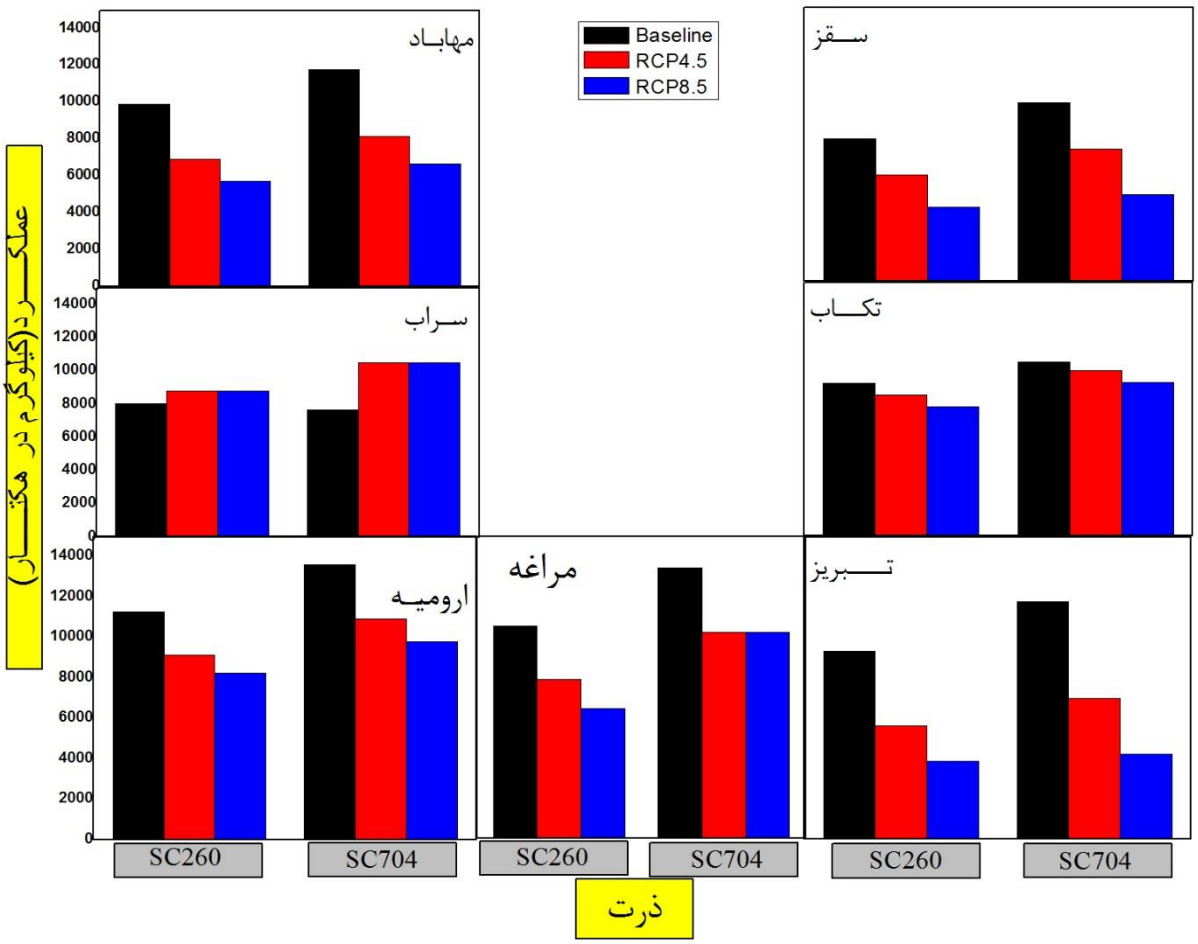
شکل ۴۸. میانگین بلندمدت (۳۰ ساله) دمای طول فصل رشد گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه

تخمین عملکرد دانه، طول دوره گلدهی، دمای فصـــل رشـــد و نیاز آبی ذرت در دوره پایه و تغییر اقلیم

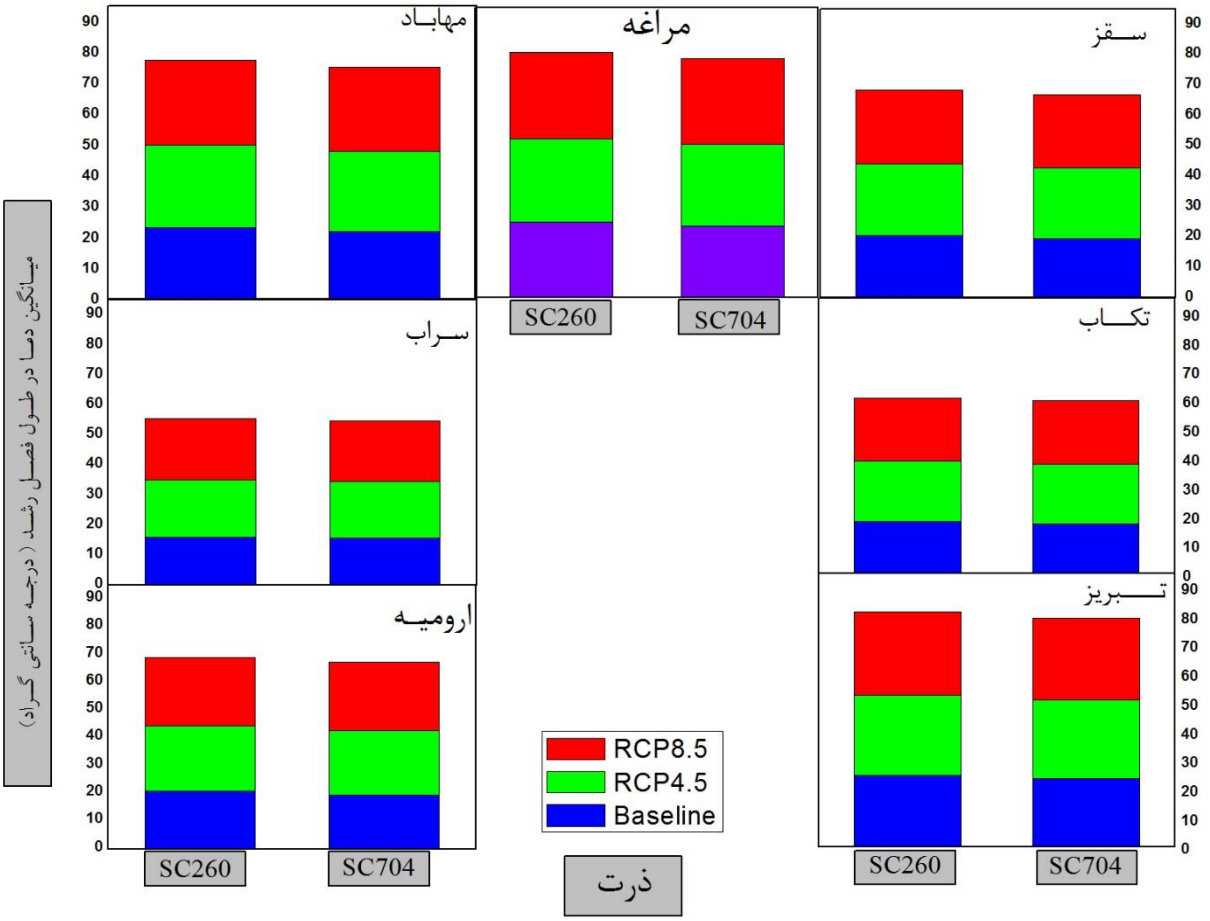
همان‌طور که پیشتر بیان شد، علاوه بر گندم و کلزا اثرات تغییر اقلیم بر ذرت به عنوان یک گیاه چهار کربنه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه ذرت (در دوره پایه) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، برابر با ۸/۵ تن در هکتار برآورد شده است (شکل ۴۹). همچنین اختلاف قابل توجهی بین مناطق از نظر عملکرد دیده شد که شرایط اقلیمی متنوع در شهرستان‌های اطراف حوضه آبریز دریاچه ارومیه دلیل اصلی آن است. نتایج همچنین نشان داد که در دوره پایه ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه کمتری داشتند

(شکل ۴۹). رقم دیررس سینگل کراس ۷۰۴ با سرعت رشد دانه ۹/۶ میلی‌گرم در روز نسبت به رقم زودرس سینگل کراس ۲۶۰ (۸/۵ میلی‌گرم در روز) دارای برتری بود. کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان سراب با رقم زودرس (حدود ۸ تن در هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان ارومیه با ۱۲/۸ تن در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد.

در دوره آینده میانگین عملکرد دانه ذرت در تمامی شهرستان های مورد مطالعه به جز سراب روند کاهشی داشت به طوریکه در سناریوی متوسط (RCP4.5) به ۱۸ درصد و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) به ۲۴ درصد کاهش خواهد یافت. چنانچه نقش رقم (ژنوتیپ) را در این زمینه در نظر بگیریم، در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس کاهشی خواهد بود با این تفاوت که میزان کاهش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (شکل ۴۹). دلیل اصلی کاهش عملکرد ذرت در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش دما در طول دوره رشد ذرت (شکل ۵۰) است که باعث افزایش تنفس کانوپی، کاهش طول فصل رشد ذرت و در نهایت کاهش بیوماس و دانه خواهد شد. همچنین همزمانی دوره گلدهی با دماهای بالای ناشی از تغییر اقلیم در برخی مناطق میزان باروری گرده و تشکیل دانه را کاهش داده و تاثیر قابل توجهی در کاهش عملکرد داشت.



شکل ۴۹. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه ذرت (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای دو سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

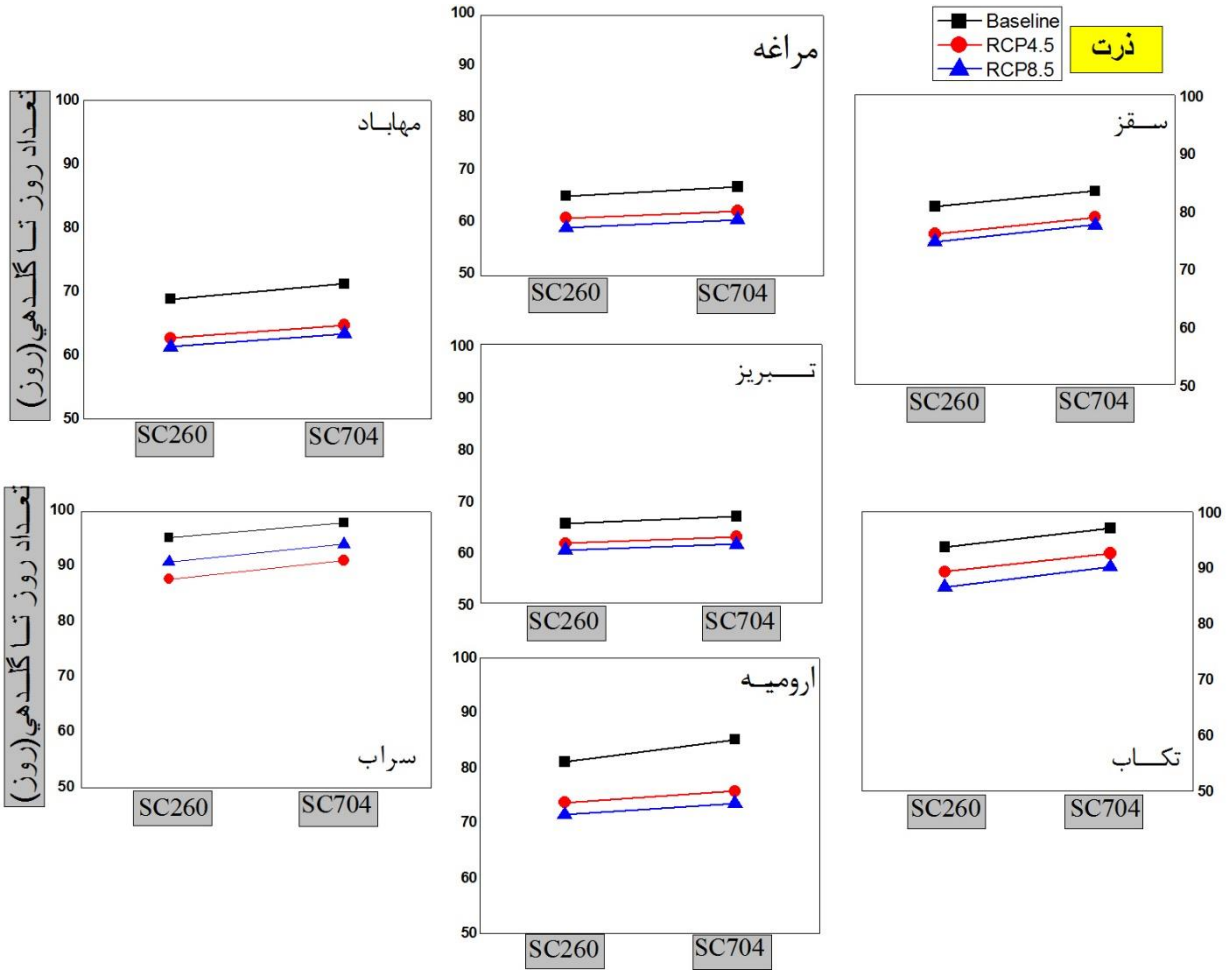


شکل ۵۰. میانگین بلندمدت (۳۰ ساله) دمای طول فصل رشد ذرت (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای دو سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه

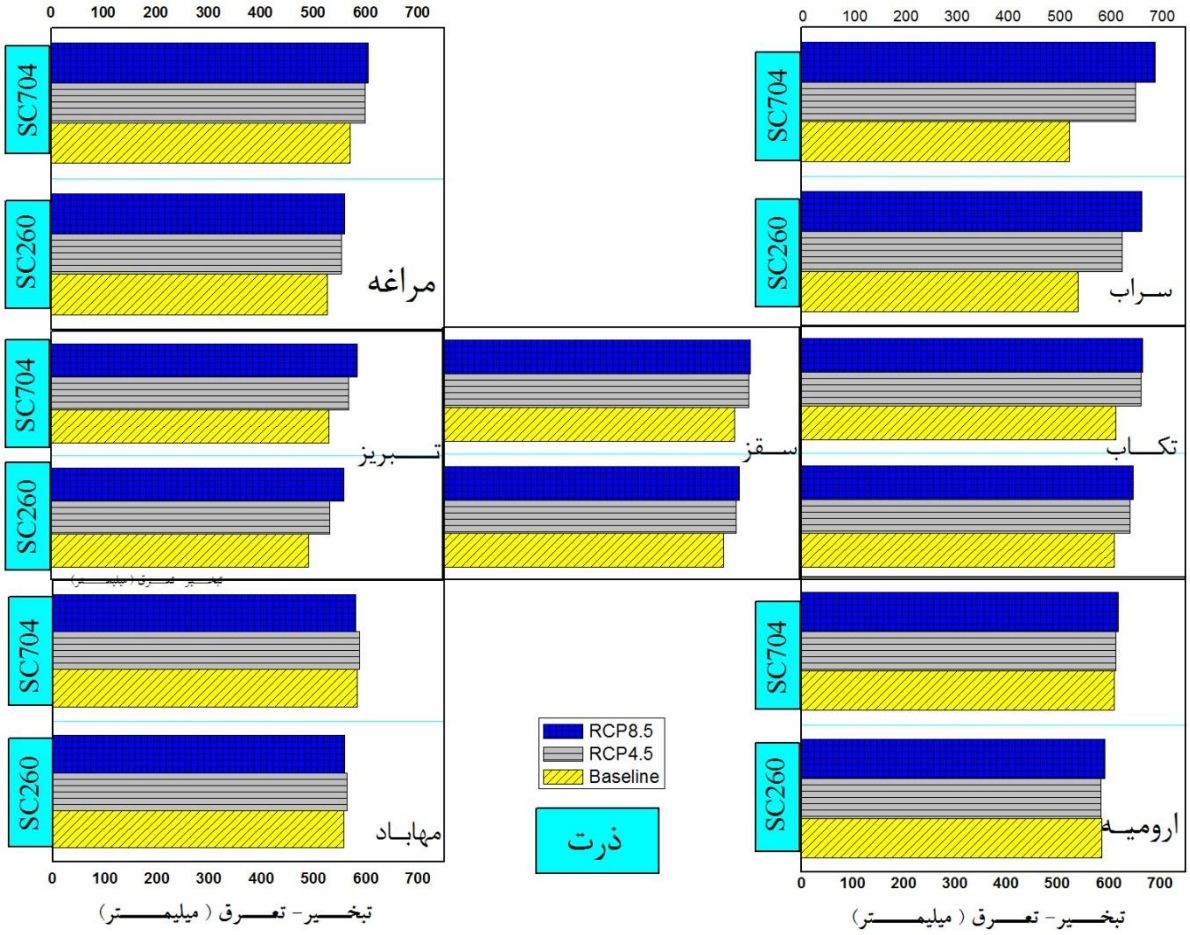
نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر همچنین نشان می دهد که در دوره پایه، نیاز آبی در طول فصل رشد به طور متوسط همه مناطق ۵۸۰۰ مترمکعب براورد شده است. با این حال چنانچه نقش رقم را در این ارزیابی لحاظ کنیم، به طور کلی ارقام زودرس نیاز آبی کمتری داشتند. این در حالی است که میانگین عملکرد ارقام زودرس به اندازه نیاز آبی آنها، آنقدر کمتر از ارقام دیررس نبود. در این پژوهش، نیاز آبی ارقام ذرت دیررس حدود ۵۴۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۸۰۶ مترمکعب در هکتار بود (شکل ۵۲)؛ این بدین معنی است که با تغییر در ارقام کشت، حدود ۶۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش مصرف آب خواهیم داشت. شایان ذکر است که این مقادیر مصرف آب در شهرستان‌های مختلف، اختلاف قابل توجهی داشت. به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می توان به کمترین میزان مصرف آب (۵۱۰۰ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۸/۲ تن در هکتار دست یافت. بنابراین رابطه

مستقیمی بین میزان مصرف آب و عملکرد دانه تولیدی وجود دارد. این روند تقریباً در تمامی شهرستان‌ها در دوره پایه مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل توجه این است که می‌توان با کشت ارقام زودرس ذرت و نیز انتخاب توامان مناطق سازگارتر با اقلیم و با مصرف آب کمتر، میزان مصرف آب را تا حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش داد.

در دوره آینده در تمامی شهرستان‌ها میزان مصرف آب در کشت ذرت در منطقه مورد مطالعه افزایشی بود (شکل ۵۲) که دلیل اصلی آن افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در طول فصل رشد (شکل ۵۱) بود. این در حالی است که طول دوره رشد ذرت (روز تا گلدهی) در اکثر شهرستان‌های مورد مطالعه در سناریوهای تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه کاهش ۲۰-۳۰ درصدی داشت (شکل ۵۱).



شکل ۵۱. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) روز تا گلدهی (دو رقم زودرس و دیررس) ذرت در دوره آینده برای دو سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۵۲. میزان مصرف آب ذرت (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای دو سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی.

همانگونه که پیش‌تر نیز اشاره شد از میان راهکارهای ارائهشده برای کاهش مصرف آب و رسیدن به پایداری تولید در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، انتخاب گونههای با نیاز آبی کمتر و نیز ارقام سازگارتر با منطقه که بتوانند آب کمتری مصرف کنند، بسیار حائز اهمیت است. یکی از محصولاتی که ضمن تناسب بالای محیطی با محدوده مطالعاتی به دلیل نیاز آبیاری پایین می‌تواند به واسطه حضور در الگوی کشت محدوده مطالعاتی در کنار گندم و یا جایگزینی با محصولات پرمصرف (مانند چغندرقند، یونجه و سبزی و صیفی) تامین‌کننده کاهش قابل توجه در مصرف آب کشاورزی نیز باشد، کلزا است. موضوع حضور این محصول در الگوی کشت در محدوده مطالعاتی با گروه‌های کارشناسی مستقر در سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی و شرقی و همچنین مدیریت‌های جهاد کشاورزی نیز مطرح و تمامی آنها حضور این محصول را در صورت رفع موانع توسعه‌ای آن، اعم ازمسائل فنی مناسب

و زیرساختی مثبت ارزیابی کرده‌اند. مهم‌ترین چالش‌های عنوان‌شده از سوی کارشناسان استانی و شهرستانی در زمینه توسعه این محصول در محدوده مطالعاتی عبارتند از:

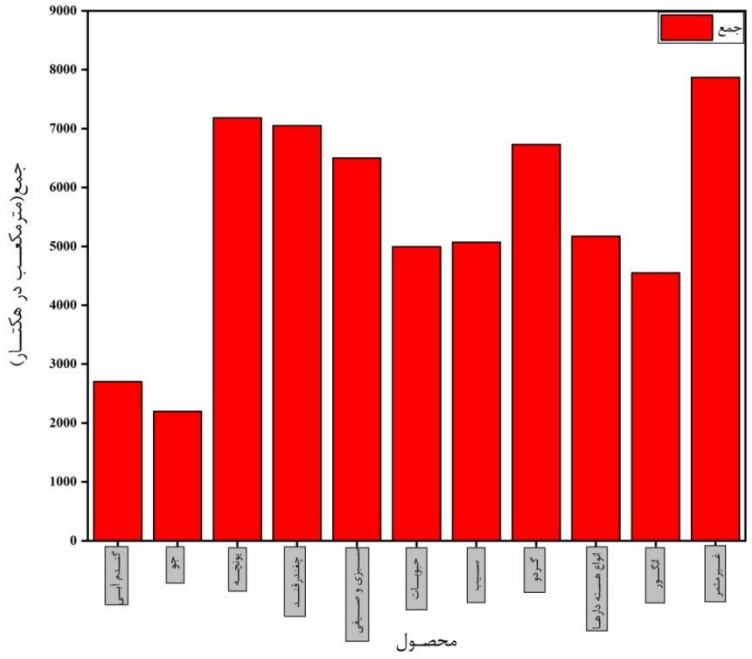
- ✓ **نکات فنی:** عدم آشنایی کافی کشاورزان با تقویم زراعی این محصول، به‌ویژه زمان برداشت
- ✓ **نکات زیرساختی:** کمبود ادوات مخصوص برداشت (به خصوص هد برداشت) و نبود کارخانه‌های روغن‌کشی در حد پذیرش تولید این محصول.

نتایج این پروژه همچنین نشان داد که بارندگی‌های تجمعی طول فصل گندم و کلزا حدود دو سوم تبخیر و تعرق یعنی نیاز آبی گیاه است؛ به عبارت دیگر بخش عمده‌ای از نیاز آبی گیاهی را می‌توان از طریق بارندگی‌های طول فصل رشد تامین کرد و از این نظر نیازی به آب آبی یا همان تخلیه سفره‌های زیرزمینی نیست. برای نمونه، از ۴۱۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گندم زودرس در طول فصل رشد، حدود ۲۸۴ میلی‌متر آن را می‌توان از بارندگی‌ها تامین کرد که اتکای سیستم به آب سبز و پایداری تولید را نشان می‌دهد. در خصوص کلزای زودرس و دیررس هم همین روند مشاهده شد؛ به عنوان مثال، از ۴۲۶ و ۴۸۹ میلیمتر تبخیر و تعرق طول فصل رشد برای دو رقم زودرس و دیررس، حدود ۲۹۷ میلی‌متر آن از طریق بارندگی‌های تجمعی در طول فصل رشد تامین شده است. از این رو به نظر می‌رسد گذار به محصولات پاییزه به جای بهاره و تابستانه یکی از راهکارهای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است.

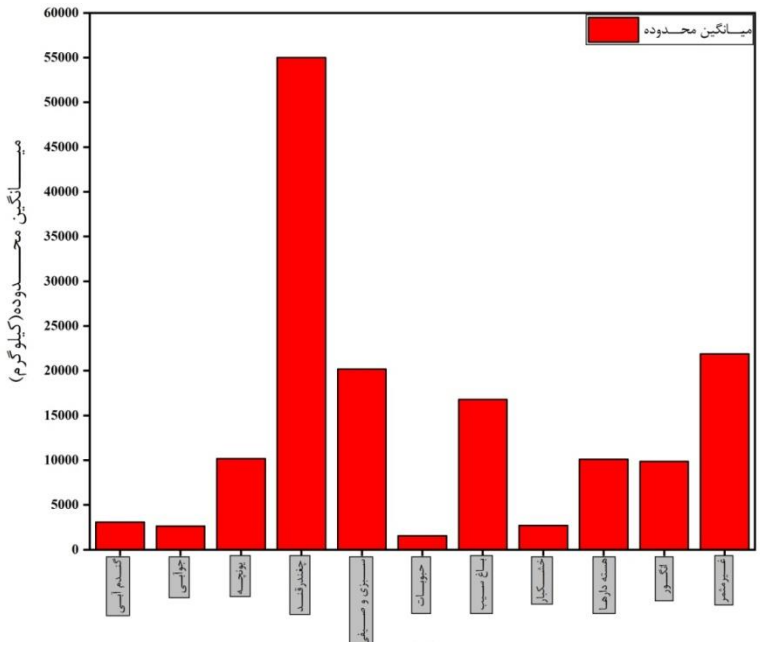
این موضوع به ویژه برای شرایط اقلیمی آینده نیز حائز اهمیت است؛ نتایج این پروژه نشان می‌دهد بارندگی‌ها برای سال ۲۰۵۰ روند کاهشی خواهد داشت. به عنوان مثال این بارندگی‌ها در گندم از ۲۸۴ میلی‌متر در دوره پایه به میانگین ۲۷۰ میلی‌متر برای هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه کاهش یافته است. برای کلزا نیز این عدد از ۲۹۷ میلی‌متر در دوره پایه به ۲۸۶ میلی‌متر تقلیل پیدا کرده است.

چنانچه نیاز خالص آبیاری محصولات زیر کشت در حوضه دریاچه را بر اساس الگوی کشت فعلی بررسی کنیم (شکل ۵۲ و ۵۳)، مشاهده می‌شود که از میان محصولات زراعی و باغی زیر کشت، تنها دو گیاه گندم و جو هستند که هم سطح زیر کشت بالایی دارند و هم نیاز آبی بسیار کمتری در مقایسه با سایر محصولات. به طور مثال، گندم و جو به ترتیب ۲۷۰۰ و ۲۲۰۰ مترمکعب در هکتار نیاز خالص آبیاری داشته‌اند، در حالی که در محصولات یونجه، چغندرقند، سبزی و صیفی، گردو و سایر محصولات مصرف آب بالای ۶ هزار مترمکعب در هکتار برآورد شده است. گندم و جو عمده فصل رشد خود را در زمستان و اوایل بهار می‌گذرانند که ضمن مناسب بودن شرایط اقلیمی به ویژه دما، از بارندگی‌های طول فصل رشد هم بهره می‌برند؛ در حالی که چغندرقند، یونجه و دیگر محصولات رشد فعال خود را بعد از

بهار و در طول تابستان سپری می‌کنند که علاوه بر بالا بودن دما افزایش سرعت تبخیر و تعرق، به دلیل نبود بارندگی‌ها در این فصول عمده نیاز آبی گیاهان از چاه‌ها و بعضاً از رودخانه‌های جاری تامین می‌شود. بر این اساس، یک راه حذف یا کاهش سطح زیر کشت این گیاهان از الگوی کشت جاری است. با این حال کارشناسان اذعان دارند که با توجه به سیاست‌های کلان ملی و منطقه‌ای در زمینه حذف این محصولات (مثلاً چغندرقند) از الگوی کشت آتی، و با توجه به هدف طرح مبنی بر ارایه الگوی گیاهان کم‌مصرف، آزاد شدن نیروی کار در الگوی پیشنهادی گریزناپذیرخواهد بود؛ لذا لازم است تا برنامه‌ریزی‌های لازم جهت اشتغال این نیروها انجام شود. بنابراین جنبه‌های اجتماعی این موضوع قابل توجه است که باید توسط متخصصان مربوط به آن پرداخته شود.

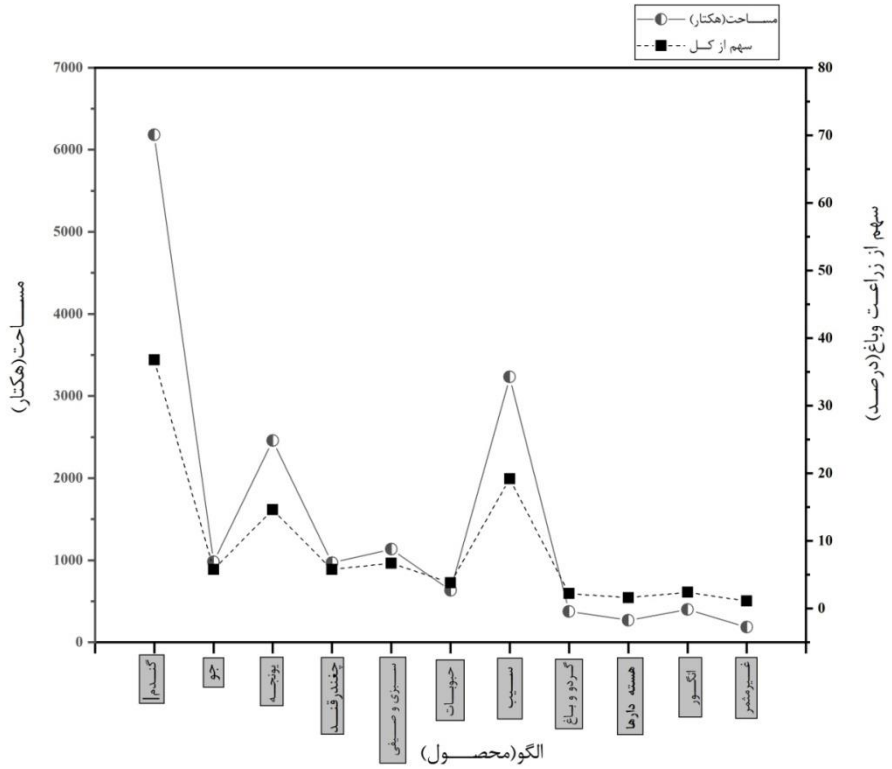


شکل ۵۲. نیاز خالص آبیاری محصولات در الگوی کشت فعلی در بخشی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۵۳. میانگین عملکرد محصولات مختلف در منطقه مورد مطالعه

راهکار دوم برای کاهش مصرف آب آبیاری بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، جایگزینی محصولات پاییزه و امکانسنجی کاشت همین محصولات در فصل پاییز با شرط عدم وجود سرمازدگی است. به طور مثال، چغندرقند را که یک گیاه آبی پر مصرف است و سطح زیر کشت نسبتاً بالایی هم در الگوی کشت فعلی منطقه دارد (شکل ۵۱) میتوان به صورت پاییزه در مناطقی که زمستانهای معتدل‌تر دارند کشت کرد. در چنین شرایطی، استفاده از محصولات پاییزه به جای بهاره جذاب است، زیرا شرایطی ایجاد می‌کند که می‌توان از هدررفت انرژی پرهیز کرد. گیاهانی که به عنوان محصولات پاییزه کشت می‌شوند (مانند کلزای روغنی و غلات پاییزه و اخیراً چغندرقند پاییزه) در پاییز کشت و در سال بعد برداشت می‌شوند.



شکل ۵۴. الگوی کشت فعلی در بخشی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه

محصولات پاییزه پیش از ورود به دورهٔ زمستان، شاخص سطح برگ قابل‌توجهی توسعه می‌دهند که باعث می‌شود دریافت تشعشع خورشیدی در بهار سال بعد بسیار ساده شود. درنتیجه و با وجود آن که غلات و کلزای پاییزه زودتر از رقم‌های بهاره میرسند، اما تیپهای پاییزه معمولاً ۳۰-۲۰٪ عملکرد بیشتری نسبت به تیپ‌های بهاره دارند. بر همین اساس، کاشت چغندرقند پاییزه نیز می‌تواند عملکرد و کارایی تولید بیشتری داشته باشد. شواهد حکایت از آن دارد سبز کردن چغندرقند پاییزه بهتر و مناسب‌تر از انواع بهاره است. همان گونه که انتظار می‌رود، سطح برگ چغندر قند پاییزه نیز بسیار بیشتر است؛ تحقیقات نشان داده است که وزن خشک برگ چغندرقند پاییزه در ماههای آذر و خرداد (به ترتیب ۲-۱ و ۱۰-۴ تن در هکتار) بسیار بیشتر از چغندرهای بهاره در خرداد (۴-۲ تن در هکتار) است. درنتیجه، چغندر قند پاییزه در طول مرحله اولیهٔ دورهٔ رشد خود تشعشع بیشتری دریافت می‌کند.

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از بارش‌ها

در طول دوره رشد و کارآیی بیشتر مصرف آب در زراعت چغندرقند پاییزه است. این موضوع هنگامی اهمیت بیشتری می‌یابد که در حوضه آبریز دریاچه ارومیه آب عامل اصلی محدودکننده کشاورزی قلمداد می‌شود. به جز موارد خاص که بارندگی‌های بهاره به جوانه زدن و استقرار گیاه کمک می‌کند، مراحل اصلی رشد چغندرقند بهاره در تابستان صورت می‌گیرد و گیاه تقریباً در تمام دوره رشد خود (از مرحله جوانه‌زنی تا برداشت) نیازمند آبیاری است؛ این درحالی است که دوره اصلی رشد چغندرقند پاییزه در پاییز و زمستان انجام می‌شود و قسمتی از نیاز آبی گیاه از طریق بارندگی تأمین می‌گردد. از آنجا که نحوه توزیع بارش در مناطق مختلف حوضه عموماً به نحوی است که حدود سه چهارم بارش سالانه در دو فصل پاییز و زمستان روی میدهد، بنابراین کشت پاییزه چغندرقند این امکان را دارد که بخشی از نیاز آبی خود را از طریق بارندگی‌های منطقه تأمین کند. این موضوع در نهایت به کاهش میزان مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آن در خصوص تولید شکر در محصول چغندرقند پاییزه منجر می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که محصول پاییزه و بهاره چغندرقند به ازای مصرف یک مترمکعب آبِ آبیاری به ترتیب معادل ۸۵۳ و ۵۳۲ گرم شکر تولید می‌کند.

نکته دیگری که باید خاطر نشان کرد این که با توجه به این که دامداری و دامپروری یکی از فعالیتهای مهم در محدوده مطالعاتی بوده و بخش قابل توجهی از نیاز علوفه‌ای فعلی در منطقه نیز از یونجه و جو تامین میشود، لذا حضور این دو گونه در شرایط آتی نیز باید در کنار گندم و کلزا مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر آن یونجه به دلیل تثبیت نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک، در افزایش بهره‌وری از منابع خاک منطقه کمک قابل‌توجهی خواهد نمود. بررسی روند تغییرات سطح زیرکشت محصولات زراعی در ۱۰ سال گذشته (۹۵-۱۳۸۶) در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهدکه سهم محصولاتی مانند چغندرقند و یونجه در ترکیب کشت به تدریج در حال افزایش بوده است. وجود کارخانجات قند و درآمد نسبتاً بالای حاصل از کشت این محصولات از جمله دلایل اصلی توسعهٔ کشت این محصولات در محدوده مطالعاتی در سال‌های پیش بوده است که ضروری است بر اساس سیاست‌های جدید و ضمن در نظر گرفتن منافع کشاورزان، تداوم حمایت از کشت محصولاتی از این دست مورد تجدیدنظر و بازنگری قرار گیرد.

۴

بررسی وضعیت اگرو اقتصادی حوضه به منظور تعیین هزینه و درآمد خالص محصولات کشاورزی

گزارش اقتصاد کشاورزی حاضر مشتمل بر دو بخش است. در بخش اول سعی شده است، بر اساس آمار و اطلاعات گزارش‌ها و مستندات موجود، برخی از شاخص‌های اقتصاد تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، و همچنین ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات مختلف کشاورزی حوضه برآورد شود. در فصل ۴ در بخش نخست به ترسیم سیمای اقتصادی و بررسی وضع موجود اگرواقتصادی حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه پرداخته خواهد شد (بندهای ۱-۴ الی ۶-۴). در بخش دوم شاخص‌های کلان اقتصاد آب حوضه براورد و محاسبه و استخراج می‌شود. این برآوردها تصویری روشن از وضعیت سودآوری و مزیت رقابتی محصولات مختلف در واحد سطح و همچنین بازدهی اقتصادی آب در کشت هر یک از محصولات حوضه به دست می‌دهد. بدین طریق، مبنایی برای تصمیم‌گیری در خصوص تغییرات الگوی کشت و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به معیشت و اشتغال بخش کشاورزی در شرایط اعمال سیاست‌های کاهش تخصیص و مصرف آب به دست می‌دهد. در ادامه این فصل و نیز در فصل ۵ (تعیین شرایط بهینه با توجه به بالاترین درآمد خالص با درنظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب)، یک الگوی برنامه‌ریزی (هنجاری) چند هدفی برای تعیین الگوی کشت پایدار و مبتنی بر اصول اقتصاد اکولوژیک توسعه داده شده است به طوری که بتواند با تکیه بر اصول اساسی کارایی، برابری و پایداری، الگوی کشت بهینه را ارائه نماید.

نتایج حاصل از این مدل‌سازی، در واقع پاسخ به این پرسش است که "تحت اهداف و آرمان‌های مورد تعقیب (در این طرح: کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، حفظ معیشت کشاورزان و...)، و محدودیت‌های موجود، الگوی کشت بهینه در منطقه **چه باید باشد**. به عبارت دیگر، نتیجهٔ حاصل از این تحلیل، یک الگوی کشت تجویزی برای منطقه است که دستیابی به آن، نیازمند اعمال و کاربست یک مجموعه از سیاست‌ها و اقدامات عملی است. با این حال، این الگوی هنجاری، از قابلیت لازم برای تحلیل اثربخشی سیاست‌ها و اقدامات مختلف در راه رسیدن به الگوی مطلوب برخوردار نیست و لازم است برای این منظور از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شود. به بیان دیگر، لازم است آثار راهکارها و سیاست‌های پیشنهادی مختلف بر الگوی کشت، وضعیت معیشتی کشاورزان، اشتغال روستایی و مصرف آب بررسی شود. نتایج حاصل از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، در واقع پاسخ به این پرسش است

که چنان‌چه یک اقدام یا سیاست خاص برای مثال برای کاهش مصرف آب بهکار گرفته شود، الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان **چه خواهد شد**.

۴-۱ بررسی شاخص‌های کلان اقتصادی بخش کشاورزی حوضه

۴-۲ تبیین جایگاه بخش کشاورزی حوضهٔ آبریز ارومیه در اقتصاد منطقه و کشور

۴-۳ بررسی ساختار اقتصادی بخش کشاورزی حوضه

۴-۴ جمعیت و اشتغال در بخش روستایی و کشاورزی حوضه (سهم از کل اشتغال، بهره‌وری نیروی کار، ترکیب اشتغال)

۴-۵ سرانه و منابع درآمد روستائیان و معیشت کشاورزان، سرانهٔ زمین

۴-۶ بررسی روند تحولات اقتصاد کشاورزی حوضه

توضیح: از آنجا که مطالب بندهای ۴-۱ الی ۴-۶ به‌هم‌پیوسته و متوالی است که مجموعاً سیمای اقتصاد کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را به تصویر می‌کشد، این ۶ سرفصل به طور متوالی ارائه شده و از یکدیگر تفکیک نشده است.

برای ترسیم سیمای کلی از وضعیت اگرواقتصادی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه که موضوع مورد بحث در بندهای ۴-۱ الی ۴-۶ شرح خدمات قرارداد حاضر است، و بر اساس شرح خدمات موجود که مقرر است اطلاعات مورد استناد در این گزارش از مستندات موجود در ستاد احیاء برگرفته باشد، برای تدوین این بندها از اطلاعات ۲ گزارش که از سوی ستاد احیاء دریاچه ارومیه در اختیار مجری قرار گرفت استفاده شده است:

۱- گزارش نهایی طرح «راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی برای محدودهٔ میاندوآب» (مجری: مشاور یکم)

۲- وزارت نیرو. ۱۳۹۱. مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس، ارومیه، تالش- تالاب انزلی، سفیدرود بزرگ، سفیدرود- هراز، هراز- قره‌سو، گرگانرود و اترک. جلد چهاردهم: گزارش

مطالعات اقتصادی حوضه آبریز ارومیه. معاونت آب و آبفا، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. مرداد ۱۳۹۱ (کد: ۲۳۸۵۰۷۰-۲۰۶۰-۱۸۹۷۲).

اگر ارجاعات و تاریخ گزارش‌ها مربوط به سال‌های گذشته است به دلیل فقدان اطلاعات به‌روزتر در ستاد احیاء بوده است. طبیعتاً صحت و سقم اطلاعات، داده‌ها و آماره‌ها بر عهدهٔ مجریان محترم گزارش‌های فوق‌الذکر است.

سیمای اقتصادی حوضه آبریز

بخش‌هایی از مساحت ۵ استان کشور و بخشی از دریاچه ارومیه در حوضه آبریز ارومیه واقع است. لازم به ذکر است که صرفاً بخش کوچکی از مساحت دو استان زنجان و اردبیل در این حوضه قرار دارد که فاقد مراکز جمعیتی است (جدول ۱). تولید ناخالص داخلی این حوضه در سال ۱۳۸۵ حدود ۹۹/۹۸ میلیارد ریال بوده است. این مقدار ۴/۱ درصد تولید ناخالص کل کشور بوده است. جدول ۱ سهم هر یک از استان‌ها از مساحت، جمعیت و تولید ناخالص داخلی حوضه و همچنین سهم حوضه را در موارد فوق از محدوده مطالعاتی و کل کشور ارائه می‌دهد.

- ✓ سرانه تولید ناخالص داخلی حوضه ارومیه در سال ۱۳۸۵ معادل ۲۰/۲ میلیون ریال بوده که حدود ٪۹۶ متوسط سرانه محدوده مطالعات و ٪۶۰ متوسط سرانه کل کشور است.
- ✓ با توجه به شکل ۱ بخش خدمات بیشترین سهم (٪۵۸) را در تولید ناخالص داخلی حوضه در سال ۱۳۸۵ داشته است. سهم بخش کشاورزی و صنعت به ترتیب ۱۵ و ٪۲۷ است.

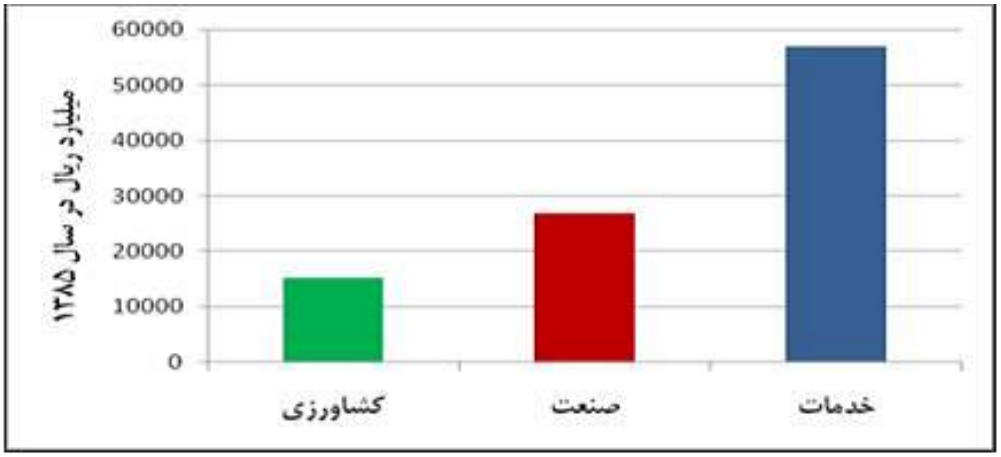
جدول ۱. سهم برخی شاخص‌های اقتصادی حوضهٔ آبریز ارومیه (اقتباس از وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

ارقام: درصد/ سال: ۱۳۸۵

شرح		سهم از مساحت حوضه	سهم از جمعیت حوضه	سهم از ارزش افزوده
سهم استان‌ها از حوضه	آذربایجان‌شرقی	۳۸/۹	۵۴/۳	۶۳
	آذربایجان‌غربی	۴۱/۸	۴۱/۴	۳۴
	کردستان	۱۰/۲	۴/۳	۳
	زنجان	۰/۰۴	–	–
	اردبیل	۰/۱	–	–
سهم حوضه از محدوده مطالعاتی		۲۲/۹	۲۹/۹	۲۸/۶
سهم حوضه از کل کشور		۳/۲	۷	۴/۱

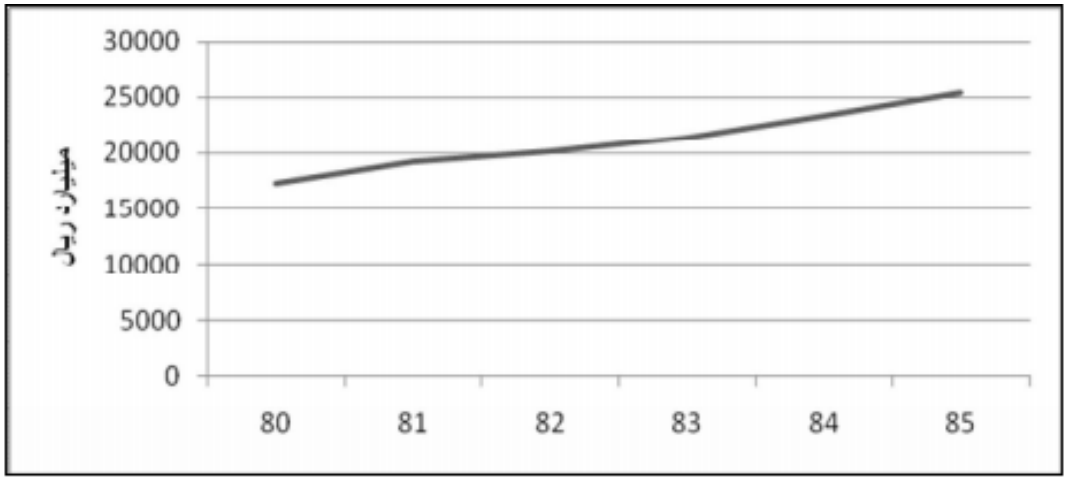
ماخذ: مرکز آمار ایران– محاسبات مشاور

کل محدودهٔ مطالعات شامل حوضه‌های ارس، ارومیه، تالش- تالاب انزلی، سفیدرود بزرگ، سفیدرود- هراز، هراز- قره‌سو، گرگانرود و اترک است.



شکل ۱ تولید ناخالص داخلی حوضهٔ آبریز ارومیه به تفکیک بخش‌های اقتصادی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

شکل ۲ روند تولید ناخالص داخلی حوضه را طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است تولید ناخالص داخلی حوضه با یک شیب ملایم در طی سال‌های مورد بررسی افزایش یافته است. متوسط نرخ رشد سالانه تولید ناخالص داخلی حوضه طی دوره مطالعه معادل ٪۸ محاسبه شده که از متوسط نرخ رشد مشابه در کل کشور (۹/۹ درصد) کمتر است.



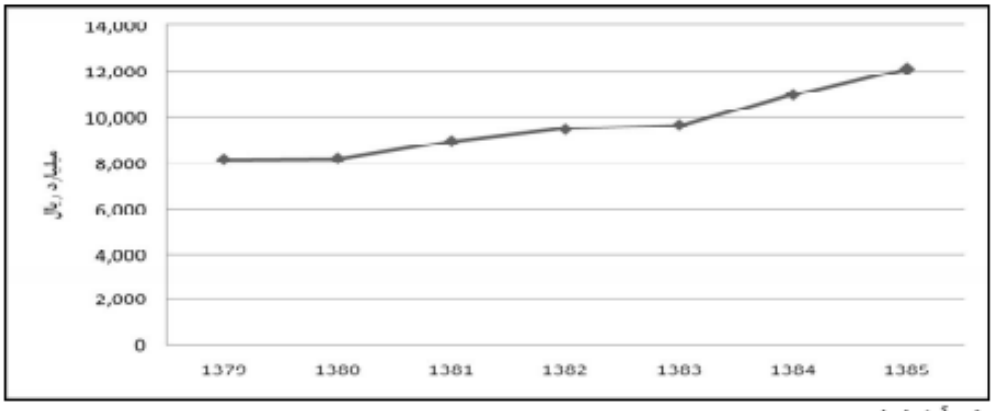
شکل ۲. روند تغییرات تولید ناخالص داخلی حوضه ارومیه به قیمت ثابت (سال ۱۳۷۶) (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).

روند تغییرات تولید ناخالص داخلی برای استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی نیز به عنوان استان‌های شاخص حوضهٔ ارومیه در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات تولید ناخالص داخلی استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی افزایشی بوده

است. جدول ۲ نرخ رشد تولید ناخالص داخلی استان‌های شاخص حوضه ارومیه را در مقاطع مختلف زمانی و مقایسه آن را با شاخص مشابه هدف‌گذاری‌شده در برنامه چهارم ارائه می‌دهد.

ماخذ : مرکز آمار ایران

شکل ۳. روند تغییرات تولید ناخالص داخلی آذربایجان شرقی به قیمت ثابت (سال ۱۳۷۶) (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).



ماخذ : مرکز آمار ایران

شکل ۴. روند تغییرات تولید ناخالص داخلی آذربایجان غربی به قیمت ثابت (سال ۱۳۷۶) (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).

جدول ۲ . نرخ رشد تولید ناخالص داخلی استان‌های شاخص در حوضه ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

واحد: درصد

شرح	آذربایجان‌شرقی	آذربایجان‌غربی
سال‌های ۸۲-۱۳۷۹	۶/۱	۵/۲
دو سال اول برنامه چهارم (۸۴ و ۸۵)	۶	۱۲
هدف‌گذاری برنامه چهارم	۸/۱	۹

ماخذ: مرکز آمار ایران- محاسبات مشاور

جدول فوق موید آن است که استان آذربایجان شرقی نسبت به هدف برنامه عقب بوده و استان آذربایجان غربی از هدف برنامه جلوتر بوده است.

سرانه ارزش افزوده شاغلان در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات در دو استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۵ در جدول ۳ ارائه شده است. از آنجا که بخش کشاورزی بیشترین سهم را در مصرف آب به خود اختصاص می‌دهد، در ادامه، روند تغییرات تولید ناخالص داخلی این بخش و همچنین سهم ارزش افزوده زراعت آبی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۳. سرانهٔ ارزش افزودهٔ شاغلان بخش‌های مختلف اقتصادی در استان‌های شاخص حوضهٔ ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال :۱۳۸۵– ارقام : میلیون ریال

شرح	آذربایجان‌شرقی	آذربایجان‌غربی
کشاورزی	۴۵	۳۸
صنعت	۶۴	۴۰
خدمات	۹۳	۷۷

ماخذ: مرکز آمار ایران– محاسبات مشاور

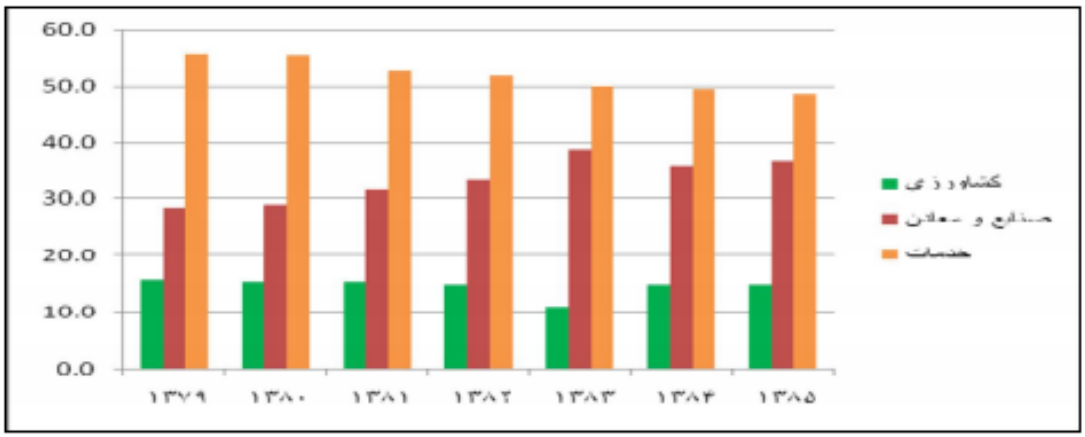
جدول ۴ سهم ارزش افزوده استان‌های مورد بررسی را از کل کشور نشان می‌دهد؛ همان‌طور که ملاحظه می‌شود سهم ارزش افزوده استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی از کل کشور در سال ۸۵ نسبت به سال ۷۹ کاهش یافته است. شکل‌های ۵ و ۶ سهم بخش‌های عمده اقتصادی در ارزش افزوده استان‌های مورد بررسی را طی سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۸۵ ارائه کرده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در استان‌های مورد بررسی بخش خدمات بیشترین سهم را در ساختار اقتصادی این استان‌ها دارد. در تولید ارزش افزوده، استان آذربایجان شرقی در بخش صنعت و استان آذربایجان غربی در بخش کشاورزی در رتبه دوم قرار دارد.

جدول ۴. سهم ارزش افزودهٔ استان‌های شاخص حوضه ارومیه از ارزش افزوده کل کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

ارقام: درصد

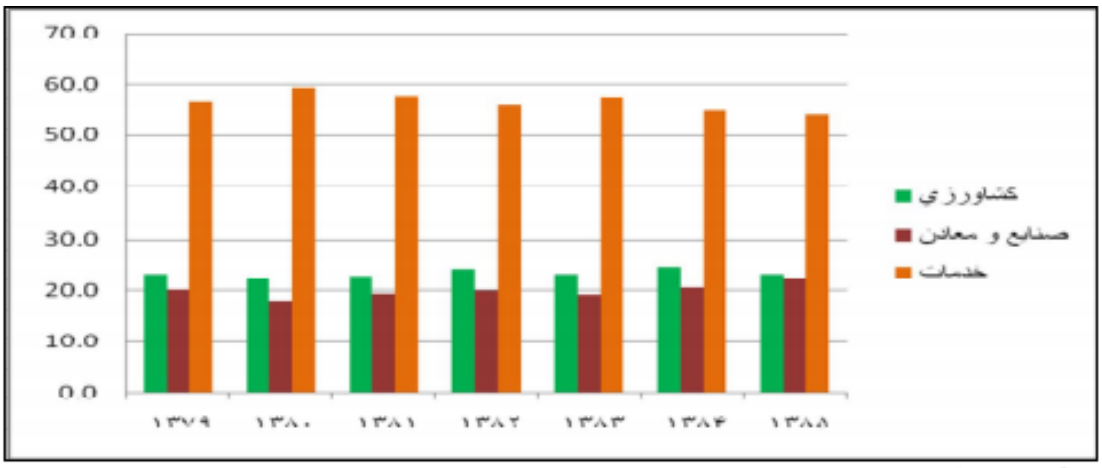
سال	آذربایجان‌شرقی	آذربایجان‌غربی
۱۳۷۹	۴.۰	۲/۲
۱۳۸۰	۴.۰	۲/۲
۱۳۸۱	۴.۰	۲/۱
۱۳۸۲	۳.۸	۲
۱۳۸۳	۳.۸	۱/۹
۱۳۸۴	۳.۵	۱/۹
۱۳۸۵	۳.۵	۲

مأخذ: مرکز آمار ایران



مأخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۵. سهم بخش‌های عمده اقتصادی در ارزش افزوده استان آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



مأخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۶. سهم بخش‌های عمده اقتصادی در ارزش افزوده استان آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

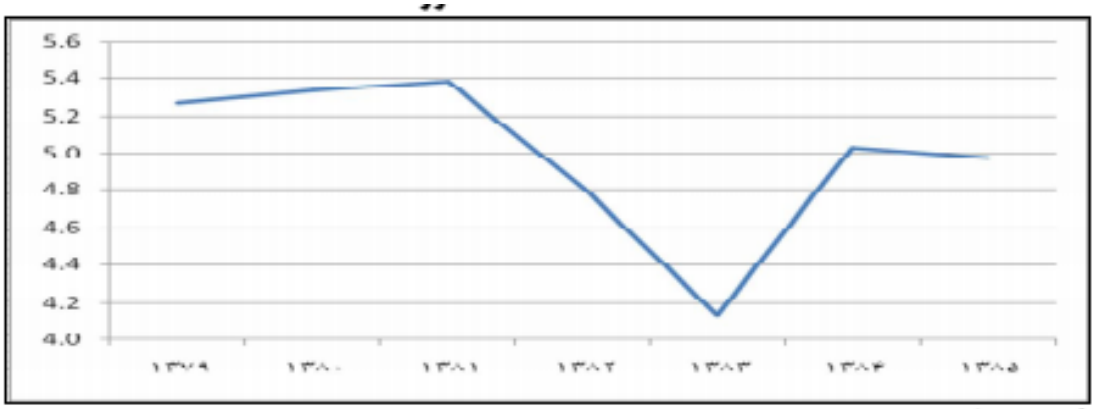
جدول ۵ تغییرات سهم بخش‌های مختلف را در دو مقطع زمانی ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ نشان می‌دهد. از آنجا که بخش کشاورزی بیشترین سهم را در مصرف آب به خود اختصاص می‌دهد، در ادامه، روند تغییرات تولید ناخالص داخلی این بخش و همچنین سهم ارزش افزوده زراعت آبی مورد بررسی قرار می‌گیرد. شکل ۷ و ۸ روند تغییرات سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی استان‌های مورد بررسی را از سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی کل کشور نشان می‌دهد.

جدول ۵. تغییرات سهم بخش‌های مختلف ارزش افزوده استان‌های شاخص حوضه ارومیه در دو مقطع زمانی ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

ارقام :درصد

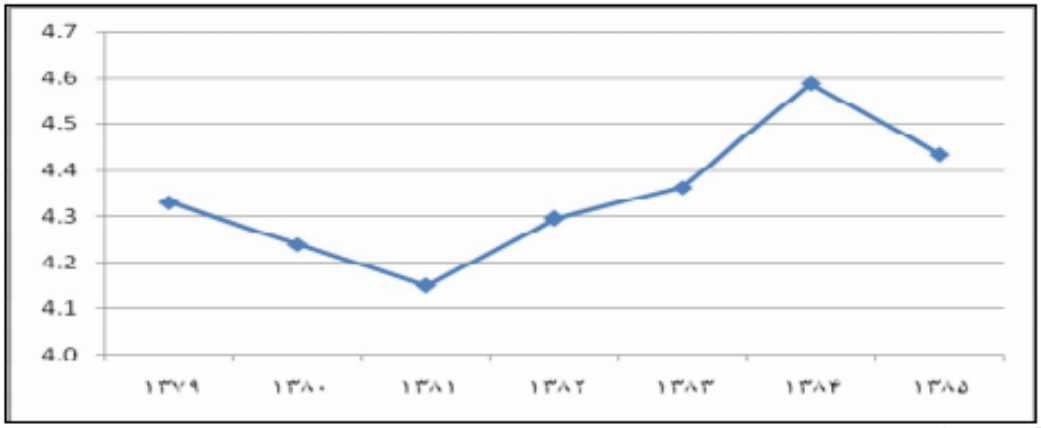
سال	آذربایجان‌شرقی	آذربایجان‌غربی
کشاورزی	-۱/۱	۰
صنعت	۸/۱	۲/۳
خدمات	-۷/۰	-۲/۳

مأخذ: مرکز آمار ایران



مأخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۷. سهم ارزش افزوده کشاورزی آذربایجان شرقی از ارزش افزوده کشاورزی کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



مأخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۸. سهم ارزش افزوده کشاورزی آذربایجان غربی از ارزش افزوده کشاورزی کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

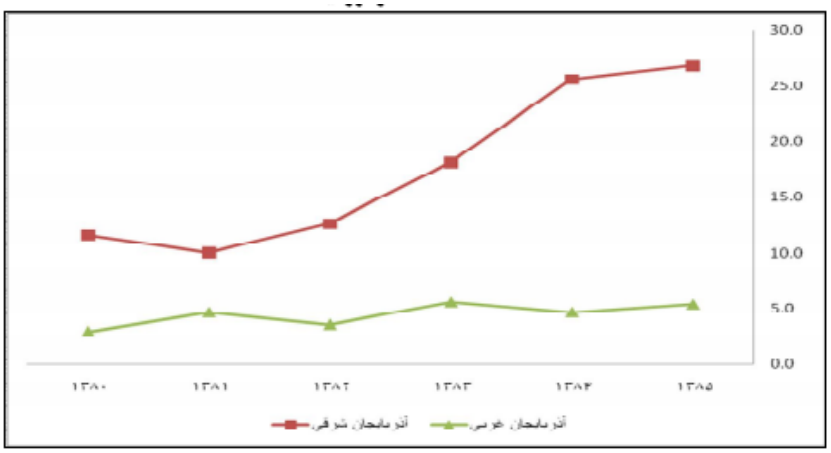
شاخص انتشار کربن یک شاخص بین‌المللی است که جهت مقایسه میـزان انتشار کربن از سوخت‌های فسیلی و غیر فسیلی در کشورهای مختلف به کار می‌رود، بـه ایـن معنـی کـه هـر چقدر کشوری برای تولید برق، از سوخت‌های غیرفسیلی بیشتری استفاده کند، شاخص انتشار کربن آن کشـور کمتر است. این شاخص، یک شاخص ترکیبی از گازهای CO_2، CO و CH_4 بوده و اهمیت ایـن شـاخص در رابطه با نیروگاه‌های برقابی به علت تولید متان است. میزان انتشار کربن از بخش‌های مختلف مصـرف‌کننـده انرژی در دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه در جـدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. میزان انتشار کربن در فعالیت‌های غالب در استان‌های شاخص حوضه ارومیه در سال ۱۳۸۵ (ارقام: تن؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

نام استان	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	انرژی آبی	بادی و خورشیدی	جمع	سهم از کل حوضه آبریز مورد بررسی	سهم از کل کشور (درصد)
آذربایجان‌شرقی	۱۳۶۵۶۲۴	۱۱۲۴۰۸	–	–	۲۹۱	–	۱۴۷۸۳۲۳	۲۷	۵
آذربایجان‌غربی	–	۴۴۷۹۲	۲۵۱۱۵۵	–	۲۵	–	۲۹۵۹۷۲	۵/۳۷	۱

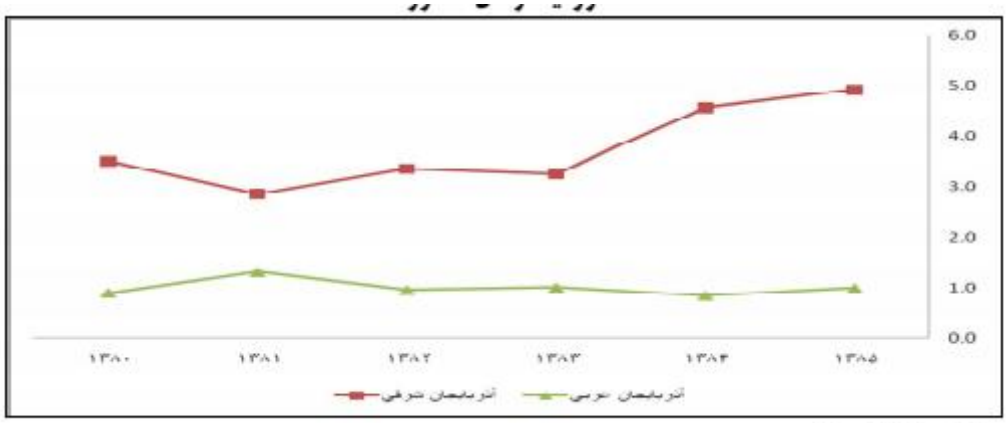
ماخذ: ترازنامه انرژی ۱۳۸۵– محاسبات مشاور.

شکل‌های ۹ و ۱۰ به ترتیب روند تغییرات سهم انتشار کربن حاصل از انرژی تولیدی استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه در محدوده حوضه آبریز دریای مازندران و ارومیه و کل کشور را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که سهم انتشار کربن حاصل از انرژی تولیدی برقآبی استان‌های مورد بررسی از انتشار کربن کل استان بسیار ناچیز است.



ماخذ: محاسبات مشاور.

شکل ۹. روند تغییرات سهم انتشار کربن استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه از حوضه آبریز دریای مازندران و ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



ماخذ: محاسبات مشاور.

شکل ۱۰. روند تغییرات سهم انتشار کربن استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه از کل کشور

اقتصاد کشاورزی

وسعت زیر حوضه ارومیه حدود ۵۱۸۰۱ کیلومتر مربع بوده که حدود ۶۴/۶ درصد آن را مناطق کوهستانی و ۲۱/۱ درصد آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و ۱۴/۳ درصد باقیمانده را سطح دریاچه ارومیه تشکیل می‌دهد، در این محدوده دشت‌ها و کوهپایه‌ها غالباً در نواحی اطراف دریاچه و محیط مشرف برآن قرار گرفته‌اند؛ در این میان تنها دشت سراب- بستان‌آباد که در حد فاصل بین کوه‌های سهند و سبلان قرار داشته همراه با دشت‌های کم‌وسعتی که در مناطق جنوبی و غربی بین ارتفاعات وجود دارد به دریاچه متصل نیستند.

منابع آب سطحی این حوضه را تعداد زیادی رودخانه بزرگ و کوچک که در منطقه به سوی دریاچه جریان داشته و طول آنها نیز از ۲۰ کیلومتر در مسیرهای شمال دریاچه تا ۲۶۰ کیلومتر در آجی‌چای متغیر است تشکیل می‌دهد. از مهم‌ترین این رودخانه‌ها می‌توان به زولاچای و رودخانه سرخلان اشاره کرد که از ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه سرچمشه گرفته و در مسیر غرب به شرق قبل از ورود به دریاچه به‌هم می‌پیوندند. به همین ترتیب رودخانه‌های نازلوچای که بخشی ازآبریز آن از خاک ترکیه سرچشمه گرفته و با شاخه‌های کوچکی که به آن می‌پیوندد از غرب وارد دریاچه ارومیه می‌شود.

در محدوده مطالعاتی زیر حوضه ارومیه سطحی معادل ۱۳۰۹۲۳۷ هکتار به اراضی کشاورزی اختصاص یافته است. از این میزان اراضی کشاورزی حدود ۳۹/۶ درصد معادل با ۵۱۸۴۶۷ هکتار به اراضی آبی و ۶۰/۴ درصد از اراضی معادل با ۷۹۰۷۷۰ هکتار به اراضی دیم اختصاص می‌یابد. در اراضی فاریاب بیشترین وسعت تحت کشت به کشت غلات (گندم و جو) اختصاص دارد که سطحی حدود ۱۸۳۰۰۱ هکتار، معادل با ۴۴/۱ درصد از اراضی آبی را در برمی‌گیرد. پس از آن زراعت گیاهان علوفه‌ای با حدود ۱۰۲۸۲۴ هکتار معادل با ۲۴/۸ درصد از اراضی زراعی فاریاب را شامل می‌شود. از کل اراضی آبی موجود حدود ۱۰۳۴۸۰ هکتار به باغات اختصاص داشته و مقادیر آیش سالانه مزارع آبی حدود ۵۸۶۰۶ هکتار یا معادل ۱۴/۱ درصد مزارع فاریاب است.

از کل ۷۹۰۷۷۰ هکتار دیم‌زار موجود در این منطقه ۷۸۹۹۶۳ هکتار به صورت زراعی مورد بهره‌برداری قرار داشته و سطح اندکی از آن معادل ۸۰۷ هکتار به باغات اختصاص دارد. با توجه به آیش‌گذاری سالانه اراضی در سطح حدود ۲۱۳۶۹۴ هکتار، بیش از ۵۷۶۲۶۹ هکتار اراضی دیم معادل با حدود ۷۳٪ تحت کشت سالانه قرار دارد. عمده زراعت رایج در دیم‌زارهای موجود همچون سایر نقاط کشور غلات بوده و کشت گندم و جو در این محدوده سطحی حدود ۴۲۵۰۳۷ هکتار یا معادل با

۷۳/۷ درصد از اراضی دیم تحت کشت سالانه را به خود اختصاص داده است. در بیش از ۱۲۶۷۷۴ هکتار معادل با حدود ۲۲٪ از اراضی مذکور کشت حبوبات متداول است. با توجه به نیازهای دامی منطقه، سالانه حدود ۱۳۶۶۰ هکتار از دیم‌زارها به کشت گیاهان علوفه‌ای اختصاص می‌یابد. در این اراضی کشت سایر گیاهان، همچون صیفی‌جات دیم، کلزا، آفتابگردان و غیره نیز متداول است. هزینه و درآمد محصولات مختلف در زیرحوضهٔ آبریز ارومیه در جدول ۷ نشان داده شده است. بر اساس آماره‌های این جدول کل درآمد ناخالص کشاورزی حوضه ارومیه در سال ۱۳۸۵حدود ۸۷۷۲ میلیارد ریال است که پس از کسر هزینه‌های تولید (حدود ۲۶۷۵ میلیارد ریال)، درآمد خالص حدود ۶۰۹۷ میلیارد ریال بوده است.

جدول ۷. هزینه و درآمد محصولات مختلف در حوضهٔ ارومیه در سال ۱۳۸۵ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

نوع محصول	سطح کشت (هکتار)	ارزش ناخالص تولید	جمع هزینه تولید	ارزش خالص تولید
گندم آبی	۱۵۵۶۶۰	۱۲۱۵۲۳۲	۲۷۴۸۸۳	۹۴۰۳۴۹
جو آبی	۲۷۳۳۹	۱۳۶۳۶۳	۳۷۶۷۱	۹۸۶۹۲
شالی	۴	۵۶	۲۱	۳۴
ذرت دانه‌ای آبی	۳۷۹	۳۹۳۴	۷۸۵	۳۱۴۸
چغندرقند	۲۲۶۵۷	۵۱۱۱۲۶	۱۰۶۱۸۸	۴۰۴۹۳۷
لوبیا آبی	۷۷۸۶	۵۰۴۶۱	۲۰۳۳۵	۳۰۱۲۶
کلزا آبی	۱۲۳۹	۹۳۱۲	۱۶۳۸	۷۶۷۴
کلزا دیم	۲۱۳۵	۵۸۰۵	۲۴۵۴	۳۳۵۱
یونجه آبی	۱۰۳۲۱۲	۷۵۲۳۸۰	۴۱۶۸۴۳	۳۳۵۵۳۷
سیب زمینی آبی	۱۷۸۶۸	۴۵۰۲۵۵	۱۶۸۰۶۲	۲۸۲۱۹۴
توتون آبی	۵۰	۷۲۰	۲۶۸	۴۵۲
گوجه فرنگی آبی	۱۰۳۱۶	۲۶۷۵۳۹	۶۲۶۷۸	۲۰۴۸۶۲
گوجه فرنگی دیم	۵۵۴۹	۲۰۷۷۸	۱۴۵۶۵	۶۲۱۳
گندم دیم	۳۶۴۹۵۰	۹۰۸۱۳۱	۴۵۴۸۴۳	۴۵۳۲۸۸
جو دیم	۶۰۰۸۶	۹۹۶۴۴	۵۵۹۹۲	۴۳۶۵۲
ذرت دانه‌ای دیم	۴	۱۳	۵	۸
نخود دیم	۹۹۶۵۹	۲۱۵۷۰۲	۱۱۷۴۸۶	۹۸۲۱۷

نوع محصول	سطح کشت (هکتار)	ارزش ناخالص تولید	جمع هزینه تولید	ارزش خالص تولید
عدس دیم	۲۷۱۱۵	۷۴۰۲۴	۳۷۷۲۳	۳۶۳۰۱
خیارآبی	۳۵۰۶	۳۶۹۱۹	۱۶۸۴۱	۲۰۰۷۹
خیار دیم	۳۰۱۶	۱۱۲۴۳	۷۸۱۶	۳۴۲۷
یونجه دیم	۱۳۶۶۲	۳۱۳۹۳	۲۳۸۰۲	۷۵۹۱
سیب زمینی دیم	۱۴	۷۱	۶۴	۸
نباتات آجیلی آبی	۶۴۰۳	۱۰۲۴۴۸	۱۰۵۸۹	۹۱۸۵۹
نباتات آجیلی دیم	۷۹	۵۱۶	۱۰۳	۴۱۳
سیب	۵۶۹۳۸	۱۷۶۷۳۰۳	۳۶۱۲۷۲	۱۴۰۶۰۳۱
انگور آبی	۳۶۸۹۴	۶۴۱۱۵۶	۱۹۷۴۲۱	۴۴۳۷۳۵
گیلاس	۵۳۰۷	۱۵۸۸۹۰	۳۸۳۱۵	۱۲۰۵۷۵
هلو	۲۲۴۳۸	۵۰۲۶۱۱	۱۱۸۷۷۴	۳۸۳۸۳۷
گردو	۱۱۶۳۰	۴۰۴۲۸۸	۴۲۱۸۴	۳۶۲۱۰۳
بادام دیم	۱۹۱۱	۷۶۴۴	۴۰۷۷	۳۵۶۷
انگور دیم	۹۹۷	۵۵۸۳	۳۱۹۹	۲۳۸۴
انارآبی	۱۳۷۶۳	۳۶۱۵۱۱	۷۲۳۵۴	۲۸۹۱۵۷
اناردیم	۵۶۳	۲۵۳۴	۲۰۱۹	۵۱۴
باغات غیرمثمرآبی	۸۵۳۶	۱۶۲۹۶	۴۱۰۲	۱۲۱۹۴
جمع	۱۰۹۱۶۶۷	۸۷۷۱۸۷۹	۲۶۷۵۳۷۰	۶۰۹۶۵۰۹

ماخذ: مطالعات کشاورزی- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

در جدول ۸ سهم هزینه آب از کل هزینه‌های تولید محصولات زراعی طی دوره بررسی در استان‌هـای شاخص و در حوضه آبریز ارومیه نشان داده شده است. بر اساس این جدول متوسط سهم هزینه آب در هزینه‌های تولید زراعی در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و در حوضه مورد مطالعه طی دوره مورد بررسی به ترتیب ۱۴، ۶ و ۱۰٪ است. درصد سهم هزینه آب در حوضه از متوسط وزنی سطح محصولات زراعی آبی در استان‌های واقع در حوضه نسبت به کل سطح زراعی آبی در حوضه محاسبه شده است.

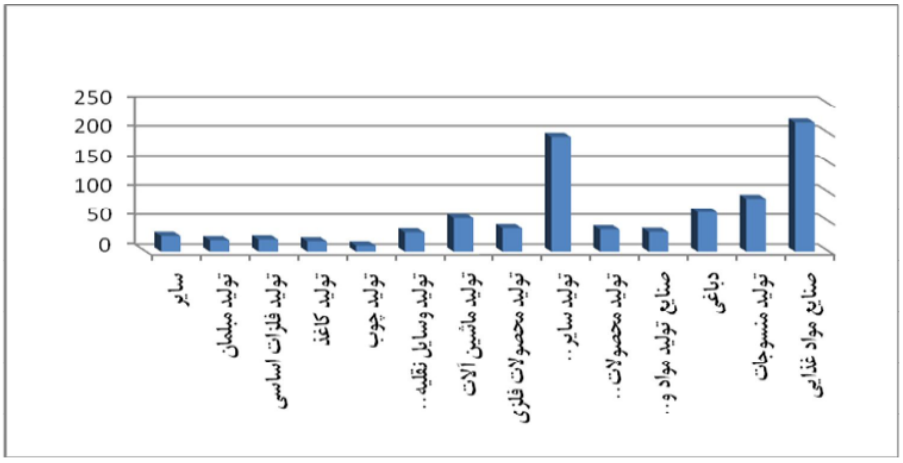
جدول ۸. سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید محصولات زراعی در استان‌های شاخص حوضهٔ ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	آذربایجان شرقی	آذربایجان غربی	زیر حوضه ارومیه
۷۹	۱۳	۹	۱۱
۸۰	۱۴	۷	۱۰
۸۱	۱۸	۷	۱۲
۸۲	۱۳	۷	۱۰
۸۳	۱۱	۵	۸
۸۴	۱۳	۴	۸
۸۵	۱۲	۵	۹

ماخذ: وزارت جهاد کشاورزی- اطلاعات هزینه تولید محصولات کشاورزی.

اقتصاد صنایع

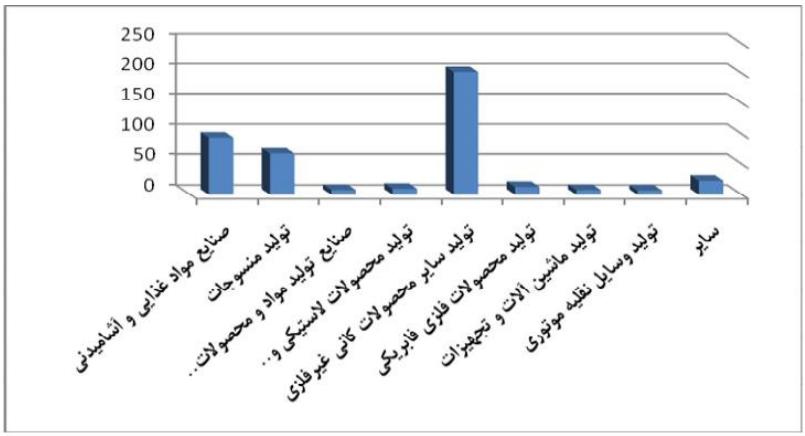
بر اساس آخرین گزارش طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، ۸۷۸ کارگاه صنعتی در استان آذربایجان شرقی دائر است که ۸۳۴ واحد (۹۵٪) به صورت خصوصی مدیریت می‌شوند. شکل ۱۱ ترکیب کارگاه‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی بیشترین سهم را دارند.



ماخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۱۱. ترکیب کارگاه‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

در استان آذربایجان غربی نیز ۴۳۵ کارگاه صنعتی دائر است که ۴۱۶ واحد (۹۶٪) به صورت خصوصی مدیریت می‌شود. شکل ۱۲ ترکیب کارگاه‌های صنعتی استان آذربایجان غربی را نشان می‌دهد؛ همان‌طور که ملاحظه می‌شود، صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی، صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و صنایع منسوجات بیشترین سهم را دارند.



ماخذ: مرکز آمار ایران

شکل ۱۲. ترکیب کارگاه‌های صنعتی استان آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

اشتغال

در مجموع ۵۸۵۹۷ نفر در کارگاه‌های استان آذربایجان شرقی مشغول به کار هستند (جدول ۹). خلاصه اطلاعات گردآوری‌شده در مورد وضعیت اشتغال صنعت در این استان عبارت است از:

- ✓ از کل شاغلان، ۲۰٪ در بخش غیرتولیدی و خدماتی فعالیت می‌کنند.
- ✓ ۱۱٪ از شاغلان را زنان تشکیل می‌دهند.
- ✓ ۸۹٪ شاغلان در بخش خصوصی فعالیت می‌کنند.
- ✓ ۹۷٪ از شاغلان باسواد هستند.

در مجموع ۱۸۰۷۴ نفر در کارگاه‌های استان آذربایجان غربی مشغول به کار هستند (جدول ۹). خلاصه اطلاعات گردآوری‌شده در مورد وضعیت اشتغال صنعت در این استان عبارت است از:

- ✓ از کل شاغلان، ۲۳٪ در بخش غیرتولیدی و خدماتی فعالیت می‌کنند.
- ✓ ۱۱٪ از شاغلان را زنان تشکیل می‌دهند.
- ✓ ۹۰٪ شاغلان در بخش خصوصی فعالیت می‌کنند.

✓ ۹۶٪ از شاغلان باسواد هستند.

جدول ۹. شاغلان تولیدی و غیر تولیدی کارگاه‌های صنعتی بر حسب جنس و فعالیت در سال ۱۳۸۵ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

استان	کل شاغلان			شاغلان تولیدی			شاغلان غیرتولیدی		
	جمع	مرد	زن	جمع	مرد	زن	جمع	مرد	زن
آذربایجان‌شرقی	۵۸۵۹۷	۵۲۰۷۵	۶۵۲۲	۴۶۹۹۶	۴۲۰۳۳	۴۹۶۳	۱۱۶۰۱	۱۰۰۴۲	۱۵۵۹
آذربایجان‌غربی	۱۸۰۷۴	۱۶۰۰۳	۲۰۷۱	۱۳۹۶۶	۱۲۲۴۸	۱۷۱۷	۴۱۰۹	۳۷۵۵	۳۵۴

ماخذ: مرکز آمار ایران

سرمایه‌گذاری

یکی از مهم‌ترین عوامل در فرایند رشد و توسعه اقتصادی کشورها، سرمایه است. در مفهوم سرمایه، تعاریف مختلفی از جمله تشکیل سرمایه ناخالص، سرمایه‌گذاری (تشکیل سرمایه ثابت ناخالص)، موجودی سرمایه، ارزش تغییرات موجودی انبار، نهاده سرمایه، استهلاک و غیره وجود دارد. تشکیل سرمایه ناخالص، عبارت است از ارزش کل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، تغییر موجودی انبار و خالص ارزش اشیای گرانبها. در این تعریف تشکیل سرمایه ثابت ناخالص عبارت است از هزینه خریداری کالاهای سرمایه‌ای توسط بخش خصوصی، تولیدکنندگان خدمات دولتی و تولیدکنندگان خدمات خصوصی غیرانتفاعی در خدمت خانوارها منهای خالص فروش کالاهای سرمایه‌ای دست دوم و قراضه در طول یک دوره حسابداری که معمولاً یک سال است. تغییر موجودی انبار معادل است با افزایش یا کاهش ارزش موجودی کالاها در پایان سال نسبت به ارزش موجودی در آغاز سال. تغییر موجودی انبار از عناصر تشکیل‌دهنده تشکیل سرمایه ناخالص است.

لازم به ذکر است که برای انجام محاسبات اقتصادی، مانند برآورد توابع تولید و محاسبات بهره‌وری لازم است از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (سرمایه‌گذاری)، استهلاک انباشته در طول زمان استخراج گردد و ارزش موجودی سرمایه محاسبه شود. جدول ۱۰ آماره‌های تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و ارزش تغییرات در موجودی انبار در استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. آماره‌های سرمایه‌گذاری در کارگاه‌های صنعتی استان‌های شاخص حوضه ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

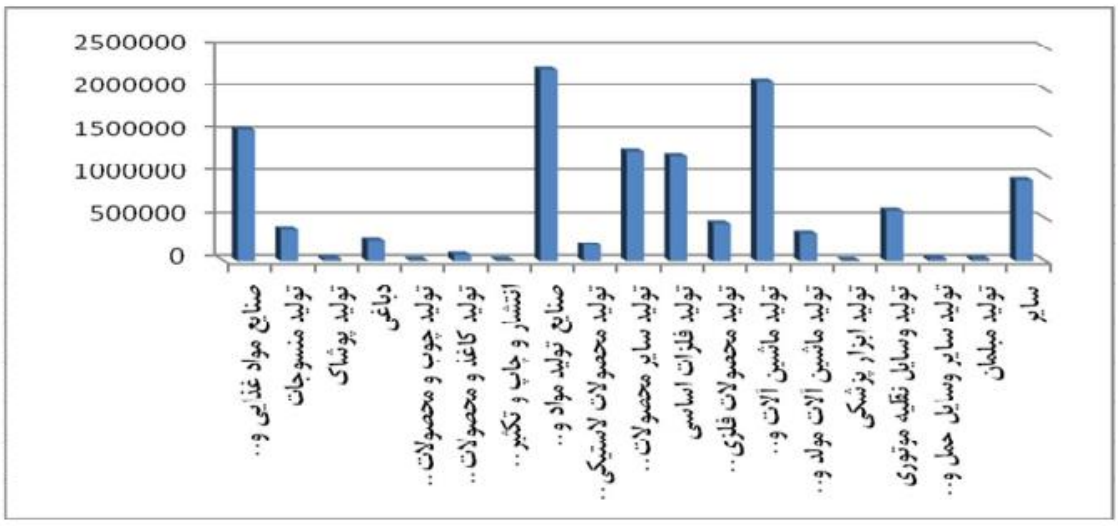
ارقام: میلیون ریال- سال برآورد: ۱۳۸۵

استان	تعداد کارگاه‌های صنعتی	تشکیل سرمایه	
		تشکیل سرمایه ثابت ناخالص	ارزش تغییرات موجودی انبار
آذربایجان‌شرقی	۸۷۸	۹۲۰۲۲۸	۱۸۷۹۴۲۶
آذربایجان‌غربی	۴۳۵	۷۱۳۹۳۹	۶۰۹۸۱۹

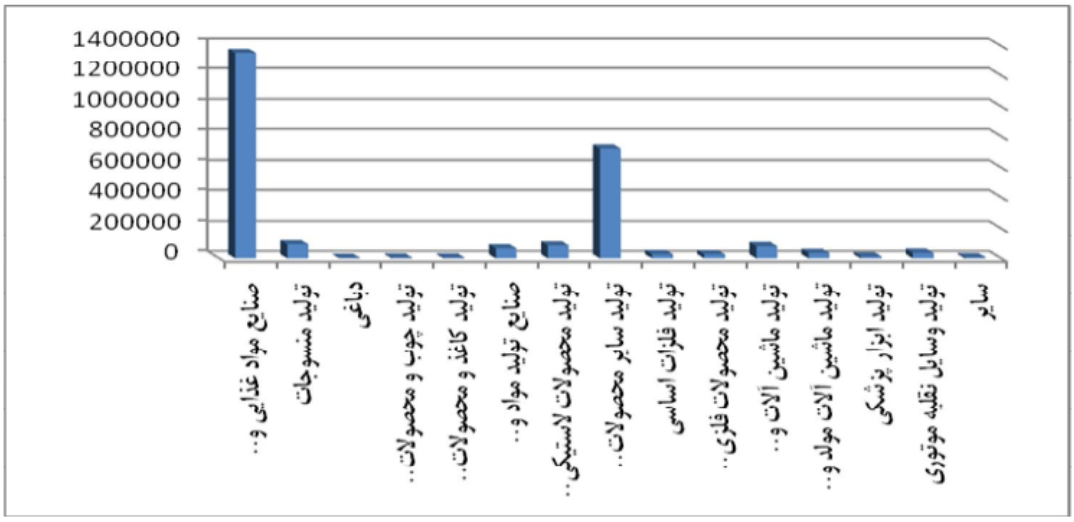
ماخذ: مرکز آمار ایران

ارزش افزوده

بر اساس اطلاعات مرکز آمار در سال ۱۳۸۵، مجموع ارزش افزوده بخش صنعت در استان آذربایجان شرقی حدود ۱۱۶۹۲ میلیارد ریال و در استان آذربایجان غربی حدود ۲۵۵۲ میلیارد ریال بوده است. همان‌طور که در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ ملاحظه می‌شود، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی بیشترین سهم را در ارزش افزوده بخش صنعتی آذربایجان شرقی و صنعت تولید مواد غذایی بیشترین سهم را در ارزش افزوده بخش صنعتی آذربایجان غربی دارد. منظور از سایر صنایع، کلیه فعالیت‌های صنعتی است که در گزارش نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، جزو طبقه‌بندی کدهای صنعتی قرار نگرفته و به عنوان ردیف سایر ذکر شده است.



شکل ۱۳. ارزش افزودهٔ صنایع مختلف در آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



شکل ۱۴. ارزش افزودهٔ صنایع مختلف در آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

کل آب مورد نیاز صنایع موجود در استان آذربایجان شرقی ۵۸/۹ میلیون متر مکعب است که حدود ۴۱٪ آن خریداری می‌گردد. کل آب مورد نیاز صنایع موجود در آذربایجان غربی ۲۶ میلیون متر مکعب است که حدود ۴٪ آن خریداری می‌گردد.

درآمد و هزینه خانوار

جدول ۱۱ متوسط هزینه و درآمد یک خانوار شهری و روستایی در حوضه ارومیه و مقایسه آن را با محدوده مطالعاتی و کل کشور نشان می‌دهد[1]. همان‌طور که ملاحظه می‌شود:

- ✓ متوسط درآمد سالانه یک خانوار شهری در حوضه مورد بررسی حدود ٪۹۳ رقم مشابه در محدوده مطالعاتی و ٪۸۷ کل کشور است.
- ✓ متوسط هزینه سالانه یک خانوار شهری حدود ٪۹۶ رقم مشابه در محدوده مطالعاتی و ٪۹۰ کل کشور است.
- ✓ متوسط درآمد سالانه یک خانوار روستایی در حوضه مورد بررسی حدود ٪۱۰۳ رقم مشابه در محدوده مطالعاتی و ٪۱۱۱ کل کشور است.

۱- لازم به ذکر است که اطلاعات مرکز آمار ایران در این مورد در سطح استان است و تعمیم آن به سطح حوضه دقیق نیست، اما برای ارائه ارقام مقایسه‌ای با توجه به سهم جمعیت شهری و روستایی واقع در حوضه متوسط وزنی ارقام در نظر گرفته شده است.

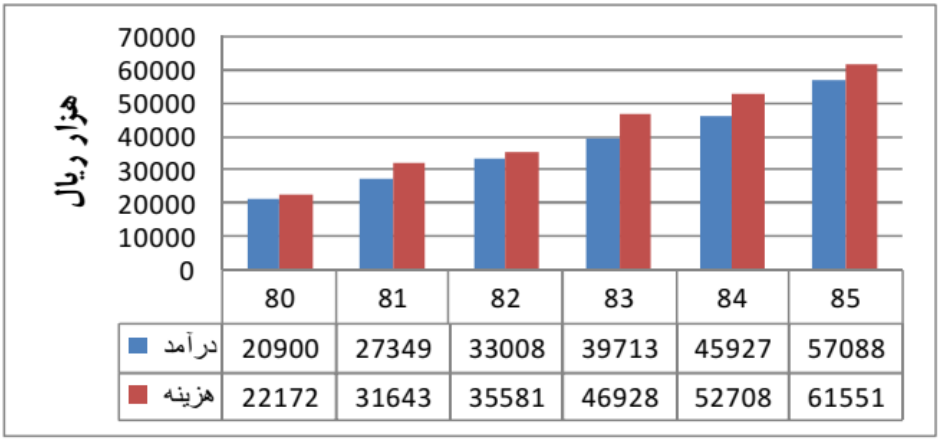
✓ متوسط هزینه سالانه یک خانوار روستایی در حوضه مورد بررسی حدود ٪۹۹ رقم مشابه محدوده مطالعاتی و ٪۱۰۶ کل کشور است.

جدول ۱۱. متوسط هزینه و درآمد (هزار ریال) یک خانوار شهری و روستایی در حوضهٔ ارومیه در سال ۱۳۸۵ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

	شرح	حوضه ارومیه	محدوده مطالعاتی	کل کشور
شهری	متوسط درآمد سالانه	۵۷۰۸۸	۶۱۴۵۱	۶۵۵۱۰
	متوسط هزینه سالانه	۶۰۳۷۰	۶۲۸۲۱	۶۷۲۸۶
	نسبت هزینه به درآمد	۱۰۵/۷	۱۰۲/۲	۱۰۲/۷
	نسبت هزینه غیرخوراکی به کل هزینه	۷۵	۷۴/۸	۷۷/۴
روستایی	متوسط درآمد سالانه	۴۳۴۹۳	۴۲۰۵۰	۳۹۱۲۹
	متوسط هزینه سالانه	۴۳۹۰۶	۴۴۴۷۲	۴۱۵۷۰
	نسبت هزینه به درآمد	۱۰۰/۹	۱۰۵/۸	۱۰۶/۲
	نسبت هزینه غیرخوراکی به کل هزینه	۶۳/۲	۶۰/۸	۶۲/۷

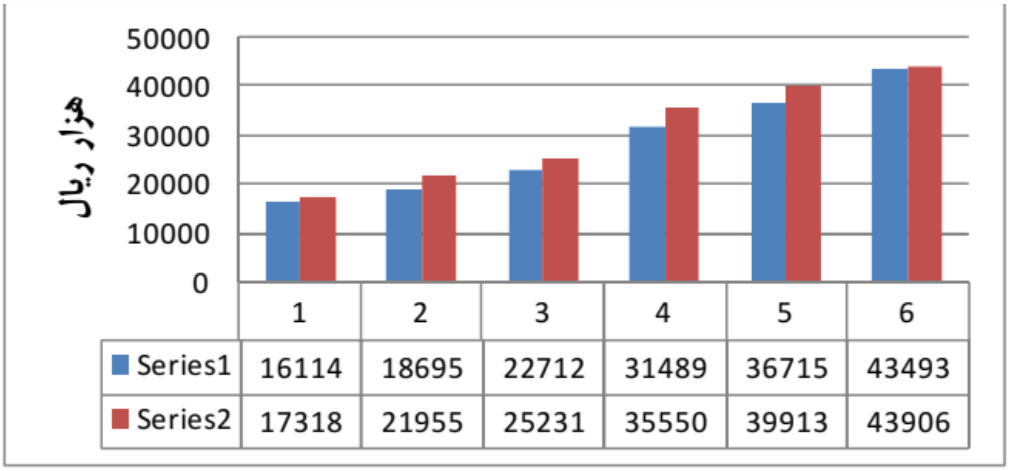
ماخذ: مرکز آمار ایران- محاسبات مشاور

شکل‌های ۱۵ و ۱۶ روند تغییرات درآمدها و هزینه‌های خانوار شهری و روستایی را طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۵ نشان می‌دهد. نسبت هزینه غیر خوراکی به کل هزینه در خانوارهای شهری و روستایی استان‌های واقع در محدوده حوضه آبریز ارومیه که در پایان برنامه چهارم (سال ۱۳۸۸) هدف‌گذاری شده در جدول ۱۲ نشان داده شده است. مقایسه ارقام متوسط وزنی این جدول با ارقام ارائه‌شده در جدول ۱۱، یعنی ۷۵ و ٪۶۳ نشان‌دهندهٔ فاصله حدود ٪۶ تا دستیابی به هدف برنامه است.



ماخذ: مرکز آمار ایران و محاسبات مشاور

شکل ۱۵. روند درآمد و هزینهٔ یک خانوار شهری طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).



ماخذ: مرکز آمار ایران و محاسبات مشاور

شکل ۱۶. روند درآمد و هزینهٔ یک خانوار روستایی طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).

جدول ۱۲. نسبت هزینه غیر خوراکی به کل هزینه شهری و روستایی (هدف‌گذاری‌شده در برنامه چهارم توسعه) (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

استان	نسبت هزینه غیرخوراکی به کل هزینه شهری	نسبت هزینه غیرخوراکی به کل هزینه روستایی
آذربایجان‌شرقی	۸۲	۶۵
آذربایجان‌غربی	۸۰	۷۰
اردبیل	۷۵	۶۸
زنجان	۸۰	۶۸
کردستان	۷۹	۶۳
متوسط وزنی در حوضه آبریز ارومیه	۸۱	۶۷

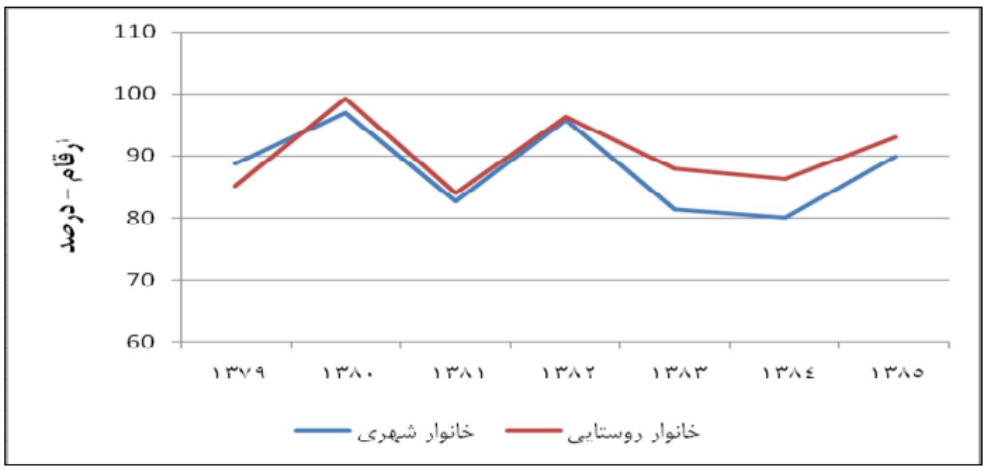
ماخذ: مرکز آمار ایران- محاسبات مشاور

برای تعیین سهم هزینه آب در سبد خانوارهای شهری و روستایی به شکل زیر عمل شده است:

- ✓ درآمد آب شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی (شامل آب بهاء و آبونمان) در سال ۱۳۸۵ به ترتیب معادل هزینه‌های آب خانوارهای شهری و روستایی در نظر گرفته شده است.

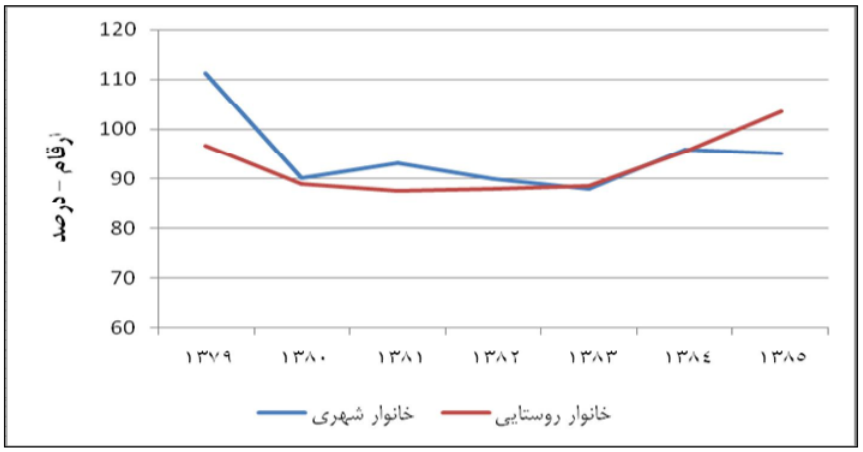
- ✓ با توجه به ضریب دسترسی هر استان به آب شهری و روستایی، سرانه هزینه هر نفر محاسبه شده است.
- ✓ با توجه به جمعیت شهری و روستایی استان‌های واقع در حوضه کل هزینه آب محاسبه و با توجه به تعداد خانوار در حوضه هزینه آب هر خانوار محاسبه شده است.
- ✓ سهم هزینه آب از تقسیم میزان هزینه آب به هزینه خانوار محاسبه شده است.

با توجه به روش فوق سهم هزینه آب در سال ۱۳۸۵ از هزینه خانوارهای شهری و روستایی به ترتیب برابر است با ۰/۳۲ و ۰/۱۰ درصد. شایان ذکر است که به دلیل فقدان اطلاعات کافی و همچنین ناچیز بودن رقم، امکان ارائه روند در این بررسی ممکن نشده است. برای محاسبه سهم آب بها در کل هزینه ها و ارزش ناخالص تولید (درآمد) آب‌بران (کشاورزان) به این صورت عمل شد که ابتدا با استفاده از اطلاعات سند بودجه شرکت‌های آب منطقه‌ای، از تقسیم کل درآمد به کل اراضی زیرکشت، آب‌بها برای هر هکتار به دست آمد. سپس با استفاده از اطلاعات بانک هزینه تولید وزارت جهاد کشاورزی، متوسط هزینه تولید و ارزش ناخالص تولید محصولات زراعی هر استان در هکتار محاسبه گردید. در نهایت از تقسیم جداگانه آب‌بها محاسبه‌شده بر هر کدام از اقلام، سهم آب‌بها در هزینه تولید و سهم آب‌بها در درآمد آب‌بران به دست آمد. سپس این اطلاعات استانی بر اساس میانگین‌گیری وزنی (بر اساس سطح زیر کشت آبی) به حوضه آبریز تعمیم داده شد. بر این اساس سهم هزینه آب از تولید ناخالص و هزینه‌های تولید کشاورزان (در سطح یک هکتار) در حوضه آبریز ارومیه به ترتیب عبارت است از ۲/۹ و ۵/۳٪. شکل‌های ۱۷ و ۱۸ تغییرات نسبت درآمد به هزینه خانوار روستایی و شهری استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه را طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ نشان می‌دهد.



ماخذ: محاسبات مشاور

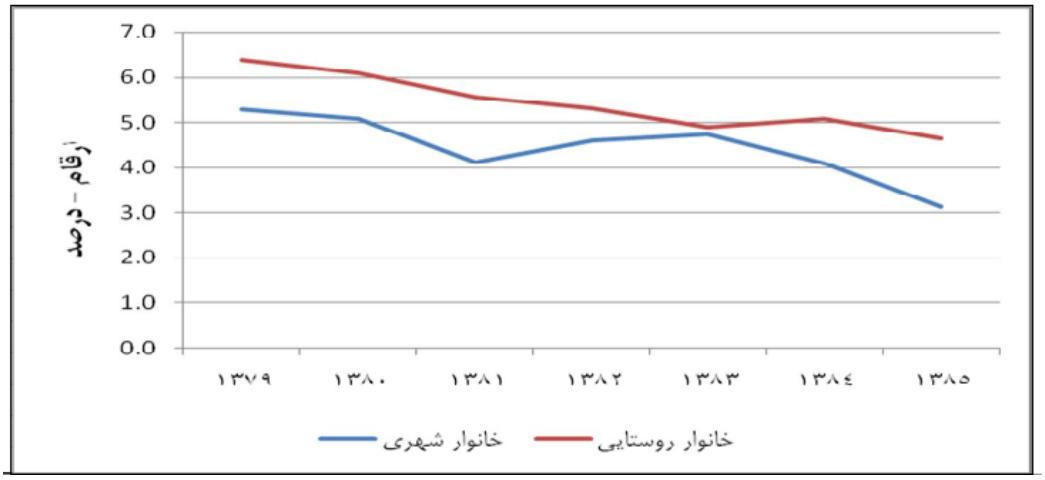
شکل ۱۷. تغییرات نسبت درآمد به هزینه یک خانوار شهری و روستایی در آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



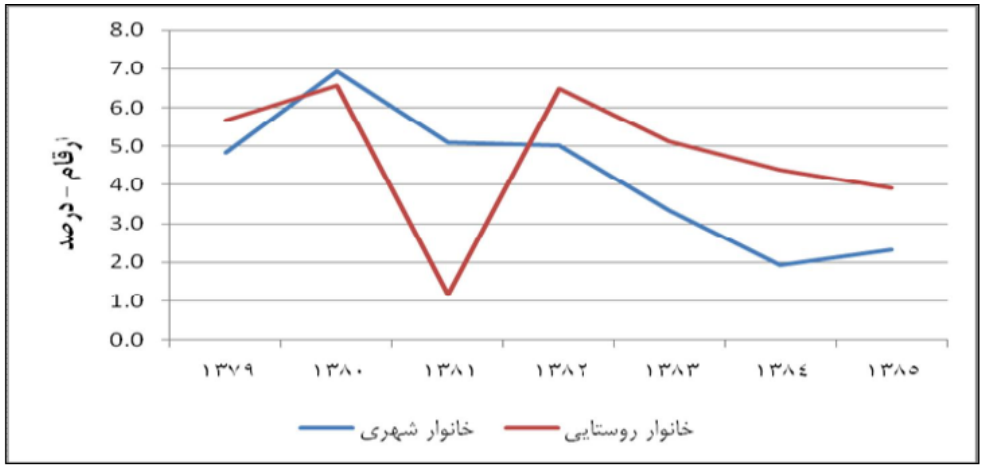
ماخذ: محاسبات مشاور

شکل ۱۸. تغییرات نسبت درآمد به هزینه یک خانوار شهری و روستایی در آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سهم هزینه آب، سوخت و روشنایی منزل مسکونی از درآمدهای خانوار شهری و روستایی استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود سهم هزینه سه قلم آب، سوخت و روشنایی در استان آذربایجان شرقی طی دوره بررسی کاهشی بوده، اما سهم آن در درآمد روستایی بیشتر از شهری بوده است. همچنین سهم این هزینه‌ها در درآمد شهری استان آذربایجان غربی کاهشی بوده، اما در درآمد روستایی از روند مشخصی پیروی نکرده است.



شکل ۱۹. سهم هزینهٔ آب، سوخت و روشنایی منزل مسکونی از درآمد یک خانوار شهری و روستایی در آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)



ماخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۰. سهم هزینهٔ آب، سوخت و روشنایی منزل مسکونی از درآمد یک خانوار شهری و روستایی در آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

برآورد بهره‌وری اقتصادی

از آنجا که اطلاعات مکفی به منظور برآورد بهره‌وری اقتصادی در ابعاد حوضه‌ای در اختیار نیست، ناگزیر از اطلاعات موجود که در قالب تقسیمات استانی فراهم شده، استفاده شده است. همانطور که در جدول ۱ آمده است، استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی به ترتیب با ۴۱/۸ و ۳۸/۹٪ بالغ بر ۸۰٪ از سطح کل حوضه ارومیه را پوشش می‌دهند. بنابراین بهره‌وری در این استان‌ها می‌تواند نماد خوبی از بهره‌وری در حوضه مورد نظر باشد. این بخش به ارائه برآوردهای انجام‌شده از بهره‌وری اقتصادی در مصارف کشاورزی و صنعتی در این استان‌ها اختصاص دارد.

برآورد بهره‌وری اقتصادی در بخش کشاورزی

در این قسمت برای اندازه‌گیری بهره‌وری جزئی و کل عوامل تولید بخش کشاورزی در استان‌های واقع در محدوده طرح از اطلاعات و آمار رسمی منتشرشده توسط وزارت جهادکشاورزی طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۹ در خصوص نظام هزینه تولید محصولات کشاورزی (شامل اطلاعات مربوط به مقدار و قیمت نهاده‌های به‌کار گرفته‌شده در محصولات منتخب و همچنین اطلاعات مربوط به ستانده محصولات منتخب، اعم از قیمت و میزان محصولات اصلی و فرعی آنها) استفاده شده است. لازم به ذکر است بهره‌وری بخش کشاورزی تنها برای محصولات زراعی آبی برآورد شده و محصولات باغی را به علت در دسترس نبودن اطلاعات در بر نمی‌گیرد. عوامل تولیدی که در تولیدات محصولات منتخب مورد استفاده

قرار گرفته‌اند شامل نهاده‌های زمین، آب، بذر، انواع کود شیمیایی (فسفاته، نیتروژنه، پتاسه و سایر)، نیروی کار و آفت‌کش (علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و سایر) است.

از تقسیم مقدار ستانده بر مقدار هر نهاده سطح بهره‌وری جزئی محاسبه شده است و با در نظر گرفتن سال ۱۳۷۹ به عنوان سال پایه، شاخص بهره‌وری جزئی مربوط به هر نهاده (عامل تولید) به دست آمده است. سپس با استفاده از فرمول نرخ رشد گسسته، رشد شاخص بهره‌وری در هر سال نسبت به سال قبل محاسبه می‌شود. با در اختیار داشتن شاخص بهره‌وری می‌توان وضعیت بخش کشاورزی (در این گزارش زیر بخش زراعت) را در طول زمان مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد. این شاخص نشان می‌دهد در هر سال نسبت به سال پایه ۱۳۷۹ در چه وضعیتی قرار داریم.

آذربایجان غربی

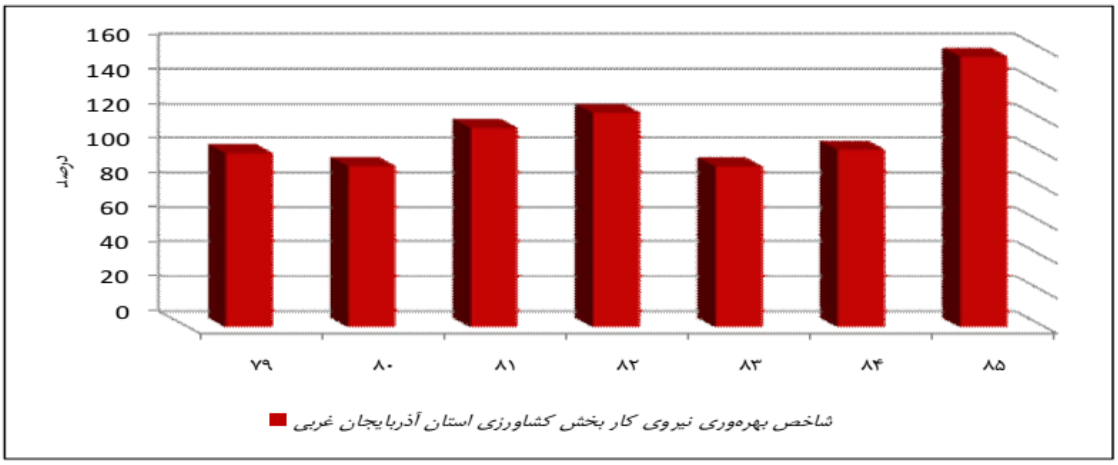
بهره‌وری جزئی. به دلیل اهمیت دو نهاده نیروی کار و آب در بخش کشاورزی، برآورد بهره‌وری جزئی برای این دو عامل (نیروی کار و آب) محاسبه شده است.

بهره‌وری نیروی کار. جدول ۱۳ شاخص و رشد بهره‌وری جزئی نیروی کار در زیر بخش زراعت استان آذربایجان غربی را نشان داده است. همچنین شکل ۲۱ روند شاخص بهره‌وری جزئی نیروی کار طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ را نشان داده است. نتایج این دو جدول و شکل حاکی از آن است که در طول سال‌های مورد بررسی، به استثنای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳، بهره‌وری نیروی کار بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی نسبت به سال پایه (۱۳۷۹) افزایشی و حداقل و حداکثر بهره‌وری نیروی کار در طی دوره مورد بررسی به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ بوده است.

جدول ۱۳. شاخص و رشد بهره‌وری جزئی نیروی کار در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری نیروی‌کار	رشد بهره‌وری نیروی‌کار(٪)
۱۳۷۹	۱۰۰	–
۱۳۸۰	۹۳	-۷/۳
۱۳۸۱	۱۱۵	۲۴/۴
۱۳۸۲	۱۲۴	۷/۶
۱۳۸۳	۹۲	-۲۵/۵
۱۳۸۴	۱۰۲	۱۰/۳
۱۳۸۵	۱۵۶	۵۳
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)		**۷/۷**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)		**۳۱/۷**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۹] (درصد)		**٤/٦**

مأخذ: محاسبات مشاور.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۱. شاخص بهره‌وری نیروی کار در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

رشد سالانه بهره‌وری نیروی کار زیر بخش زراعت استان آذربایجان غربی در طی سال‌های مورد مطالعه از یک روند منظم و ثابت پیروی نکرده است (شکل ۲۲) و تجزیه و تحلیل این روند نشان داده که در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ رشد بهره‌وری نیروی کار منفی و در سایر سال‌ها مثبت بوده است؛ همچنین متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۳۱/۷ درصد است که حاکی از وضعیت مناسب بهره‌وری نیروی کـار زیـربخش زراعت در دو سال اول برنامه بوده و این زیر بخش استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول موفق بوده است.

مأخذ: محاسبات مشاور

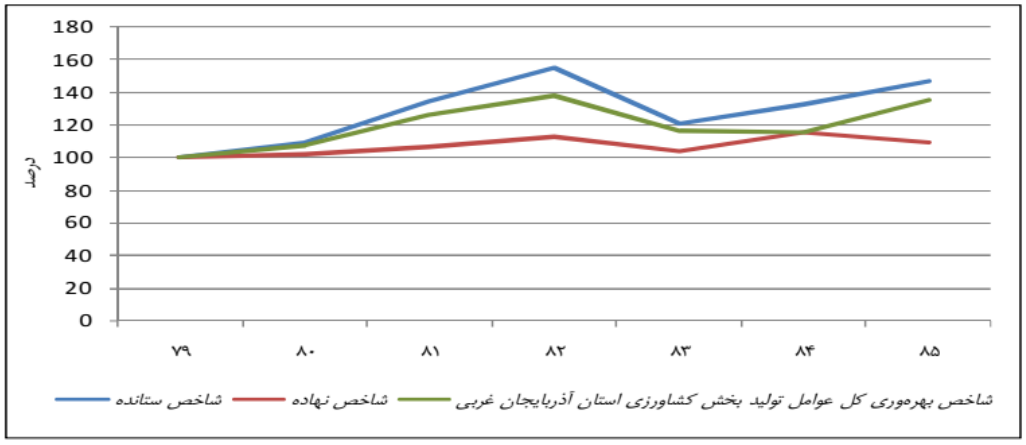
شکل ۲۲. روند رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

بهره‌وری کل عوامل تولید. بهره‌وری کل عوامل تولید یا TFP بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ با استفاده از شاخص ترنکوئیست-تیل محاسبه شده است. جدول ۱۴ و شکل ۲۳ نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان داده است؛ این نتایج نشان می‌دهد که شاخص ستانده‌ها و نهاده‌ها طی سال‌های مورد مطالعه بالاتر از شاخص سال پایه بوده است.

جدول ۱۴. شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص ستانده	شاخص نهاده	شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید
۱۳۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳۸۰	۱۰۹	۱۰۲	۱۰۷
۱۳۸۱	۱۳۴	۱۰۶	۱۲۶
۱۳۸۲	۱۵۵	۱۱۲	۱۳۸
۱۳۸۳	۱۲۱	۱۰۴	۱۱۷
۱۳۸۴	۱۳۳	۱۱۵	۱۱۶
۱۳۸۵	۱۴۷	۱۰۹	۱۳۵

مأخذ: محاسبات مشاور.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۳. روند شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).

جدول ۱۵ نرخ رشد سالانه شاخص‌های ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان داده و روند رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل در شکل ۲۴ به تصویر کشیده شده است. نتایج جدول ۱۵ نشان

داد که رشد شاخص ستانده‌ها تنها در سال ۱۳۸۳ منفی و در سایر سال‌ها مثبت بوده از طرفی شاخص نهاده‌ها در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ منفی و در سایر سال‌ها مثبت بوده است.

جدول ۱۵. رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید (٪) در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	رشد شاخص ستانده	رشد شاخص نهاده	رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید
۱۳۷۹	–	–	–
۱۳۸۰	۹/۱	۲/۱	۶/۹
۱۳۸۱	۲۳/۳	۴/۳	۱۸/۲
۱۳۸۲	۱۵/۳	۵/۵	۹/۳
۱۳۸۳	-۲۲	-۷/۸	-۱۵/۴
۱۳۸۴	۹/۸	۱۰/۹	-۱
۱۳۸۵	۱۰/۹	-۵/۳	۱۷/۱
متوسط نرخ رشد سالانه	**٦/٦**	**۱/٤**	**۵/۲**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			**۸**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۰] (درصد)			**۲/۲**

مأخذ: محاسبات مشاور.

گفتنی است که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در سه بازه زمانی تحلیل شده است:

- ✓ بازه اول: از ابتدای دوره تا انتهای سال ۱۳۸۲ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت بوده که این مهم منتج از رشد بیشتر شاخص ستانده‌ها نسبت به نهاده‌ها بوده است.
- ✓ بازه دوم: طی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید منفی بوده که در سال ۱۳۸۳ به علت کاهش قابل ملاحظه در شاخص ستانده‌ها نسبت به نهاده‌ها و در سال ۱۳۸۴ به علت افزایش بیشتر شاخص نهاده‌ها نسبت به ستانده‌ها است.
- ✓ بازه سوم: در سال ۱۳۸۵ به علت افزایش رشد شاخص ستانده‌ها و کاهش رشد شاخص نهاده‌ها رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت گردیده است.

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۴. روند رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در زیربخش زراعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

همچنین با توجه به بازه حداقلی و حداکثری رشد هریک از شاخص‌های ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید متوسط نرخ رشد سالانه شاخص ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید به ترتیب ۶/۶، ۱/۴ و ۵/۲ درصد است و این میزان نرخ متوسط رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید بیانگر بهبود وضعیت بهره‌وری در طی زمان است.

با توجه به محاسبات انجام‌شده، می‌توان متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم، یعنی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ را با اهداف تعیین‌شده در این برنامه (متوسط نرخ رشد سالانه ۲/۲٪) مقایسه کرد و عملکرد بخش کشاورزی استان را از نظر پوشش دادن اهداف برنامه به صورت تقریبی مورد ارزیابی قرار داد. متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۸٪ است که نشان می‌دهد وضعیت بهره‌وری در دو سال اول برنامه بسیار مناسب بوده است و زیر بخش زراعت استان آذربایجان غربی در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق بوده است. البته برای تحلیل دقیق‌تر این موضوع ابتدا لازم است با توجه به پتانسیل رشد هر زیر بخش، نرخ رشد هدف‌گذاری‌شده برای کل بخش بین آنها تسهیم شود و سپس وضعیت هر یک از زیربخش‌ها با توجه به سهم آن در ارتقاء بهره‌وری کل بخش مورد تحلیل واقع شود؛ ضمن این که بررسی دلایل تحقق یا عدم تحقق اهداف برنامه‌ای در زیربخش‌ها نیاز به مطالعات تکمیلی در خصوص بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری در هر زیربخش و شناخت عارضه‌ها و نقاط قوت و ضعف دارد.

آذربایجان شرقی

بهره‌وری جزئی

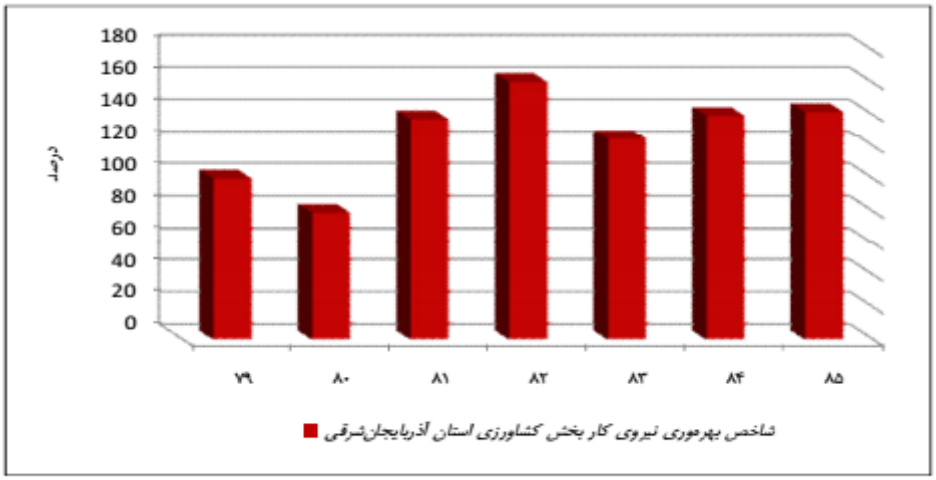
به دلیل اهمیت دو نهاده نیروی کار و آب در بخش کشاورزی، برآورد بهره‌وری جزئی برای این دو عامل (نیروی کار و آب) محاسبه شده است.

بهره‌وری نیروی کار. جدول ۱۶ شاخص و رشد بهره‌وری جزئی نیروی کار را در زیربخش زراعت استان آذربایجان شرقی نشان داده است. همچنین شکل ۲۵ روند شاخص بهره‌وری جزئی نیروی کار را طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ ارائه نموده است. نتایج این جدول و این شکل حاکی از آن است که در طول سال‌های مورد بررسی، به استثنای سال ۱۳۸۰، روند بهره‌وری نیروی کار زیربخش زراعت استان آذربایجان شرقی نسبت به سال پایه (۱۳۷۹) افزایشی و حداقل و حداکثر بهره‌وری نیروی کار در طی دوره مورد بررسی به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۲ بوده که کاهش در سال ۱۳۸۰ ناشی از افزایش قابل ملاحظه در استفاده از نیروی کار و از طرفی بالا بودن این شاخص در سال ۱۳۸۲ منتج از افزایش میزان ستانده‌ها و کاهش قابل ملاحظه در میزان استفاده از نهاده نیروی کار بوده است.

جدول ۱۶. شاخص و رشد بهره‌وری جزئی نیروی کار (٪) در زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری نیروی کار	رشد بهره‌وری نیروی کار
۱۳۷۹	۱۰۰	-
۱۳۸۰	۷۹	-۲۰/۸
۱۳۸۱	۱۳۷	۷۳/۳
۱۳۸۲	۱۶۰	۱۶/۹
۱۳۸۳	۱۲۵	-۲۲/۳
۱۳۸۴	۱۳۹	۱۱/۸
۱۳۸۵	۱۴۲	۱/۷
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)		٦
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)		٦/٨
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[11] (درصد)		٤/٦

مأخذ: محاسبات مشاور.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۵. شاخص بهره‌وری نیروی کار در زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

رشد سالانه بهره‌وری نیروی کار زیر بخش زراعت استان آذربایجان شرقی در طی سال‌های مورد مطالعه از یک روند منظم و ثابت پیروی نکرده است (شکل ۲۶) و افزایش و کاهش‌های شدید و مـوقتی در آن نمایـان است؛ طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ این رشد بهره‌وری نیروی کار منفی است و در سال‌های دیگر مورد بررسی رشد بهره‌وری نیروی کار مثبت است.

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۶. رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار در زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

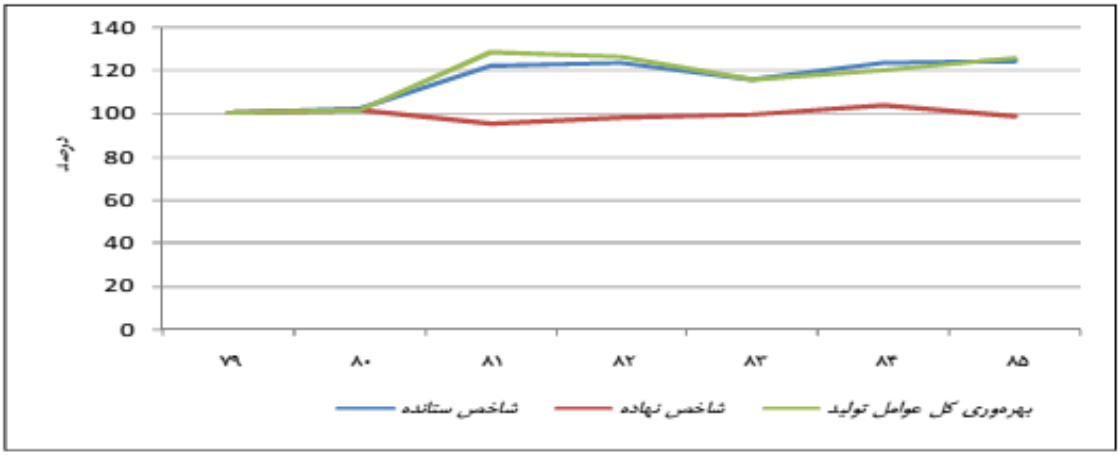
همچنین متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۶/۸٪ است که حاکی از وضعیت مناسب بهره‌وری نیروی کار زیر بخش زراعت در دو سال اول برنامه بوده و این زیر بخش استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول موفق بوده است.

بهره‌وری کل عوامل تولید. بهره‌وری کل عوامل تولید یا TFP بخش کشاورزی استان آذربایجان شرقی طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ با استفاده از شاخص ترنکوئیست-تیل محاسبه شده است. جدول ۱۷ و شکل ۲۷ نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان داده است. نتایج نشان می‌دهد که شاخص ستانده‌ها در کلیه سال‌های مورد مطالعه بالاتر از شاخص سال پایه بوده، اما شاخص نهاده‌ها در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ پایین‌تر از شاخص سال پایه بوده است. شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید نیز تا سال ۱۳۸۱ افزایشی و از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۸۳ کاهشی و از سال ۱۳۸۳ تا پایان دوره مطالعه افزایشی بوده و گفتنی است که در کلیه سال‌های مورد مطالعه شاخص بهره‌وری کل عوامل بالاتر از سال پایه قرار گرفته است.

جدول ۱۷. شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید (٪) زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص ستانده	شاخص نهاده	شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید
۱۳۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳۸۰	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۱
۱۳۸۱	۱۲۲	۹۵	۱۲۸
۱۳۸۲	۱۲۴	۹۸	۱۲۶
۱۳۸۳	۱۱۵	۱۰۰	۱۱۶
۱۳۸۴	۱۲۴	۱۰۳	۱۲۰
۱۳۸۵	۱۲۴	۹۹	۱۲۶

مأخذ: محاسبات مشاور.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۷. روند شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

جدول ۱۸ نرخ رشد سالانه شاخص‌های ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان داده است و روند رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل در شکل ۲۸ به نشان داده شده است. نتایج جدول ۱۸ نشان داد که رشد شاخص ستانده‌ها تنها در سال ۱۳۸۳ منفی و در بقیه سال‌های مورد مطالعه مثبت و رشد شاخص نهاده‌ها در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵ منفی است. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را می‌توان در سه بازه تحلیل کرد. گفتنی است که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید که در شکل ۲۸ نشان داده شده است در سه بازه زمانی تحلیل گردیده است.

جدول ۱۸. رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید (٪) زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	رشد شاخص ستانده	رشد شاخص نهاده	رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید
۱۳۷۹	–	–	–
۱۳۸۰	۲/۲	۱	۱/۱
۱۳۸۱	۱۹/۳	-۵/۹	۲۶/۸
۱۳۸۲	۱/۴	۳/۱	-۱/۶
۱۳۸۳	-۶/۸	۱/۶	-۸/۳
۱۳۸۴	۷/۲	۳/۹	۳/۲
۱۳۸۵	۰/۵	-۴/۵	۵/۲
متوسط نرخ رشد سالانه	**۳/۷**	**-۰/۲**	**۳/۹**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			**٤/۲**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۲] (درصد)			**۲/۲**

مأخذ: محاسبات مشاور.

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۸. روند رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در زیربخش زراعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

- ✓ بازه اول: طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۹ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت است که این رشد در سال ۱۳۸۰ به علت افزایش بیشتر شاخص ستانده‌ها نسبت به نهاده‌ها است، اما این افزایش در سال ۱۳۸۱ که بالاترین نرخ رشد است به علت افزایش نرخ رشد بالای شاخص ستانده‌ها و کاهش شاخص نهاده‌ها می‌باشد.
- ✓ بازه دوم: طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید منفی است که این رشد منفی در سال ۱۳۸۲ به علت افزایش بیشتر نرخ رشد نهاده‌ها نسبت به ستانده‌هاست. اما در سال ۱۳۸۳ علت کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید به علت کاهش بیشتر در شاخص ستانده‌ها و افزایش شاخص نهاده‌ها می‌باشد.
- ✓ بازه سوم: طی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت است که این افزایش در سال ۱۳۸۴ به علت افزایش بیشتر شاخص ستانده‌ها نسبت به افزایش شاخص نهاده‌هاست و در سال ۱۳۸۵ هرچند که شاخص ستانده‌ها رشد ناچیزی داشته است، اما کاهش در شاخص نهاده‌ها سبب افزایش رشد بهره‌وری کل عوامل شده است.

همچنین با توجه به بازه حداقلی و حداکثری رشد هریک از شاخص‌های ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ متوسط نرخ رشد سالانه شاخص ستانده، نهاده و بهره‌وری کل عوامل تولید به ترتیب ۳/۷، ۰/۲ - و ۳/۹ درصد است و این میزان نرخ متوسط رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید بیانگر بهبود وضعیت بهره‌وری در طی زمان است.

با توجه به محاسبات انجام‌شده می‌توان متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم، یعنی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ را با اهداف تعیین‌شده در این برنامه (متوسط نرخ رشد سالانه ۲/۲٪) مقایسه کرد و عملکرد بخش کشاورزی استان را از نظر پوشش دادن اهداف برنامه به صورت تقریبی مورد ارزیابی قرار داد. متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۴/۲٪ است که نشان می‌دهد وضعیت بهره‌وری در دو سال اول برنامه مناسب و زیربخش زراعت استان آذربایجان شرقی در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق بوده است. البته برای تحلیل دقیق‌تر این موضوع ابتدا لازم است با توجه به پتانسیل رشد هر زیر بخش، نرخ رشد هدف‌گذاری‌شده برای کل بخش بین آنها تسهیم شود و سپس وضعیت هر یک از زیربخش‌ها با توجه به سهم آن در ارتقاء بهره‌وری کل بخش مورد تحلیل واقع شود. ضمن این که بررسی دلایل تحقق یا عدم تحقق اهداف برنامه‌ای در زیربخش‌ها نیازمند مطالعات تکمیلی در خصوص بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری در هر زیربخش و شناخت عارضه‌ها و نقاط قوت و ضعف دارد.

برای ارائه شاخص‌های بهره‌وری (آب، نیروی کار و کل عوامل) در سطح حوضه آبریز، متوسط وزنی شاخص‌های مورد نظر استان‌های واقع در حوضه (براساس سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی هر استان از کل حوضه) محاسبه شده است (جدول ۱۹).

جدول ۱۹. شاخص و رشد بهره‌وری زیربخش زراعت حوضه آبریز ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	بهره‌وری جزئی آب		بهره‌وری جزئی نیروی کار		بهره وری کل عوامل تولید	
	شاخص	رشد(٪)	شاخص	رشد(٪)	شاخص	رشد(٪)
۷۹	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
۸۰	۹۵	۵.۳–	۸۷	۱۳.۳–	۱۰۴	۴.۰
۸۱	۱۲۸	۳۵.۰	۱۲۴	۴۳.۳	۱۲۷	۲۱.۷
۸۲	۱۳۹	۸.۵	۱۴۰	۱۲.۷	۱۳۳	۵.۱
۸۳	۱۳۲	۵.۲–	۱۰۸	۲۳.۱–	۱۱۷	۱۲.۱–
۸۴	۱۳۰	۰.۹–	۱۲۱	۱۲.۴	۱۱۹	۱.۷
۸۵	۱۵۹	۲۱.۷	۱۵۰	۲۴.۳	۱۳۲	۱۰.۸
متوسط نرخ رشد سالانه(٪)		**۸.۰**		**۷.۰**		**٤.۷**

مقایسه بهره‌وری کشاورزی استان‌های محدوده حوضه آبریز ارومیه

متوسط رشد سالانه بهره‌وری‌های جزئی نیروی کار، آب و بهره‌وری کل عوامل استان‌های شاخص حوضه ارومیه در جدول ۲۰ نشان داده شده است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود طی دوره مورد مطالعه شاخص‌های مذکور در استان آذربایجان غربی نسبت به استان آذربایجان شرقی در وضعیت مناسب‌تری قرار گرفته است.

جدول ۲۰. مقایسه متوسط رشد سالانه بهره‌وری جزئی و کل عوامل (٪) در زیربخش زراعت در استان‌های شاخص حوضه ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

شاخص	آذربایجان‌غربی	آذربایجان‌شرقی	حوضه ارومیه
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری نیروی کار	۷/۷	۶	۷
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری آب	۱۰/۲	۵	۸
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری کل عوامل	۵/۲	۳/۹	۴/۷

مأخذ: محاسبات مشاور

بهره‌وری صنعتی. در این قسمت با استفاده از اطلاعات استانی مرکز آمار ایران در خصوص آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر برای سال‌های ۸۵-۱۳۷۹ به اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری جزئی نیروی کار، سرمایه و بهره‌وری کل عوامل بخش صنعت استان‌ها پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا از تقسیم ارزش افزوده بر ارزش هر نهاده سطح بهره‌وری محاسبه شده و با در نظر گرفتن سال ۱۳۷۹ به عنوان سال پایه، شاخص بهره‌وری جزئی به دست می‌آید. در قسمت بعد رشد هر شاخص نیز محاسبه شده است. شایان ذکر است که با توجه به ماهیت بخش صنعت دو عامل سرمایه و نیروی کار نسبت به سایر نهاده‌ها اهمیت بیشتری داشته است.

بهره‌وری صنعتی استان آذربایجان غربی

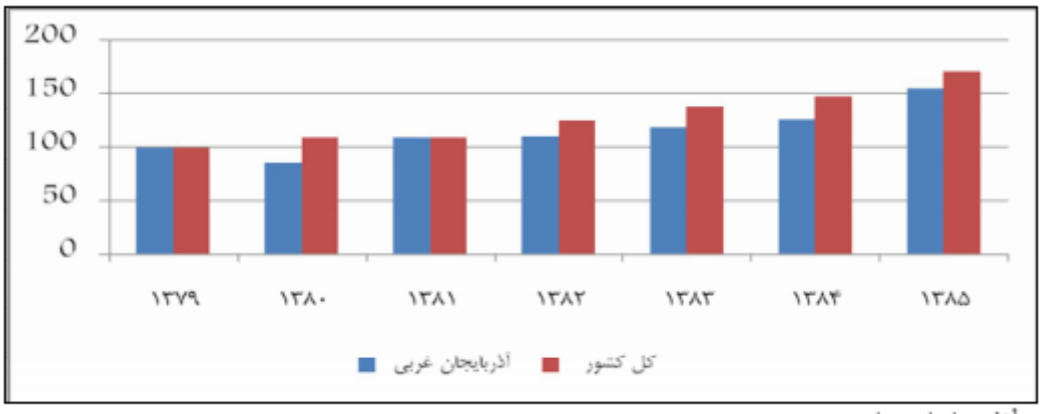
نیروی کار. جدول ۲۱ شاخص بهره‌وری جزئی نیروی کار را برای آذربایجان غربی و کل کشور نشان می‌دهد. شکل ۲۹ روند شاخص بهره‌وری جزئی نیروی کار طی دوره ۸۵-۱۳۷۹ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۰ سطح بهره‌وری نسبت به سال پایه ۱۳۷۹ کاهش یافته است و دلیل

آن به رشد بیشتر تعداد شاغلان نسبت به ارزش افزوده در سال ۱۳۸۰ نسبت به سال ۱۳۷۹ در بخش صنعت این استان برمی‌گردد. بعد از سال ۱۳۸۰ شاخص بهره‌وری نیروی کار استان افـزایش یافتـه و تـا پایـان دوره ادامـه داشته است. اگرچه در سال ۱۳۸۵ وضعیت بهره‌وری نیروی کار استان نسبت به سال پایه مناسب است، ولی در مقایسه با کل کشور، بهبود کمتری در بهره‌وری نیروی کار داشته است.

جدول ۲۱. شاخص بهره‌وری نیروی کار آذربایجان غربی و کل کشور (٪) در بخش صنعت (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری		رشد شاخص بهره‌وری	
	آذربایجان‌غربی	کل کشور	آذربایجان‌غربی	کل کشور
1379	100	100	--	--
1380	84/8	108/7	-15/23	8/7
1381	109/7	109/6	29/37	0/8
1382	109/9	124/2	0/23	13/4
1383	118/2	139/0	7/58	11/9
1384	125/9	148/1	6/45	6/6
1385	154/7	170/2	22/94	15/0
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)			**۷/۵**	**۹/۳**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			**۱۴/۷**	**۱۰/۸**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۳] (درصد)			**۵**	**۳/۵**

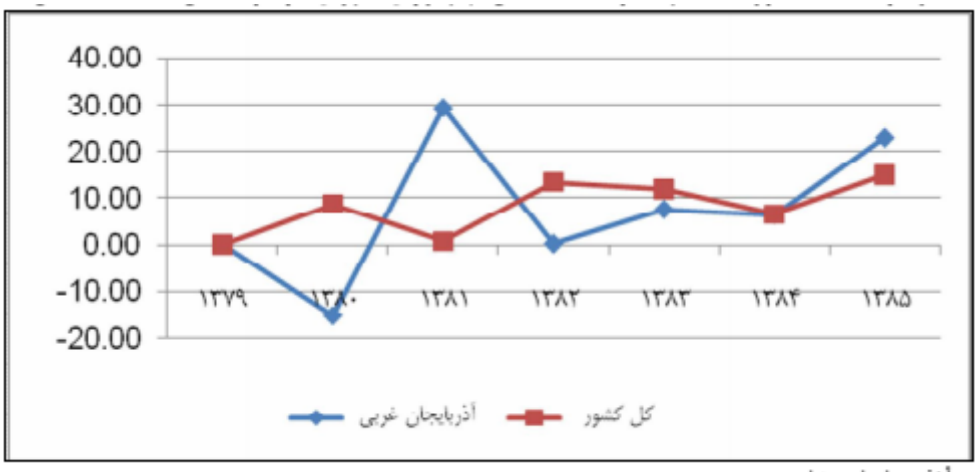
مأخذ: محاسبات مشاور



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۲۹. شاخص بهره‌وری نیروی کار آذربایجان غربی و کل کشور در بخش صنعت (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

شکل ۳۰ رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، برای سال ۱۳۸۰ نرخ رشد بهره‌وری نیروی کار منفی است. در مقایسه با رشد شاخص بهره‌وری در کل کشور، استان آذربایجان غربی نوسانات بیشتری را در روند رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار بخش صنعت خود داشته است. متوسط نرخ رشد سالانه شاخص بهره‌وری نیروی کار استان آذربایجان غربی و کل کشور به ترتیب ۷/۵ و ۹/۳ درصد است که وضعیت مناسبی را برای هر دو نشان می‌دهد. اما این استان در طول دوره مورد بررسی متوسط نرخ رشد پایین‌تری را در مقایسه با کل کشور داشته است. مقایسه متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) با هدف‌گذاری‌های انجام‌شده در این برنامه برای رشد بهره‌وری نیروی کار نشان می‌دهد که متوسط نرخ رشد بهره‌وری نیروی کار دو سال اول برنامه در استان آذربایجان غربی ۱۴/۷٪ است که از هدف ۵ درصدی برنامه بالاتر است و بیانگر این که وضعیت بهره‌وری نیروی کار در دو سال اول برنامه در استان آذربایجان غربی مناسب بوده است و بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق بوده است. برای بخش صنعت کل کشور نیز محاسبات بیانگر بهبود بهره‌وری و تحقق اهداف برنامه در خصوص هدف‌گذاری نرخ رشد بهره‌وری نیروی کار در دو سال اول برنامه چهارم توسعه است.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۰. روند تغییرات رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار بخش صنعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سرمایه. جدول ۲۲ شاخص بهره‌وری جزئی سرمایه را برای استان آذربایجان غربی و کل کشور نشان می‌دهد. مقایسه وضعیت بهره‌وری جزئی سرمایه استان آذربایجان غربی و کل کشور نشان می‌دهد که در طول دوره مورد بررسی برای تمام سال‌ها شاخص بهره‌وری سرمایه پایین‌تر از سال پایه ۱۳۷۹

بـوده اسـت و شاخص بهره‌وری سرمایه استان آذربایجان غربی و کل کشور در طو ل زمان روند نزولی را طی نموده‌اند.

جدول ۲۲. مقایسه شاخص بهره‌وری سرمایه در بخش صنعت آذربایجان غربی با کل کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری		رشد شاخص بهره‌وری (درصد)	
	آذربایجان‌غربی	کل کشور	آذربایجانغربی	کل کشور
1379	100	100	--	--
1380	80/7	92/0	-19/3	-8/0
1381	91/5	87/9	13/3	-4/4
1382	89/4	79/4	-2/3	-9/7
1383	74/4	85/1	-16/7	7/1
1384	68/3	77/7	-8/2	-8/7
1385	70/1	79/3	2/6	2/1
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)			**-۵/۷**	**-۳/۸**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			**-۵/۱**	**-۳/۳**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۴] (درصد)			**٤**	**۱**

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۱ رشد سالانه بهره‌وری جزئی سرمایه را طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۹ نشان می‌دهد. همان‌طور کـه مشاهده می‌شود نرخ رشد سالانه شاخص بهره‌وری جزئی سرمایه استان آذربایجان غربی فقط بـرای دو سـال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵ مثبت بوده است. همچنین برای کل کشور نیـز نـرخ رشد بهره‌وری جزئـی سرمایه فقط در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ مثبت بوده است. همچنین همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد روند رشد بهره‌وری سرمایه برای استان آذربایجان غربی و کل کشور دارای نوسانات زیادی در طول زمان بوده که بررسی دلایل دقیق این نوسان‌ها نیازمند انجـام مطالعات عارضه‌یابی است. متوسط نرخ رشد سالانه شاخص بهره‌وری سرمایه استان آذربایجان غربی و کل کشور به ترتیـب ۵/۷- و ۳/۸- درصد است که وضعیت نامناسبی را برای هر دو نشان می‌دهد و نمایانگر این است که بخش صنعت اسـتان در زمینه استفاده بهتر از سرمایه‌های موجود موفق نبوده است.

مقایسه متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) با هدف‌گذاری‌های انجام‌شده در این برنامه برای رشد بهره‌وری سرمایه نشان می‌دهد که متوسط نرخ رشد بهره‌وری سرمایه دو سال اول برنامه در استان آذربایجان غربی ۵/۱- درصد است که در مقایسه با هدف ۴ درصدی برنامه بسیار پایین‌تر است و بیانگر این که وضعیت بهره‌وری سرمایه در دو سال اول برنامه در استان آذربایجان

غربی بسیار نامناسب بوده و بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق نبوده است. برای کل کشور نیز وضعیت مشابهی وجود داشته است.

مأخذ: محاسبات مشاور

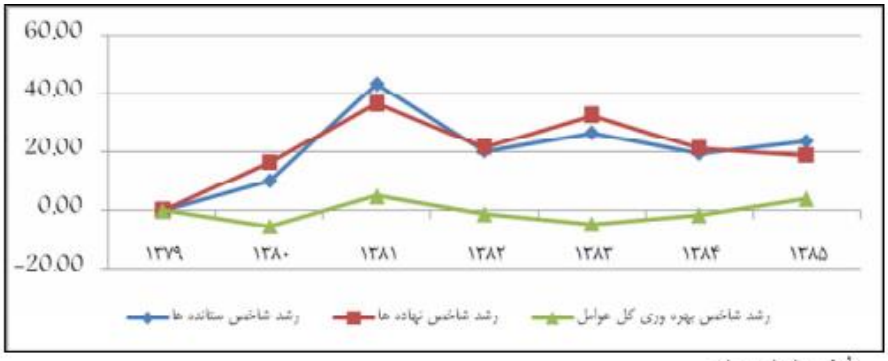
شکل ۳۱. تغییرات رشد شاخص بهره‌وری سرمایه در صنعت آذربایجان غربی و کل کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

بهره‌وری کل عوامل. بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) بخش صنعت در جدول ۲۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید استان آذربایجان غربی روند کاهشی را در طول زمان داشته است و در تمامی سال‌های مورد بررسی شاخص نهاده‌ها بزرگ‌تر از شاخص ستانده بوده است و این نمایانگر افت بهره‌وری در بخش صنعت استان در طول زمان است. پس از محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل، از آن نرخ رشد سالانه استخراج شده است (شکل ۳۱). این شکل نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری کل عوامل بخش صنعت استان دارای نوسانات زیادی در طول دوره مورد بررسی بوده است و مقدار عددی آن فقط برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵ بزرگ‌تر از صفر است. متوسط نرخ رشد سالانه شاخص بهره‌وری کل عوامل استان آذربایجان غربی ۰/۶۵- درصد است که وضعیت نامناسبی را نشان می‌دهد. این نتیجه نشان می‌دهد که به طور متوسط در طول دوره مورد بررسی نهاده‌ها بیشتر از ستانده‌ها رشد داشته است و رشد بهره‌وری نه تنها باعث ارتقای رشد ارزش افزوده در بخش صنعت استان نشده است، بلکه اثر منفی نیز بر آن داشته است.

جدول ۲۳. شاخص بهره‌وری کل عوامل در بخش صنعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص ستانده‌ها	شاخص نهاده‌ها	شاخص بهره‌وری کل عوامل
1379	100	100	100
1380	110/10	116/38	94/60
1381	158/07	159/15	99/32
1382	190/38	193/83	98/22
1383	241/11	257/22	93/74
1384	288/39	312/16	92/38
1385	356/84	371/13	96/15

مأخذ: محاسبات مشاور



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۱. روند تغییرات شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت آذربایجان غربی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

با توجه به محاسبات انجام‌شده می‌توان متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم، یعنی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ را با اهداف تعیین‌شده در این برنامه (متوسط نرخ رشد سالانهٔ ۴/۴٪) مقایسه کرد و عملکرد بخش صنعت استان را از نظر پوشش دادن اهداف برنامه به صورت تقریبی مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۱/۳۲٪ است که نشان می‌دهد وضعیت بهره‌وری در دو سال اول برنامه بهبود یافته است، ولی نرخ رشد آن به اندازه اهداف درنظر گرفته‌شده برای برنامه چهارم نبوده است؛ بنابراین بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق نبوده است.

بهره‌وری صنعتی استان آذربایجان شرقی

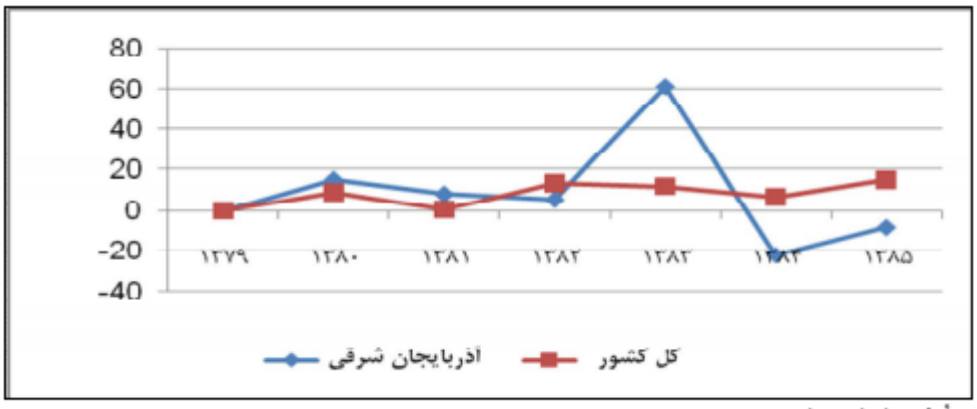
نیروی کار. جدول ۲۴ شاخص بهره‌وری جزئی نیروی کار را برای استان آذربایجان شرقی و کل کشور نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان می‌دهد که در طول سال‌های مورد بررسی شاخص بهره‌وری نیروی کار بخش صنعت استان آذربایجان شرقی روند تقریباً افزایشی داشته است و در سال ۱۳۸۳ یک افزایش قابل توجه در شاخص بهره‌وری نیروی کار اتفاق افتاده است که ناشی از افزایش شدید در ارزش افزوده بخش صنعت این استان بوده است. شاخص بهره‌وری نیروی کار کل کشور در طول زمان روند افزایشی تقریباً ملایمی را طی کرده است و می‌توان بیان کرد که وضعیت بهره‌وری نیروی کار استان آذربایجان شرقی در مقایسه با کل کشور مناسب است.

جدول ۲۴. شاخص بهره‌وری نیروی کار استان آذربایجان شرقی و کل کشور در بخش صنعت (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری		رشد شاخص بهره‌وری(٪)	
	آذربایجان‌شرقی	کل کشور	آذربایجان‌شرقی	کل کشور
1379	100	100	--	--
1380	115/1	108/7	15/13	8/7
1381	124/5	109/6	8/16	0/8
1382	131/4	124/2	5/50	13/4
1383	211/4	139/0	60/92	11/9
1384	164/8	148/1	-22/06	6/6
1385	151/2	170/2	-8/26	15/0
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)			**7/1**	**9/3**
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			**۱۵/۲-**	**10/7**
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۶] (درصد)			**۵**	**3/5**

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۲ رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار را نشان می‌دهد؛ همان‌طورکه مشاهده می‌شود، افزایش شدید و موقتی سطح بهره‌وری نیروی کار این استان در سال ۱۳۸۳ باعث شده است با وجود وضعیت مناسب شاخص بهره‌وری سال‌های ۸۵-۱۳۸۴ نسبت به سال پایه، رشد مربوط به این سال‌ها که رشد هر سال نسبت به سال قبل است منفی باشد. متوسط نرخ رشد سالانه شاخص بهره‌وری نیروی کار استان آذربایجان شرقی و کل کشور به ترتیب ۷/۱ و ۹/۳٪ است که وضعیت مناسبی را نشان می‌دهد.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۲. روند تغییرات رشد شاخص بهره‌وری نیروی کار در بخش صنعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

مقایسه متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) با هدف‌گذاری‌های انجام‌شده در این برنامه برای رشد بهره‌وری نیروی کار نشان می‌دهد که متوسط نرخ رشد بهره‌وری نیروی کار دو سال اول برنامه در استان آذربایجان شرقی ۱۵/۲- درصد است که از هدف ۵ درصدی برنامه بسیار پایین‌تر است و بیانگر این که وضعیت بهره‌وری نیروی کار در دو سال اول برنامه در استان آذربایجان شرقی تا حد زیادی نامناسب بوده و بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق نبوده است. در حالی که برای بخش صنعت کل کشور محاسبات بیانگر بهبود بهره‌وری و تحقق اهداف برنامه در خصوص هدف‌گذاری نرخ رشد بهره‌وری نیروی کار در دو سال اول برنامه چهارم توسعه است.

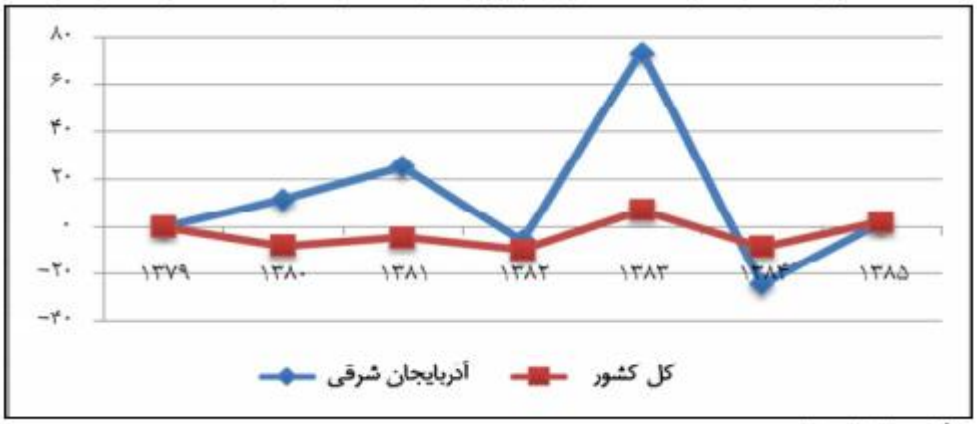
سرمایه. جدول ۲۵ شاخص بهره‌وری جزئی سرمایه را برای استان آذربایجان شرقی و کل کشور نشان می‌دهد که بر اساس آن در تمام سال‌های دوره مورد بررسی، شاخص بهره‌وری جزئی سرمایه در استان آذربایجان شرقی بالاتر از سال پایه ۱۳۷۹ بوده است. در مقایسه با کل کشور که در تمامی سال‌های دوره مورد بررسی شاخص بهره‌وری سرمایه پایین‌تر از سال پایه بوده است، این استان وضعیت بسیار مناسبی دارد و همچنین در سال ۱۳۸۳ شاهد یک افزایش در روند شاخص نسبت به سال قبل از آن هستیم که عمدتاً ناشی از افزایش شدید در ارزش افزوده کارگاه‌های صنعتی مربوط به این سال است.

جدول ۲۵. مقایسه شاخص بهره‌وری سرمایه در بخش صنعت آذربایجان شرقی با کل کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص بهره‌وری		رشد شاخص بهره‌وری (درصد)	
	آذربایجان‌شرقی	کل کشور	آذربایجان‌شرقی	کل کشور
1379	100	100	--	--
1380	111/7	92/0	11/7	-8/0
1381	139/9	87/9	25/3	-4/4
1382	132/2	79/4	-5/5	-9/7
1383	229/4	85/1	73/6	7/1
1384	173/9	77/7	-24/2	-8/7
1385	176/8	79/3	1/7	2/1
متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)			۱۰	-۳/۸
متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (درصد)			-۱۱/۳	-۳/۲۹
متوسط نرخ رشد هدف گذاری شده برنامه چهارم توسعه[۱۷] (درصد)			٤	۱

مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۳ رشد سالانه بهره‌وری جزئی سرمایه را طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۹ نشان می‌دهد؛ بر اساس نتایج این شکل برای دو سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴ نرخ رشد بهره‌وری سرمایه استان منفی بوده است و بیشترین نرخ رشد مثبت نیز در سال ۱۳۸۳ تجربه شده است. متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری جزئی سرمایه استان آذربایجان شرقی ۱۰٪ است که در مقایسه با رقم متناظر برای کل کشور که ۳/۸- درصد بوده بسیار مناسب است و نشان می‌دهد بهره‌وری سرمایه در طول دوره مورد بررسی بهبود یافته است. مقایسه متوسط نرخ رشد دو سال اول برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) با هدف‌گذاری‌های انجام‌شده در این برنامه برای رشد بهره‌وری سرمایه نشان می‌دهد که متوسط نرخ رشد بهره‌وری سرمایه دو سال اول برنامه در استان آذربایجان شرقی ۱۱/۳- درصد است که در مقایسه با هدف ۴ درصدی برنامه بسیار نامناسب است و بیانگر این که وضعیت بهره‌وری سرمایه در دو سال اول برنامه در استان آذربایجان شرقی رضایت‌بخش نبوده و بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سال اول آن موفق نبوده است. برای بخش صنعت کل کشور نیز نتایج مشابهی به دست آمده است.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۳. روند تغییرات رشد شاخص بهره‌وری سرمایه در بخش صنعت در استان آذربایجان شرقی و کل کشور (وزارت نیرو، ۱۳۹۱).

بهره‌وری کل عوامل تولید. بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) بخش صنعت در جدول ۲۶ ارائه شده است؛ نتایج نشان می‌دهد شاخص بهره‌وری کل عوامل استان آذربایجان شرقی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ روند افزایشی داشته و از این سال به بعد کاهش یافته است، ولی هرگز پایین‌تر از سال پایه ۱۳۷۹ نبوده است.

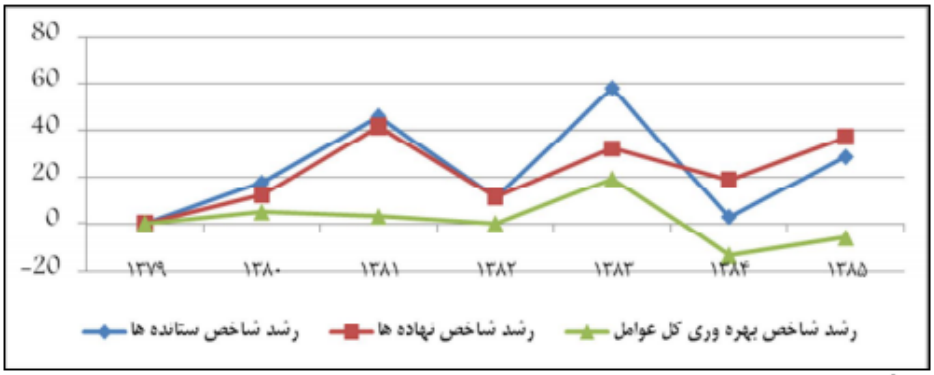
جدول ۲۶. شاخص بهره‌وری کل عوامل در بخش صنعت در آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	شاخص ستانده‌ها	شاخص نهاده‌ها	شاخص بهره‌وری کل عوامل
1379	100	100	100
1380	117/69	112/34	104/76
1381	171/75	159/27	107/84
1382	191/59	177/75	107/79
1383	302/42	235/31	128/52
1384	311/33	279/90	111/23
1385	401/01	384/35	104/33

مأخذ: محاسبات مشاور

پس از محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل، از آن نرخ رشد سالانه استخراج شده است (شکل ۳۴)؛ نتایج نشان می‌دهد که برای سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید

منفی است. به عبارت دیگر در این سال‌ها نرخ رشد نهـاده‌ها بزرگ‌تر از نرخ رشد ستانده‌ها بوده است. متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری کل عوامل تولید بخـش صنعت استان در طول دوره مورد بررسی ۰/۷۱ درصد بوده که نمایانگر بهبود بهره‌وری در طول زمان است. با توجه به محاسبات انجام‌شده می‌توان متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم، یعنی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ را با اهداف تعیین‌شده در این برنامه (متوسط نـرخ رشـد سـالانه ۴/۴٪) مقایسـه کرد و عملکرد بخش صنعت استان را از نظر پوشش دادن اهداف برنامه به صورت تقریبی مورد ارزیابی قرار داد.



مأخذ: محاسبات مشاور

شکل ۳۴. روند تغییرات رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت آذربایجان شرقی (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

نتـایج نشان داد که متوسط نرخ رشد سالانه دو سال اول برنامه چهارم ۹/۸- درصد است که نشان می‌دهد وضـعیت بهره‌وری در دو سال اول برنامه نامناسب بوده است و بخش صنعت استان در تحقق اهداف برنامه در دو سـال اول آن موفق نبوده است. برای ارائه شاخص‌های بهره‌وری (سرمایه، نیروی کار و کل عوامل) در سطح حوضه آبریز، متوسط وزنی شاخص‌های مورد نظر استان‌های واقع در حوضه (براساس تعداد کارگاه‌های صنعتی هر استان از کل حوضه) محاسبه شده که در جدول ۲۷ نشان داده شده است.

جدول ۲۷. شاخص و رشد بهره‌وری صنعت در حوضهٔ آبریز ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

سال	بهره‌وری جزئی سرمایه		بهره‌وری جزئی نیروی‌کار		بهره وری کل عوامل تولید	
	شاخص	رشد(٪)	شاخص	رشد(٪)	شاخص	رشد(٪)
۷۹	۱۰۰.۰	۰.۰	۱۰۰.۰	۰.۰	۱۰۰.۰	۰.۰
۸۰	۱۰۵.۳	۵.۳	۱۰۸.۹	۸.۹	۱۰۲.۷	۲.۷
۸۱	۱۳۰.۰	۲۳.۴	۱۲۱.۵	۱۱.۶	۱۰۶.۱	۳.۳
۸۲	۱۲۳.۴	۵.۱-	۱۲۷.۰	۴.۵	۱۰۵.۸	۰.۲-
۸۳	۱۹۷.۶	۶۰.۱	۱۹۲.۳	۵۱.۴	۱۲۱.۴	۱۴.۷
۸۴	۱۵۲.۲	۲۳.۰-	۱۵۶.۸	۱۸.۵-	۱۰۷.۴	۱۱.۵-
۸۵	۱۵۴.۹	۱.۸	۱۵۱.۹	۳.۱-	۱۰۲.۷	۴.۴-
متوسط نرخ رشد سالانه		**۷.۶**		**۷.۲**		**۰.٤**

مقایسه بهره‌وری صنعتی استان‌های مختلف. جدول ۲۸ متوسط رشد سالانه بهره‌وری‌های جزئی نیروی کار و سرمایه و همچنین بهره‌وری کل عوامل را برای استان‌های شاخص حوضه ارومیه با یکدیگر مقایسه کرده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در طول دوره ۸۵-۱۳۷۹، متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری جزئی نیروی کار، بهره‌وری جزئی سرمایه و بهره‌وری کل عوامل تولید استان آذربایجان شرقی بیشتر از استان آذربایجان غربی است. در مجموع از آنجا که شاخص بهره‌وری کل عوامل بیانگر وضعیت کلی بنگاه‌ها بوده و اطلاعات کامل‌تری نسبت بـه شـاخص‌های بهره‌وری جزئی ارائه می‌دهد می‌توان بیان کرد که استان آذربایجان شرقی وضعیت بهره‌وری بهتری نسـبت به استان آذربایجان غربی داشته است. استان آذربایجان غربی از نظر بهره‌وری جزئی سرمایه و بهره‌وری کل عوامل تولید وضعیت خوبی ندارد و لازم است در مطالعات تکمیلی دلایل این موضوع مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۲۸. مقایسه متوسط رشد سالانه بهره‌وری جزئی و کل عوامل در بخش صنعت استان‌های شاخص حوضه آبریز ارومیه (وزارت نیرو، ۱۳۹۱)

شاخص	آذربایجان‌غربی	آذربایجان‌شرقی	کل کشور
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری نیروی‌کار	۷/۵	۷/۱	۹/۳
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری سرمایه	-۵/۷	۱۰	-۳/۸
متوسط نرخ رشد سالانه بهره‌وری کل عوامل	-۰/۶۵	۰/۷۱	-۰/۶۸

مأخذ: محاسبات مشاور

ارتقای تاب‌آوری اقتصادی- اجتماعی

برای کاهش خطرات خشکسالی بر جوامع انسانی راهکاری مختلفی ارائه شده است؛ گذشته از اصلاح روش‌های استفاده از منابع آبی در راستای کاهش اثرات خشکسالی، اصلاح روش‌های مدیریت و نحوه زندگی روستایی در راستای ارتقای تاب‌آوری نیز به عنوان یکی از راهکارهای جدید و موفق در کاهش اثرات زیانبار خشکسالی است، زیرا به اعتقاد صاحبنظران زیستن در بستر مخاطره‌آمیز طبیعی، لزوماً به معنای خسارت‌بار بودن و آسیب‌پذیری نیست، بلکه فقدان تاب‌آوری و میزان شناخت و ادراک جمعیت مستقر از درجه، نوع و نحوه مخاطره‌آمیز بودن سبب ایجاد خسارت است (ژو و همکاران، ۲۰۰۹). به همین دلیل در سطح جهانی، تغییرات چشمگیری در نگرش به مخاطرات دیده می‌شود، به طوری که رویکرد غالب از تمرکز ضعیف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر پیدا کرده است. بر اساس این نگرش، برنامه‌های کاهش اثرات مخاطرات باید به دنبال ایجاد و تقویت ویژگی‌های تاب‌آوری در جوامع باشند و در زنجیره مدیریت سوانح به مفهوم تاب‌آوری اجتماعات محلی توجه کنند. تاب‌آوری یکی از مهم‌ترین عوامل تحقق پایداری است. مفهوم تاب‌آوری در سامانه‌های اجتماعی و زیست محیطی از دهۀ ۱۹۸۰ مطرح گردید؛ این مفهوم را نخستین بار هولینگ در مطالعات اکولوژیکی به عنوان راهی برای درک پویایی غیر خطی در سامانه‌های اکولوژیک مطرح کرد. سپس تیمرمن (۱۹۸۱) در پدیده‌های بلندمدت، مانند تغییرات اقلیمی از این مفهوم بهره گرفت (حیدری و مجنونی، ۱۳۹۵). در واقع مفهوم تاب‌آوری عبارت است از توانایی یک سیستم اجتماعی یا اکولوژیک نسبت به جذب و مواجهه با بی‌نظمی یا اختلال، به طوری که بتواند ساختارها، عملکرد اساسی، ظرفیت بازسازماندهی و ظرفیت سازگاری را در مقابل تغییرات و تنش‌ها حفظ کند.

شدت اثرپذیری روستاها از خشکسالی وابسته به میزان تاب‌آوری جوامع روستایی بوده و از جامعه به جامعه‌ای دیگر، از گروهی به گروه دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. نخستین گام ضروری برای مقابله با خشکسالی و تعدیل پیامدهای آن، شناخت و درک دقیق از ابعاد آسیب‌پذیری و مقاومت افراد برای ارتقای آستانه تحمل و انعطاف‌پذیری آنان است که در اغلب کشورهای درحال توسعه، ازجمله ایران، مورد غفلت قرارگرفته است. در این زمینه به نظر می‌رسد چارچوب معیشت پایدار می‌تواند ابزار مناسبی برای این کار باشد؛ این چارچوب که عنوان روشی برای بهبود درک معیشت فقرای روستایی به گرفته کار شده است، از زمینه‌های آسیب‌پذیری که روستاییان در معرض آن قرار دارند شروع و دستاوردها به سازوکارهای معیشتی مبتنی بر معیشت پایدار ختم می‌شود. در این چارچوب این پرسش اساسی مطرح است که با توجه به زمینه‌های مشخص (سیاست‌گذاری، سیاست، کشاورزی، مدیریت،

موقعیت طبیعی و انسانی، ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی) چه ترکیبی از راهبردهای معیشتی (کشاورزی فشرده، گسترش کشاورزی، تنوع معیشتی و مهاجرت) به کار آمده و این راهکارها به چه نتایجی می‌انجامد. همچنین ساختارها و فرآیندها (آرایه‌هایی از نهادهای رسمی و غیر رسمی و سازمان‌ها) به عنوان میانجی حضور دارند و به سرانجام رساندن راهبردهای معیشتی را تسهیل می‌کنند و یا آن را با مشکل مواجه می‌سازند. این چارچوب را می‌توان در طیف وسیعی از مقیاس‌های متفاوت از فرد، خانواده، خوشه‌های خانوادگی، گروه‌بندی‌های گسترده خویشاوندی، روستا، منطقه و حتی در سطح ملی در پیوند با دستاوردهای معیشتی پایدار در سطوح مختلف به کار گرفت که اصطلاحاً سرمایه معیشتی روستائیان نامیده می‌شود.

واژه سرمایه به مجموعه دارایی‌ها یا آنچه روستاییان در اختیار دارند اشاره می‌کند، بدین‌سان که ماهیت تلقی از آن دارایی‌ها و آسیب‌پذیری محتمل هر سیستم در قبال آنها چگونه است. در تقسیم‌بندی کلان، می‌توان سرمایه معیشتی را در قالب پنج گروه شامل سرمایه طبیعی، سرمایه مالی، سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی و سرمایه اجتماعی قرار داد. علاوه بر این فرایندهای مرتبط با معیشت پایدار در سه دسته قرار می‌گیرند: تنوع معیشتی، کشاورزی فشرده و مهاجرت. تنوع معیشتی روستایی فرآیندی است بر مبنای آن هر خانوار مجموعه متنوعی از فعالیت‌ها و قابلیت‌های حمایتی اجتماعی را برای بقا و بهبود استانداردهای زندگی به کار می‌گیرد. به عنوان مثال خانوار روستایی می‌تواند مجموعه‌ای از فعالیت‌های معیشتی نظیر تولید محصولات کشاورزی، کارگری، دام داری و بنایی را به منظور ایجاد یا تکمیل نیازهای مربوط به درآمد و امرار معاش با یکدیگر ترکیب کند. ترکیب فعالیت‌ها به دسترسی خانوار به فرصت‌های مختلف معیشتی بستگی دارد. تنوع معیشتی از درک خانوار از مخاطرات و شرایط مقابله با تکانه‌هایی مانند خشکسالی یا بحران اقتصادی سرچشمه می‌گیرد.

کشاورزی فشرده، دسته دوم از راهبردهای معیشتی است که به نظام تولید کشاورزی مربوط می‌شود. کشاورزی فشرده موجب بهبود معیشت روستایی از طریق افزایش تولید در طول زمان می‌شود. فرآیندهای مرتبط با کشاورزی فشرده شامل افزایش عملکرد، افزایش بهره‌وری نیروی کار یا تغییرات فناورانه است. کشاورزی فشرده با افزایش استفاده از کود طبیعی یا شیمیایی، بذرهای اصلاح‌شده، مکانیزاسیون، برداشت چندباره و تغییرات چشم‌انداز نظیر تغییر در روش‌های آبیاری یا اقدامات حفاظتی برای خاک شناخته می‌شود. با این حال کشاورزی فشرده همیشه با نتایج مثبت همراه نیست. مهاجرت یکی دیگر از راهبردهای معیشتی است که خانوارهای روستایی به طور فزاینده‌ای آن را به کار می‌گیرند. مهاجرت نقش زیادی در تحلیل تاب‌آوری معیشت روستایی در شرایط بحران دارد که ارتباطات مهم

بین سطوح خرد و کلان را در اقتصاد نمایان می‌سازد. دنبال کردن الگوها و تصمیم‌گیری‌های مهاجرت همراه با دیگر راهبردهای مقابله می‌تواند رابطه بین مهاجرت با نهادهای محلی، ساخت و کارکرد ارتباطات اجتماعی و توسعه کلی مناطق روستایی را نشان دهد.

حیدری و مجنونی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی نقش تنوع معیشتی در تاب‌آوری خانوارهای روستایی کرانهٔ شرقی دریاچه ارومیه پرداختند. کرانه شرقی دریاچه ارومیه شامل شهرستان آذرشهر، اسکو، بناب، شبستر، عجبشیر و ملکان است. در مجموع این منطقه دارای ۱۹۹ روستا بوده که به طور مستقیم و غیر مستقیم تحت تأثیر اثرات خشکسالی دریاچه ارومیه هستند، به شکلی که بر اساس آمار جهاد کشاورزی، اداره محیط زیست و همچنین تجارب و اظهارات ساکنان این روستاها در طی دو دهه اخیر کاهش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی و دامی، کاهش کیفیت خاک، بروز بیماری تنفسی و ... نسبت به گذشته به شدت افزایش یافته و برخی از روستاها مانند قیماسخان، قره‌زکی... نیز به دلیل خشکسالی تقریباً تخلیه شده‌اند. نتیجه ترسیم وضعیت شاخص‌های کلی سرمایه معیشتی خانوارها بر اساس مقیاس نرمال از صفر تا ۱۰ به میزان ۳/۳۴ است که نشان از وضعیت نامطلوب این شاخص در مجموع روستاهای مورد مطالعه است. این بررسی به تفکیک اجزای پنج‌گانه تشکیل‌دهندهٔ سرمایه معیشتی نشان داد که هیچ یک از سرمایه‌های پنج‌گانه وضعیت مطلوبی ندارد. سرمایه فیزیکی خانوارها با میانگین ۴/۶۵ در مقیاس صفر تا ده بالاترین رقم و سرمایه طبیعی خانوار با میانگین ۱/۹۸ دارای کمترین رقم بوده است.سرمایه انسانی، سرمایه اجتماعی و سرمایه اقتصادی خانوارها نیز به ترتیب دارای میانگین ۴/۱۴، ۴/۰۲ و ۲/۸۷ بود. علاوه بر این بررسی سرمایه معیشتی خانوارها به تفکیک وضعیت خشکسالی در روستاهای مورد مطالعه کرانه شرقی دریاچه ارومیه نشان داد که بیشترین میزان هماهنگی بین دارا بودن سرمایه‌ها در روستاها با خشکسالی شدید مشاهده می‌شود؛ و میانگین برخورداری از سرمایه‌های مختلف در آنها با انحراف استاندارد ۰/۸۹ نزدیک به هم بوده است. در تبیین این اختلاف می‌توان گفت که آسیب‌پذیری در روستاهایی است که تجربه کمتری در مواجهه با شرایط طولانی مدت خشکسالی ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه داشته‌اند و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی این روستاها آماده مقابله با این شرایط نبوده و در اغلب زمینه‌های سرمایه معیشتی آسیب دیده‌اند. از سوی دیگر روستاهای با خشکسالی شدید و خیلی شدید از نظر ساختاری آماده مواجهه با این شرایط بوده‌اند و در وضعیت مطلوب‌تری قرار گرفتند (جدول ۲۹).

جدول ۲۹. اولویت‌بندی روستاهای کرانه شرقی دریاچه ارومیه از نظر شاخص‌های سرمایه معیشتی (حیدری و مجنونی، ۱۳۹۵)

وضعیت خشکسالی	وضعیت سرمایه‌های معیشتی (میانگین بر مبنای صفر تا ۱۰)					تعداد
	اجتماعی	انسانی	اقتصادی	فیزیکی	طبیعی	
کم	۳/۸۵	۴/۲۱	۰/۹۸	۵/۴۲	۰/۶۴	۸۷
متوسط	۴/۹۱	۴/۴۱	۰/۵۴	۴/۰۵	۰/۷۱	۱۳۲
شدید	۳/۹۶	۳/۹۳	۲/۷۴	۴/۱۱	۲/۷۶	۳۷
خیلی شدید	۳/۷۸	۳/۷۶	۴/۱۵	۳/۴۳	۳/۹۹	۲۴
جمع	۴/۰۲	۴/۱۴	۲/۸۷	۴/۶۵	۱/۹۸	۳۸۰
آماره F	۳/۶۷	۳/۰۸	۶۷،۸۵	۵۷/۴۹	۸۴/۰۲	
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	

علاوه بر این، بررسی و تحلیل فضایی وضعیت سرمایه معیشتی در روستاهای مورد مطالعه در سطح شش شهرستان واقع در کرانه شرقی دریاچه ارومیه حاکی از این است که سرمایه‌های اجتماعی و انسانی با اندک تغییراتی (انحراف معیار ۰/۰۸) در تمامی روستاها یکسان بوده و سرمایه‌های فیزیکی و طبیعی در روستاهای شمالی در مقایسه با روستاهای جنوبی این کرانه بیشتر بوده است، به نحوی که شهرستان شبستر به عنوان شمالی‌ترین شهرستان کرانه شرقی دریاچه از نظر سرمایه فیزیکی دارای امتیاز ۳/۰۱ و سرمایه طبیعی ۴/۹۸ و شهرستان‌های آذرشهر، بناب و ملکان از شهرستان‌های میانی و جنوبی از نظر سرمایه فیزیکی و سرمایه طبیعی به ترتیب برابر با ۱/۶۳ و ۳/۸۹ بوده است. همچنین سرمایه اقتصادی و طبیعی با افزایش فاصله مسافت روستاها از ساحل دریاچه ارومیه افزایش می‌یابد که این امر ناشی از افزایش کیفیت منابع زمینی روستاها و مخصوصاً کیفیت خاک روستاهای دور از دریاچه است که تحت تأثیر شوری قرار ندارند. در نهایت این که با وجود تفاوت در بین شهرستان‌های شمالی، مرکز و جنوبی کرانه شرقی دریاچه ارومیه، از نظر میانگین نهایی متغیرهای سرمایهٔ معیشتی، از جنوب به شمال وضعیت سرمایه معیشتی کاهش می‌یابد.

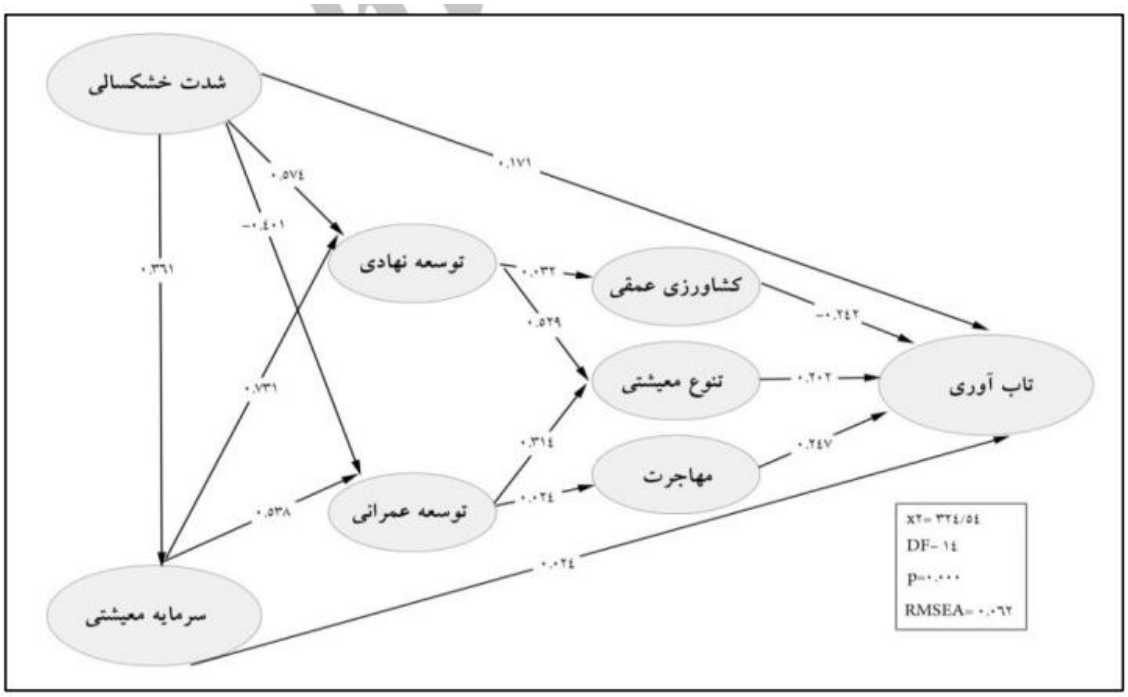
نتایج این پژوهش نشان داد تاب‌آوری روستاهایی که سابقه طولانی‌تری از آسیب‌پذیری (خشکسالی) داشتند و شدت خشکسالی‌شان هم بیشتر بوده است، بالاتر است. رابطه مثبت و معنادار شدت خشکسالی با رویکرد تنوع معیشتی، رابطه منفی و معنادار آن با مهاجرت و کشاورزی فشرده نمایانگر تأثیر مثبت تنوع معیشتی در افزایش تاب‌آوری و تأثیر منفی مهاجرت و کشاورزی فشرده در کاهش تاب‌آوری خانوارهای روستایی است. به عبارتی با افزایش تنوع معیشتی در سطح روستاها میزان تاب‌آوری روستائیان در برابر مخاطرات ناشی از خشکسالی دریاچه ارومیه افزایش و با افزایش مهاجرت روستائیان

و کشاورزی فشرده در سطح روستاها میزان تاب‌آوری در برابر مخاطره فوق کاهش می‌یابد. بررسی شاخص سرمایه‌های معیشتی در ابعاد پنج‌گانه آن حاکی از رابطه مثبت و معنادار آن با تنوع معیشتی و نیز تاب‌آوری خانوار است و با شاخص‌های توسعه نهادی و توسعه عمرانی به عنوان عامل واسط در اتخاذ رویکرد معیشتی نیز رابطه مثبت و معناداری دارد. رابطه منفی و معنادار سرمایه معیشتی با مهاجرت نشان داد که هرچه سرمایه معیشتی بالاتر و قوی‌تری وجود داشته باشد، از پتانسیل مهاجرتی خانوارها کاسته می‌شود و در عین حال رابطه معناداری نیز با کشاورزی فشرده مشاهده نمی‌شود؛ به بیان آشکار، افزایش سرمایه معیشتی از طریق تقویت پایه‌های زندگی اجتماعی و اقتصادی روستائیان تمایل آنان را به ماندگاری در روستاها و استفاده از شیوه‌های نوین کشاورزی افزایش می‌دهد. به منظور رسیدن به درک روشن‌تری از تأثیر متغیرهای بررسی‌شده در تاب‌آوری تحلیل رگرسیونی با روش قدم‌به‌قدم انجام شد؛ از میان متغیرهای بررسی‌شده، سرمایه معیشتی بیشترین نقش را در تبیین واریانس در تاب‌آوری داشته و به تنهایی بیش از ۲۷٪ از واریانس را تبیین کرد (جدول ۳۰). پس از آن، تنوع معیشتی دارای بیشترین سهم در مقایسه با دیگر متغیرها بود (۷٪). این نتایج موید اهمیت توجه به تنوع معیشتی در افزایش تاب‌آوری بهره‌برداران روستایی است.

جدول ۳۰. نتایج آزمون تحلیل رگرسیون در رابطه با تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای معیشتی در تاب‌آوری روستایی در کرانه شرقی دریاچه ارومیه (حیدری و مجنونی، ۱۳۹۵)

گام	متغیرهای ورودی	ضریب رگرسیون R	ضریب تعیین R^2	آماره F	سطح معناداری (Sig)
۱	سرمایه معیشتی	۰/۵۷۸	۰/۲۸۸	۸۸/۵۲	۰/۰۰۰
۲	سرمایه معیشتی، تنوع معیشتی	۰/۵۶۴	۰/۳۲۱	۶۲/۵۵	۰/۰۰۰
۳	سرمایه معیشتی، تنوع معیشتی، توسعه عمرانی	۰/۶۷۵	۰/۴۲۲	۵۰/۵۴	۰/۰۰۰
۴	سرمایهٔ معیشتی، تنوع معیشتی، توسعه عمرانی، وضعیت خشکسالی	۰/۷۴۱	۰/۴۹۸	۵۲/۳۵	۰/۰۰۰
۵	سرمایهٔ معیشتی، تنوع معیشتی، توسعه عمرانی، وضعیت خشکسالی، کشاورزی عمقی	۰/۷۶۸	۰/۵۳۴	۴۴/۶۳	۰/۰۰۰
۶	سرمایهٔ معیشتی، تنوع معیشتی، توسعه عمرانی، وضعیت خشکسالی، کشاورزی عمقی، توسعهٔ نهادی	۰/۷۴۲	۰/۵۷۵	۴۷/۶۸	۰/۰۰۰
۷	سرمایهٔ معیشتی، تنوع معیشتی، توسعهٔ عمرانی، وضعیت خشکسالی، کشاورزی عمقی، توسعهٔ نهادی، مهاجرت	۰/۷۶۸	۰/۷۳۱	۳۷/۴۲	۰/۰۰۰

شکل ۳۵ نیز نشان می‌دهد با توجه به چارچوب نظری استفاده‌شده در قالب تحلیل مسیر برای بررسی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها در تاب‌آوری این روستاها، بیشترین تأثیر کل و تأثیر مستقیم در تاب‌آوری متعلق به سرمایه معیشتی است و پس از آن بیشترین تأثیر را تنوع معیشتی دارد. خنثی شدن اثر توسعه نهادی و عمرانی در شرایط تعامل با دیگر متغیرها و نیز تأثیر مستقیم و منفی متغیرهای مهاجرت و منفی کشاورزی فشرده در مدل فوق از نکات درخور توجه است که حاکی از اهمیت زیاد اتخاذ راهبردهای معیشتی، اعم از تنوع منابع درآمدی روستائیان با هدف کلی ارتقای کیفیت زندگی روستایی در کرانه شرقی دریاچه ارومیه است.



شکل ۳۵. نتایج تحلیل مسیر متغیرهای تاب‌آوری روستاهای کرانه شرقی دریاچه ارومیه در برابر خشکسالی (حیدری و مجنونی، ۱۳۹۵)

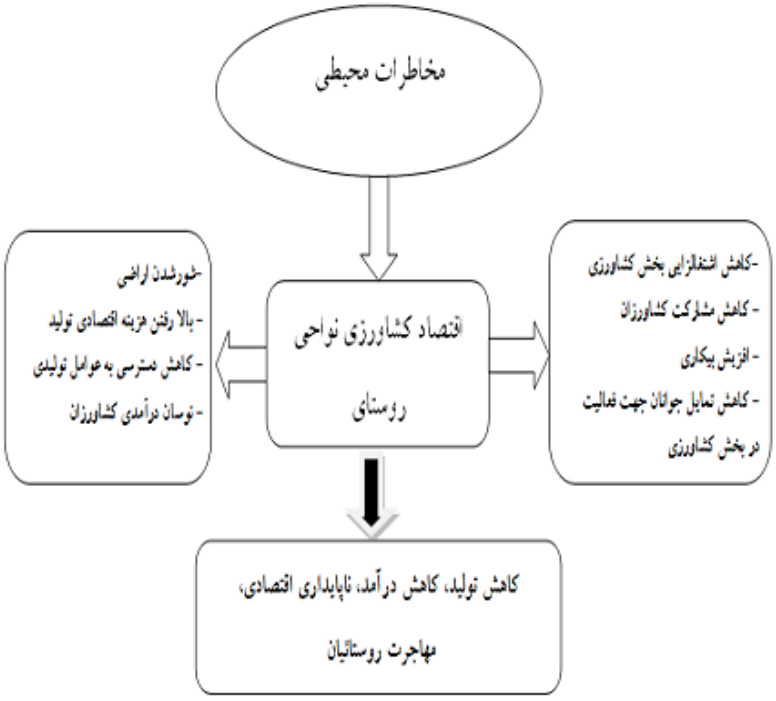
اگرچه متوسط میزان سرمایه‌های معیشتی و تاب‌آوری در جامعه آماری بررسی‌شده شرایط مناسبی را نشان نداد، ولی در مجموع نتایج و روابط موجود بین متغیرهای مطالعه‌شده مؤید نقش برخورداری از همه ابعاد سرمایه معیشتی در اتخاذ رویکرد مناسب در مواجهه با شرایط خشکسالی دریاچه ارومیه است. چنین تشخیصی در جامعه مطالعه‌شده منجر به اتخاذ رویکرد تنوع معیشتی به عنوان رویکرد مناسب و معقول شده و به تقویت تاب‌آوری خانوارهای روستایی در شدیدترین شرایط خشکسالی انجامیده است.

بر پایه نتایج این پژوهش، مناسب‌ترین راهبرد برای افزایش تاب‌آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشکسالی اتخاذ راهبردهای مناسب به منظور تنوع‌بخشی به منابع معیشتی خانوارهای روستایی است که با نتایج الیاس (۱۹۹۵)، کالدوِل (۲۰۰۹) و رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی داشته و نشانگر قابلیت بالای تعمیم نتایج این پژوهش در شرایط مشابه است.

در زمینهٔ اتخاذ رویکردهای تنوع‌بخشی به منابع معیشتی روستائیان راهکارهای علمی و تجربه‌شده متعددی وجود دارد از جمله این که به امر آموزش و آگاهی‌بخشی به عنوان یک اصل مسلم توجه گردیده و همواره با استفاده از انواع روش‌های آموزشی، دانش و مهارت روستائیان در زمینه‌هایی چون اصلاح الگوی کشت، راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب، استفاده از محصولات پربازده، استفاده از سایر مشاغل و... تمرکز نمود. علاوه بر این توصیه می‌شود اقدام به تشکیل یک ساختار فرابخشی جهت یکپارچه نمودن تصمیم‌گیری‌های کلان و راهبردی مدیریت بحران خشکسالی، انجام برنامه‌ریزی‌های لازم از طریق هماهنگ نمودن دستگاه‌های اجرایی مرتبط، تقویت سرمایه اجتماعی به منظور مشارکت روستاییان در مقابل بحران خشکسالی، تنوع‌بخشی به فعالیت‌های اقتصادی اجتماعات روستایی در معرض بحران، توجه به دانش بومی روستاییان، تقویت و بهره‌گیری از ظرفیت‌های نهادهای محلی جوامع روستایی در مدیریت منابع، تدوین برنامه‌های مشاوره‌ای پیرامون کمینه‌سازی تنش و نگرانی‌های روستاییان، ضرورت توجه به تدوین و اجرای راهکارهای مالی و اقتصادی در راستای تقویت تاب‌آوری روستاها، اجرای راهکارهای آموزشی و ترویجی مناسب در نواحی روستایی به منظور آموزش روستاییان، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید، سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت متناسب با ظرفیت‌های فیزیکی، انجام اصلاحات ساختار تصمیم‌گیری، ایجاد و توسعه تشکل‌های غیردولتی در مناطق روستایی صورت گیرد. علاوه بر راهکارهای فوق می‌توان از طریق حمایت‌های مالی، مانند اعطای تسهیلات بانکی می‌توان توان اقتصادی روستاها را تقویت نموده و تنوع شغلی و درآمدی جدیدی برای روستاها گشود و از وابستگی شدید روستاییان به کشاورزی کاست. در این رویکرد ضمن استفاده از منابع مالی داخلی، می‌توان از منابع مالی بانک جهانی، سازمان خواروبار جهانی، سازمان بهداشت جهانی، سازمان بین‌المللی کار و غیره نیز استفاده کرد. علاوه بر این می‌توان از طریق ایجاد بانکی تخصصی جهت ارائه تسهیلات کم‌بهره زمینه را برای ارتقای هرچه بیشتر تاب‌آوری روستاها در برابر خشکسالی مهیا ساخت. در نهایت این که از طریق ارائه الگوهای کشت محصولات با مصرف کم آب و گونه‌های مقاوم در برابر خشکسالی، از هدررفت آب منطقه جلوگیری گردد. علاوه بر این باید از برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی جلوگیری گردد.

اثرات کاهش آب دریاچه ارومیه بر معیشت جوامع پیرامونی؛ مطالعه موردی

مخاطرات محیطی اثرات گسترده، متنوع و عمیقی بر معیشت جوامع انسانی به همراه دارند (محمدی یگانه، ۱۳۹۲) که این موضوع مورد تایید بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است و حتی مدل‌های مفهومی برای تبیین این نگره تدوین شده است (شکل ۳۶). هرچه وابستگی جوامع انسانی به محیط طبیعی بیشتر و اتکای معیشتی به منابع طبیعی و محیطی بیشتر باشد عمق و شدت این اثرات بیشتر است. بر این اساس انتظار می‌رود اثرات منفی و پیامدهای گران مخاطرات محیطی بر جوامعی که وابسته به کشاورزی و اقتصاد کشاورزی هستند سنگین‌تر باشد. در همین جوامع نیز هرچه اتکای معیشتی و اجتماعی به کشاورزی، دامپروری و دیگر فعالیت‌های طبیعت‌محور بیشتر باشد، ثبات و پایداری اقتصادی جوامع بیشتر تحت‌الشعاع مخاطرات محیطی قرار می‌گیرد. در شرایط حاد، بسیاری از جوامع کشاورزی و روستایی با تشدید مخاطرات محیطی با نابودی و ترک محیط مواجه شده‌اند که تمدن میان‌رودان (بین‌النهرین) مهم‌ترین شاهد تاریخی در منطقه بر این ادعای سنگین است.



شکل ۳۶. مدل مفهومی اثرات مخاطرات محیطی بر معیشت و زیست جوامع انسانی (محمدی یگانه و همکاران، ۱۳۹۲).

کاهش سطح آب دریاچه اورمیه را می‌توان مهم‌ترین مخاطره محیطی دانست که در سال‌های اخیر در شمال غرب کشور در حال رخ دادن است. با کاهش سطح آب دریاچه اورمیه و بیرون ماندن گنبدهای نمکی و با وزیدن بادهای حاوی املاح و نمک به سمت اراضی کشاورزی و درختان میوه، زمین‌های کشاورزی این مناطق در حال نابودی و به شدت در معرض شورشدگی قرار گرفته‌اند. بروز مخاطرات محیطی در کشور امری معمول است و به سبب موقعیت خاص جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و توپوگرافی ویژه آن در نواحی مختلف و با توجه به این که یکی از مناطق مهم جمعیتی و یکی از قطب‌های کشت محصولات راهبردی به روش دیم، ناحیه شمال غربی کشور است، تنگناهای ناشی از مخاطرات محیطی و کم آبی و در نتیجه خشک شدن دریاچه اورمیه نمود خاصی پیدا کرده است (پروین، ۱۳۹۰).

تاکنون مطالعات گوناگونی در مورد اثرات خشک شدن و کاهش تراز آب دریاچه ارومیه بر اقتصاد کشاورزی و معیشت جوامع درون این حوضهٔ آبریز صورت گرفته است. جدول ۳۱ به مهم‌ترین این مطالعات و نتایج مستقیم و ضمنی آنها اشاره کرده است. محمدی یگانه و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی اثرات کاهش سطح آب دریاچه اورمیّه در اقتصاد کشاورزی دهستان مرحمت‌آباد شمالی در شهرستان میاندوآب پرداختند که در این قسمت از گزارش به نتایج این مطالعه پرداخته می‌شود. شهرستان میاندوآب در جنوب دریاچه ارومیه و جنوب شرقی استان آذربایجان غربی واقع شده است. بخش مرحمت‌آباد یکی از بخش‌های تابعه این شهرستان بوده و به دو دهستان مرحمت‌آباد شمالی و جنوبی تقسیم شده است که بنابر سرشماری مرکز آمار ایران، جمعیت این بخش در سال ۱۳۸۵ برابر ۲۳۸۲۸ نفر بوده و ۸ روستا دارد؛ با توجه به شرایط آب هوایی و جغرافیایی از جمله: دریاچه اورمیه، جنگل‌های چند صد کیلومتری معروف به شامات، شکارگاه مناسب و محل نگهداری اسب و گوسفند و با توجه به وجود دشت‌های بزرگ در این منطقه، مانند دشت قپچاق مکان مناسبی برای کشاورزی و باغبانی بوده است و وجود شکار، زراعت، باغبانی و امکانات دیگر حیاتی باعث مهاجرت مردم از سایر مناطق و رونق سکونت در این منطقه شده است.

جدول ۳۱. خلاصه‌ای از مطالعات انجام‌شده در زمینه اثرات بحران دریاچه ارومیه بر معیشت جوامع پیرامونی (محمدی یگانه و همکاران، ۱۳۹۲).

محقق و سال	عنوان	روش	نتایج
درویش و همکاران(۱۳۸۹)	خشک شدن دریاچه ارومیه، بیابان‌زایی و اثرات آن	روش توصیفی- تحلیلی و مطالعات کتابخانه‌ای	اگر روند کاهش سطح آب دریاچه ارومیه متوقف نشود، باید این واقعیت را بپذیریم که بزرگ‌ترین رخداد بیابان-زایی قرن در ایران کلید خواهد خورد.
گلابیان (۱۳۸۹)	بررسی طرح احیا و تثبیت دریاچه ارومیه به کمک آب دریای خزر	روش توصیفی- تحلیلی و مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی	به این نتیجه رسیده که دریاچه ارومیه را می توان با استفاده از آب دریای خزر و جلوگیری از سد سازی احیا کرد.
سلیمی ترکمانی(۱۳۸۹)	مشکلات زیست محیطی دریاچه ارومیه از منظر حقوق بین الملل	با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی	پروژهای توسعه ای –اقتصادی، نظیر احداث بزرگراه و سد های مخزنی متعدد روی رود خانه‌های تغذیه کننده آن را با مشکل خشکیدن مواجه کرده است.
Karbassi, et-al (2010)	بررسی اثرات زیست محیطی آب شیرین کن بر روی محیط زیست دریاچه ارومیه	با استفاده از روش تجربی	استخراج نمک‌های موجود از این دریاچه برای استفاده در صنایع پتروشیمی امکان پذیر است. با این حال، بدلیل شوری آب دریاچه، استفاده از فن آوری‌های مبتنی بر حذف نمک تقطیر یا اسمز معکوس مشکل می باشد.
Ghaheri, Naziri,(2012)	بررسی دریاچه اورمیه ایران	با استفاده از روش تجربی و آزمایشگاهی	بررسی ویژگی‌های اصلی هیدرولوژیکی، مورفومتریک و شیمیایی از دریاچه ارومیه پرداخته و برخی از نظریات در مورد باکتریولوژیک و کیفیت رسوبات دریاچه را بررسی شده است.
Hassanzadeh , et -al (2012)	عوامل اصلی در کاهش صعود سطح آب دریاچه ارومیه	با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی	نتایج نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی و استفاده بیش از حد از منابع آب های سطحی، احداث سد، کمبود رسوب در کاهش سطح دریاچه در سال‌های اخیر تاثیر داشته اند.
Delju, et- al (2012)	تغییر و تنوع آب و هوا مشاهده شده در حوضه دریاچه ارومیه، ایران	با استفاده از روش تجربی	نتایج نشان می دهد متوسط بارش ۹.۲ درصد کاهش و حداکثر درجه حرارت به طور متوسط تا ۰.۸ سانتیگراد در طول این چهار دهه افزایش یافته است. بنابراین نوسانات آب این دریاچه خشکسالی طبیعی نیست.

نتایج این تحقیق نشان داد دریاچه اورمیه طی دهه‌های گذشته به دلیل بروز خشکسالی، کاهش بارش‌ها، عوامل انسانی، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و غیره شروع به خشک شدن کرده است و گسترش خشکسالی و کاهش سطح آب این دریاچه تهدید جدی علیه کشاورزی، که بزرگ‌ترین منبع

درآمد مردم روستاهای مناطق شمال غرب ایران است به شمار می رود. وزش توفان و بادهای شدید به تدریج موجب انتقال نمک به مزارع کشاورزی منطقه شده و این امر منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، کاهش درآمد روستاییان، کاهش تولید در منطقه، کاهش اشتغال مولد، از رونق افتادن صنایع جانبی، تبدیلی و وابسته به کشاورزی، شور شدن اراضی کشاورزی، از بین رفتن مراتع، کاهش سطح آب های زیر زمینی، از بین رفتن درختان میوه و حبوبات در نتیجه موجب مهاجرت فصلی جوانان روستایی شده است. کاهش سطح آب دریاچه اورمیه اثرات متعددی در توسعه اقتصاد کشاورزی دهستان مرحمت‌آباد شمالی (محدوده مورد مطالعه) دارد.

بر اساس نتایج تحلیل عاملی این اثرات در هشت دسته (۱- درآمد و شیوه‌های تولید، ۲- درآمد، تسهیلات و شیوه تولید، ۳- شیوه تولید، نهاده‌ها و درآمد، ۴- مدیریت و شیوه تولید، ۵- درآمد، شیوه‌های تولید و نهاده‌ها، ۶- نهاده‌ها و درآمد، ۷- شیوه تولید و درآمد، و ۸- شیوه تولید) قرارگرفته و بیش از ۸۰٪ واریانس اثرات کاهش سطح آب دریاچه اورمیه در اقتصاد روستایی دهستان مورد مطالعه را تبیین نمودند (جدول ۳۲). از مهم‌ترین اثرات کاهش آب دریاچه در این دهستان که بر اساس نتایج تحلیل عاملی به عنوان عامل نخست وارد تحلیل شده و مقدار قابل توجهی از واریانس را به خود اختصاص داده، عامل درآمد و شیوه‌های تولید است که به جهت تاثیر عامل درآمد برکاهش توانایی تأمین و خرید به موقع نهاده‌ها و کاهش فرصت و میزان استفاده از اعتبارات بانکی برای توسعه کشاورزی و در نتیجه بهبود شیوه‌های مدیریت اراضی و قطعات زمین است. دومین عاملی که ۱۴٪ واریانس را به خود اختصاص داده عامل درآمد، تسهیلات و شیوه تولید است. از مهم‌ترین اثرات آن، کاهش اعتماد میان نظام اعتبارات و نبود میل کشاورزان به استفاده گروهی از اعتبارات، کاهش فرصت‌های اشتغال غیرکشاورزی و کاهش دسترسی به اراضی را برای کشاورزان به همراه داشته است. پارامتری که در اولویت سوم تحلیل عاملی شیوه تولید، نهاده‌ها و درآمد بود. از مواردی که در این عامل قرار گرفته افزایش هزینه استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی و نبودن شیوه‌های جدید تولیدی است که کاهش اشتغال در بخش کشاورزی را به همراه داشته است.

جدول ۳۲. عامل‌بندی متغیرهای موثر بر اقتصاد کشاورزی دهستان مرحمت‌آباد بر اثر مخاطرات ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه (محمدی یگانه، ۱۳۹۲).

نام عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
درآمد و شیوه‌های تولید	۵/۹۳۰	۱۶/۰۲۶	۱۶/۰۲۶
درآمد، تسهیلات و شیوه تولید	۵/۲۸۲	۱۴/۲۷۵	۳۰/۳۰۴
شیوه تولید، نهاده‌ها و درآمد	۳/۵۸۲	۱۰/۷۶۲	۴۱/۰۶۶
مدیریت و شیوه تولید	۳/۵۴۵	۹/۹۳۸	۵۱/۰۰۴
درآمد، شیوه‌های تولید و نهاده‌ها	۳/۳۳۰	۹/۰۰۱	۶۰/۰۰۵
نهاده‌ها و درآمد	۳/۰۰۱	۸/۱۱۰	۶۸/۱۱۵
شیوه تولید و درآمد	۲/۷۰۶	۷/۷۱۳	۷۵/۸۲۸
شیوه تولید	۱/۶۴۹	۴/۴۵۷	۸۰/۸۲۵
مجموع	۲۸/۰۲۵	۸۰/۲۸۵	-

چهارمین عامل مدیریت و شیوه تولید است. در این عامل استفاده از راهنمایی‌های مروجان کشاورزی در گزینش نوع کشت و بذر بیشترین تأثیر را در اقتصاد کشاورزی داشته است. پنجمین عامل درآمد، شیوه‌های تولید و نهاده‌ها است؛ در این عامل متغیر استفاده صحیح از ادوات و ماشین‌آلات در مزارع با بار عاملی ۰,۶۷۸ بیشترین تأثیر را در اقتصاد کشاورزی داشته است. عامل‌های ششم تا هشتم به ترتیب عبارتند از: نهاده‌ها و درآمد، شیوه تولید و درآمد و شیوه تولید، که در هر کدام از آنها متغیرهایی مانند نهاده‌های مناسب با اقلیم و خاک و آب، افزایش قیمت نهاده‌های تولیدی و بهبود شیوه‌های دامداری با رعایت اصول ترویجی با بار عاملی بیشتر، بیشترین تأثیر را در اقتصاد کشاورزی محدوده مورد مطالعه دارند.این امر نشان از نبود آگاهی مردم، کافی نبودن فعالیت‌های آموزشی برای کشاورزان و همچنین عدم توان مالی کشاورزان جهت خرید و استفاده از نهاده‌ها و بذرهای مقاوم در برابر شوری دارد.

۴-۷ بررسی شاخص‌های کلان اقتصاد آب حوضه (ارزش افزوده به ازای هر مترمکعب آب در بخش‌های مختلف)

۴-۸ محاسبه شاخص‌های اقتصاد تولید محصولات کشاورزی (هزینه-درآمد خالص محصولات کشاورزی، نسبت منفعت به هزینه و...)

۴-۹ برآورد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف حوضه آبریز

۴-۱۰ بررسی و محاسبه شاخص بهره‌وری و کارایی مصرف آب

در این بخش از مطالعات که به بررسی وضعیت اقتصاد تولید کشاورزی منطقه مطالعات اختصاص یافته ابتدا هزینه و درآمد تولیدات کشاورزی در وضع موجود ارائه شده، سپس محصولات مختلف به لحاظ شاخص‌های اقتصادی (سودآوری در واحد سطح، بازدهی اقتصادی هر مترمکعب آب مصرفی، و اشتغالزایی رتبه‌بندی و مقایسه شده‌اند. محاسبات این بخش از مطالعات بر مبنای اطلاعات طرح **راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی برای محدودهٔ میاندوآب** (مجری: مشاور یکم) انجام شده است.

مبانی و شاخص‌های مورد محاسبه

در بررسیها و محاسبات این مبحث از ابزارهای تحلیل اقتصادی استفاده شده و در آن روند تولید محصولات از دیدگاه کل جامعه (کلان) در نظر گرفته شده است. براین اساس برای محصولاتی که از قیمت‌های تضمینی برخوردار بوده‌اند از قیمتهای مذکور و برای سایر محصولات و نهاده‌ها از تعدیل قیمتهای بازار براساس فروش سر مزرعه استفاده شده است. محاسبات انجام‌گرفته بر اساس قیمتهای سال ۱۳۹۵ بوده و اصطلاحات و شاخصهای مورد نظر در مطالعات عبارتند از:

هزینه تولید محصولات در واحد سطح

هزینه تولید هر محصول مجموع هزینه‌های واسطه‌ای و نیروی کار است. هزینه‌های واسطه‌ای شامل هزینه نهاده‌های مصرفی و ماشین‌آلات بوده که در آن هزینه نهاده‌ها بر اساس قیمت‌های رسمی و تعدیل قیمتهای بازار ارزش‌گذاری و هزینه آن تعیین شده است. هزینه ماشین‌آلات با احتساب هزینه استهلاک با توجه به عواملی نظیر ساعت کارکرد سالانه، تعداد عملیات، عمر مفید، هزینه سوخت و روغن و تعمیرات محاسبه گردیده است. هزینه نیروی کار نیز شامل هزینه فرصت از دست رفته نیروی کار کشاورزی بوده و عبارت است از ارزشی که نیروی کار در صورت اشتغال به سایر امور می‌توانست ایجاد نماید. این هزینه بر مبنای دستمزد نیروی کار در محدوده مطالعاتی برآورد و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است. هزینه استحصال آب در شرایط موجود مجموع هزینه‌هایی است که جهت انتقال آب به مزرعه صورت می‌گیرد و با توجه به منابع آب زراعی منطقه برآورد شده است.

ارزش ناخالص تولید

ارزش ناخالص محصولات در واحد سطح با احتساب تولیدات و قیمت آنها محاسبه شده است. حاصل جمع ارزشهای ناخالص فوق، ارزش ناخالص کل را تشکیل می‌دهد.

ارزش خالص تولید

ارزش خالص محصولات حاصل تفاضل هزینه تولید از ارزش ناخالص می‌باشد از مجموع ارزش خالص محصولات، ارزش خالص کل محدوده حاصل می‌شود.

ارزش افزوده تولید

ارزش افزوده عبارت است از اضافه ارزشی که در نتیجه فعالیتهای کشاورزی در محدوده مطالعاتی حاصل گردیده است؛ این رقم از مابه‌التفاوت ارزش ناخالص تولید و هزینه‌های واسطه‌ای به دست می‌آید.

هزینه تمام شده هر واحد محصول

عبارت است از هزینه تمام شده برای تولید یک واحد محصول که از تقسیم هزینه تولید در هکتار بر عملکرد محصول حاصل می‌شود.

نسبت فایده به هزینه

از تقسیم ارزش ناخالص تولید بر هزینه تولید یک محصول به دست می‌آید و عبارت است از میزان ارزش تولید حاصل شده از هر واحد هزینه صرف شده در روند تولید محصول.

برآورد درآمد خالص هر یک از محصولات و سودآوری نسبی آنها

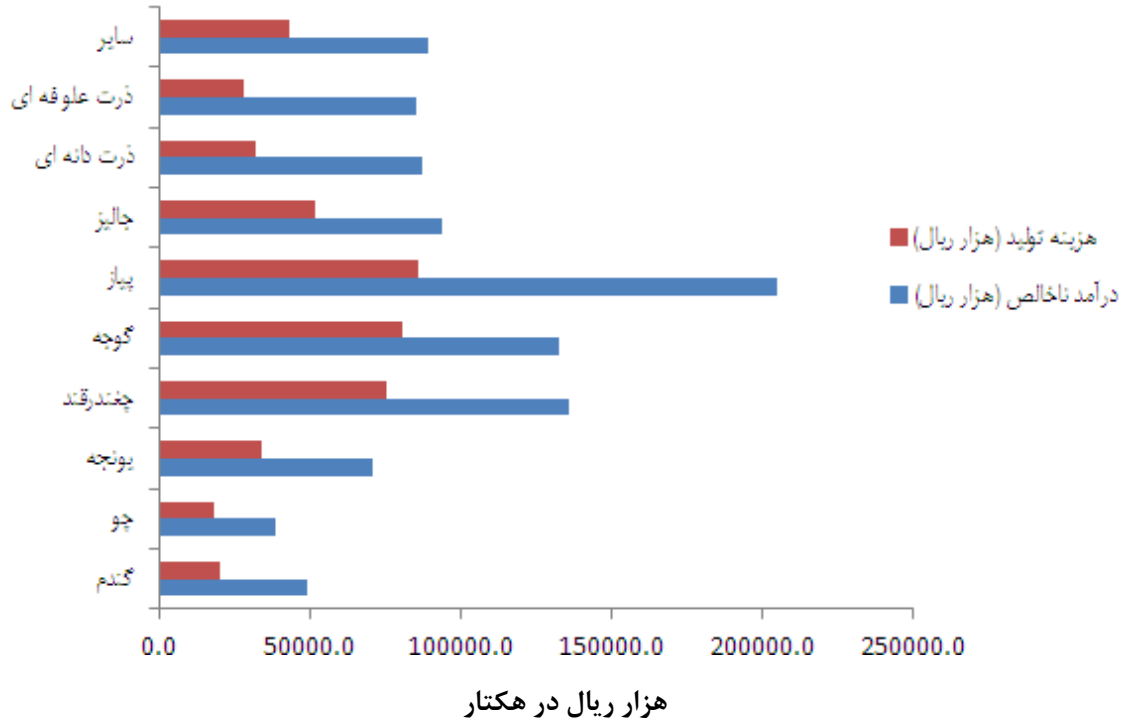
در جدول ۳۳ و شکل‌های ۳۵ و ۳۶ محاسبات مربوط به درآمد و هزینه محصولات زراعی گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در محدوده مطالعاتی میاندوآب، بیشترین درآمد ناخالص در هکتار در بین محصولات زراعی با مقدار ۲۰۴/۹ میلیون ریال در هکتار مربوط به محصول پیاز و پس از آن با ۱۳۵/۹ و ۱۳۲/۶ میلیون ریال در هکتار به ترتیب متعلق به چغندرقند و گوجهفرنگی است. با کسر هزینه‌های تولید از درآمد ناخالص، درآمد خالص یا سود ناخالص حاصل می‌گردد که مقدار آن برای پیاز با ۱۱۸/۷ میلیون ریال در هکتار بیشترین و برای گندم با ۱۸/۹ میلیون ریال در هکتار کمترین مقدار است. درآمد خالص چغندرقند ۶۰/۹ میلیون ریال در هکتار، ذرت علوفه‌ای ۵۷/۳ میلیون ریال، ذرت دانه‌ای ۵۴/۷ میلیون ریال و برای گوجه فرنگی ۵۱/۹ میلیون ریال در هکتار می‌باشد. کشت پیاز به لحاظ اشتغالزایی نیز در بین دیگر محصولات زراعی دارای بیشترین مقادیر است، به طوری که هر هکتار پیاز سالانه نیازمند ۹۸ نفر روز کار برای انجام انواع عملیات زراعی اعم از کاشت، داشت و برداشت است. بر اساس پتانسیل اشتغالزایی، محصولات گوجه فرنگی، چغندر و جالیز به ترتیب با نیاز کاری ۹۷/۴، ۷۱ و ۶۷/۸ نفر-روز در هکتار قرار دارند. در مقابل، محصولات جو، گندم و ذرت علوفه‌ای با تقاضای نیروی کاری معادل ۱۲-۱۳ نفر روز در هر هکتار، از کمترین پتانسیل برای ایجاد اشتغال در منطقه برخوردارند.

جدول ۳۳. محاسبه هزینه-درآمد محصولات زراعی محدوده مطالعاتی میاندوآب

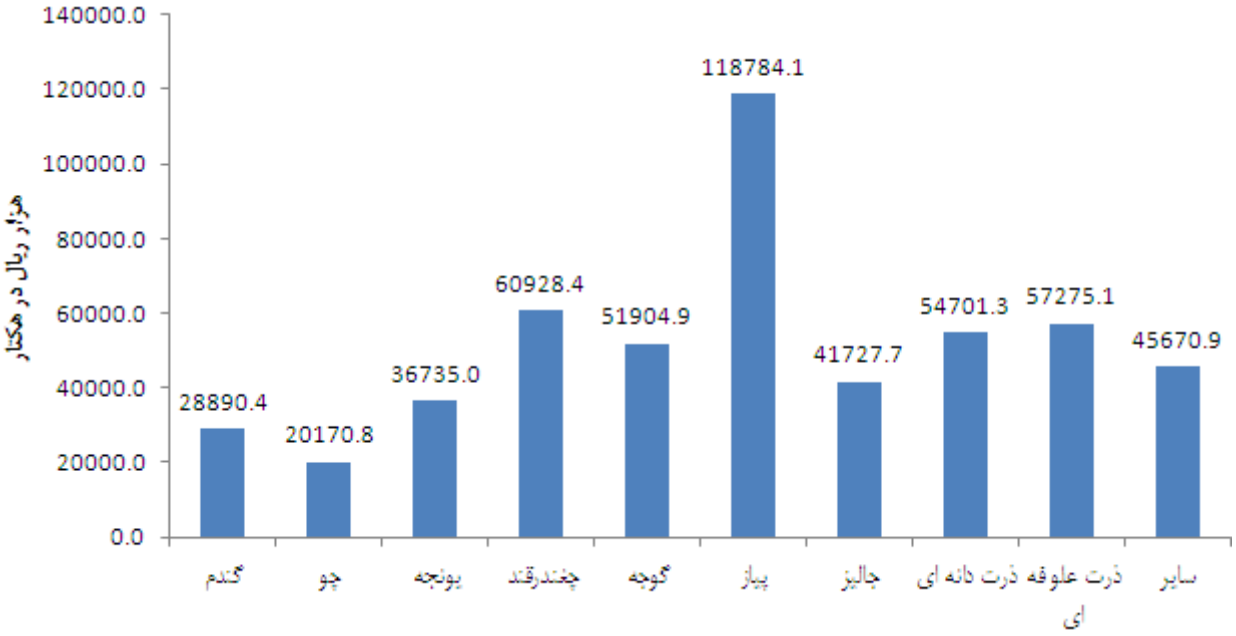
	واحد	گندم	جو	یونجه	چغندرقند	گوجه	پیاز	جالیز	ذرت دانه-	ذرت	سایر
سطح زیرکشت	هکتار	۲۵۱۷۹	۶۶۱۸	۱۲۵۶۴	۶۲۶۹	۲۷۶۰	۸۹۴	۱۱۸۲	۶۹۲	۱۶۰	۹۴۹
عملکرد محصول	کیلوگرم در	۳۳۶۸	۳۱۶۸	۸۸۵۸	۵۰۳۶۰	۳۷۸۷۵	۴۵۵۳۸	۱۸۵۹۳	۸۱۶۲	۴۴۹۶۹	۲۴۳۳
قیمت فروش سر مزرعه	ریال بر کیلوگرم	۱۱۵۰۰	۹۲۰۰	۸۰۰۰	۲۷۰۰	۳۵۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰	۹۶۰۰	۱۹۰۰	۳۵۰۰۰
درآمد ناخالص	هزار ریال در	۴۸۸۳۹/۷	۳۸۶۴۸/۴	۷۰۸۶۴/۹	۱۳۵۹۷۲/۱	۱۳۲۶۳۴/۷	۲۰۴۹۲۱/۱	۹۳۴۵۱/۸	۸۶۹۲۳/۸	۸۵۴۴۰/۶	۸۸۸۱۹/۴
هزینه کل تولید	هزار ریال در	۱۹۹۴۹/۳	۱۸۴۷۷/۶	۳۴۱۲۹/۹	۷۵۰۴۳/۷	۸۰۷۲۹/۷	۸۶۱۳۷/۱	۵۱۷۲۴	۳۲۲۲۲/۵	۲۸۱۶۵/۶	۴۳۱۴۸/۵
درآمد خالص	هزار ریال در	۱۸۸۹۰/۴	۲۰۱۷۰/۸	۳۶۷۳۵/۰	۶۰۹۲۸/۴	۵۱۹۰۴/۹	۱۱۸۷۸۴/۱	۴۱۷۲۷/۷	۵۴۷۰۱/۳	۵۷۲۷۵/۱	۴۵۶۷۰/۹
میزان اشتغال زایی	نفر-روز در	۱۲/۴	۱۲/۱	۲۸/۳	۷۱	۹۷/۴	۹۸	۶۷/۸	۱۶/۷	۱۲/۸	۵۵/۹
آب مصرفی	مترمکعب در	۶۸۰۷	۵۷۱۲	۱۶۴۴۴	۱۵۰۹۰	۱۳۳۷۰	۱۴۵۴۱	۸۹۶۸	۱۱۹۹۴	۷۵۰۰	۹۵۸۹

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

بیشـــترین مقدار مصـــرف آب در هکتار در بین محصـــولات مختلف با ۱۶۴۴۴ مترمکعب مربوط به یونجه و پس از آن به ترتیب مربوط به چغندرقند، گوجه فرنگی و ذرت دانه‌ای به ترتیب با ۱۵۰۹۰، ۱۳۳۷۰ و ۱۱۹۹۴ مترمکعب در هکتار اســـت. جو با مصـــرف ۵۷۱۲ مترمکعب آب در هکتار کشـــت، کمم صرف‌ترین مح صول منطقه بوده و پس از آن گندم با م صرف ۶۸۰۷ مترمکعب و ذرت علوفه‌ای با ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار قرار دارند. گندم و جو محصـــولات پاییزه در منطقه محســـوب می‌شـــوند که دوره کشـــت آنها منطبق با دوره بارش‌ها بوده و بخشـــی از نیاز آبی آنها از طریق نزولات جوی تامین می‌گردد. مصـــرف پایین آب در کشـــت ذرت علوفه‌ای نیز بیشـــتر به دلیل کوتاه بودن دوره کشـــت ذرت علوفه‌ای است که عمدتاً به عنوان کشت مجدد، کشت می‌شود.



شکل ۳۵ درآمد و هزینه کشت محصولات مختلف زراعی در محدوده مطالعاتی میاندوآب (داده‌ها: ستاد احیا)



شکل ۳۶ ارزش خالص تولیدات زراعی محدوده مطالعاتی میاندوآب (داده‌ها: ستاد احیا)

۴-۱۱ برآورد بهره‌وری و ارزش اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف

بهره‌وری نهاده‌های تولید در کشاورزی از جمله آب از دو جنبه قابل بررسی است که شامل بهرهوری تولید و بهرهوری اقتصادی می‌باشد. بهره‌وری تولیدی آب، مقدار فیزیکی تولید را به ازای مصرف هر مترمکعب اندازه‌گیری میکند و در مقابل، بهره‌وری اقتصادی نشاندهنده ارزش ناخالص ایجاد شده به ازای هر مترمکعب آب مصرفی در تولید محصولات مختلف است. به عبارت دیگر در اینجا مفهوم اقتصادی بهره‌وری حاصل تقسیم ارزش ناخالص تولید در بخش کشاورزی بر مقدار آب مصرفی بوده و بهره‌وری تولید از تقسیم عملکرد محصول در هکتار بر مقدار آب مصرفی آن در هر هکتار به دست آمده است. ارزش اقتصادی آب نیز در اینجا بر اساس روش باقیمانده‌ها محاسبه شده است. در این روش، کل ارزش خالص تولید که پس از کسر کلیه هزینه‌های تولید به جز آب از ارزش ناخالص تولید در کشت هر محصول به دست آمده است، به نهاده آب منتسب میگردد. مقادیر بهره‌وری تولیدی، اقتصادی و همچنین ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در تولید محصولات مختلف زراعی دشت میاندوآب در جدول ۳۴ محاسبه و گزارش شده‌اند. همانطور که ملاحظه می‌شود، مقدار بهره‌وری فیزیکی تولید از ۰/۲۵ کیلوگرم برای محصول حبوبات (سایر زراعت) تا ۳/۳ کیلوگرم محصول برای چغندرقند متغیر است. مقدار این شاخص برای گندم ۰/۴۹ کیلوگرم، برای جو ۰/۵۵ کیلوگرم؛ برای گوجه ۲/۸ کیلوگرم و برای پیاز ۳/۱۳ کیلوگرم است. ارزش ناخالص تولید به ازای هر مترمکعب آب (بهره‌وری اقتصادی) نیز از ۱۴۰۹۲ ریال در کشت پیاز تا حداقل مقدار ۴۳۱۰ ریال بر مترمکعب آب مصرفی در کشت یونجه متغیر است. به ازای هر مترمکعب آب مصرفی در کشت گندم نیز حدود ۷۱۷۵ ریال ارزش ناخالص ایجاد شده است.

جدول ۳۴. محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب در کشت محصولات زراعی در محدوده مطالعاتی میاندوآب

	گندم	جو	یونجه	چغندرقند	گوجه‌فرنگی	پیاز	جالیز	ذرت دانه‌ای	ذرت علوفه‌ای	سایر
بهره‌وری تولیدی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۵۴	۳/۳	۲/۸	۳/۱۳	۲/۰۷	۰/۶۸	۶	۰/۲۵
بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)	۷۱۷۵	۶۷۶۷	۴۳۱۰	۹۰۱۱	۹۹۲۱	۱۴۰۹۲	۱۰۴۲۱	۷۲۴۷	۱۱۳۹۲	۹۲۶۳
ارزش اقتصادی هر واحد آب (ریال بر مترمکعب)	۴۲۴۴	۳۵۳۱	۲۲۳۴	۴۰۳۸	۳۸۸۲	۸۱۶۹	۴۶۵۳	۴۵۶۱	۷۶۳۷	۴۶۷۳

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی به لحاظ اقتصادی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای بر اساس مطالعات مختلف در سطح جهانی در دامنه‌ای از مقادیر مندرج در جدول ۳۵ نشان داده شده است. معمولاً مقادیر بهره‌وری آب در کشت هر محصول در مناطق، فصول و بازارهای مختلف، متفاوت است. چنانچه این به عنوان میانگین مقدار بهره‌وری آب در کشت محصولات مختلف در سطح جهانی ملاک عمل قرار گیرد، مقایسه نتایج بهره‌وری تولیدی آب در کشت محصولات زراعی دشت میاندوآب با ارقام متناظر این جدول نشان می‌دهد که متوسط بهره‌وری آب در کشت گندم در این منطقه کمتر از دامنه مقادیر بهره‌وری آب در سطح جهانی ا ست. بهره‌وری گندم در میاندوآب در مقایسه با دامنه بهره‌وری آب این محصول در سطح جهانی، در میانه رو به پایین این بازه قرار دارد به طوری که متوسط بهره‌وری این محصول در سطح جهانی در دامنه ۱/۲-۰/۲ (متوسط ۰/۷ کیلوگرم) است این در حالی است که مقدار متناظر آن برای کشت گندم در منطقه مطالعات حدود ۰/۴۹ کیلوگرم است. ذرت، حبوبات و گوجه‌فرنگی نیز پایین‌تر از میانگین جهانی به لحاظ بهره‌وری آب قرار دارند.

جدول ۳۵. بهره‌وری اقتصادی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای آب برای محصولات منتخب در میاندوآب

محصول/زیرگروه	دلار در مترمکعب	کیلوگرم در مترمکعب	پروتئین (گرم) در مترمکعب	کالری در مترمکعب
دانه‌ها				
گندم	۰/۰۴-۰/۰۳	۱/۲-۰/۲	۱۵۰-۵۰	۴۰۰۰-۶۶۶
برنج	۰/۱۸ -۰/۰۵	۱/۶-۰/۱۵	۵۰-۱۲	۲۰۰۰-۵۰۰
ذرت	۰/۲۲-۰/۰۳	۲-۰/۳	۲۰۰-۳۰	۷۰۰۰-۱۰۰۰
بقولات				
عدس	۰/۳-۰/۰۹	۱-۰/۳	۱۵۰-۹۰	۳۵۰۰-۱۰۶۰
باقلا	۰/۲۴-۰/۰۹	۰/۸-۰/۳	۱۵۰-۱۰۰	۳۳۶۰-۱۲۶۰
میوه‌ها /سبزیجات				
سیب زمینی	۰/۷-۰/۳	۷-۳	۱۲۰-۵۰	۷۰۰۰-۳۰۰۰
گوجه فرنگی	۳-۰/۷۵	۲۰-۵	۲۰۰-۵۰	۴۰۰۰-۱۰۰۰
سیب	۴-۰/۸	۵-۱	ناچیز	۲۶۰۰-۵۲۰
زیتون	۳-۱	۳-۱	۳۰-۱۰	۳۴۵۰-۱۱۵۰
خرما	۱/۶-۰/۸	۰/۸-۰/۴	۱۶-۸	۲۲۴۰-۱۱۲۰

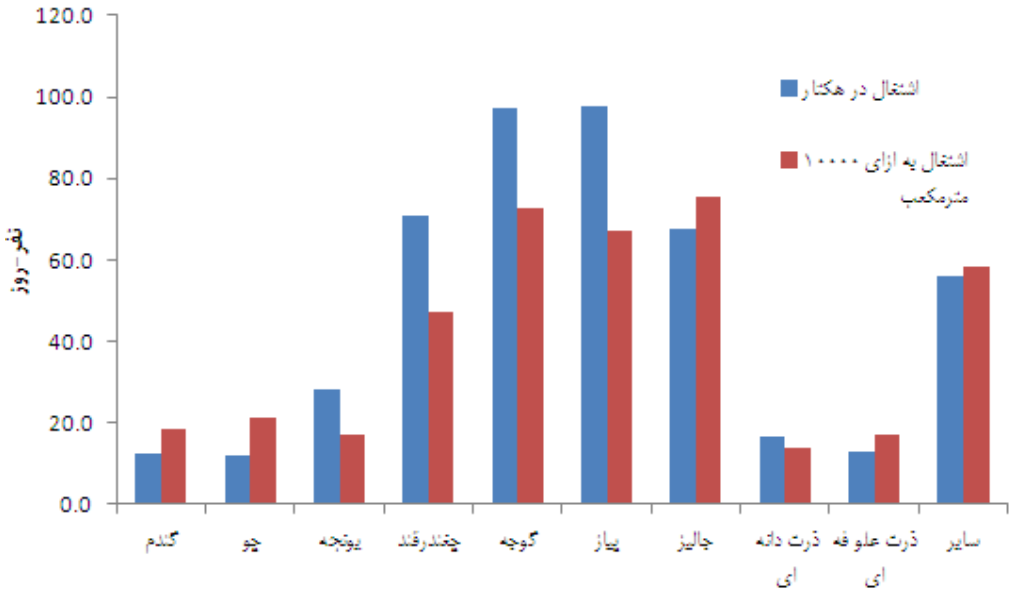
منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

ارزش اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف بیانگر ارزشی است که هر واحد اضافی مصرف آب در کشت هر محصول به ارزش کل تولید اضافه می‌نماید. بر اساس محاسبات انجامشده در جدول ۱۲

بیشترین ارزش اقتصادی به ازای هر واحد مصرف آب در کشت محصولات مختلف زراعی مربوط به یاز با ۸۱۶۹ ریال بر مترمکعب و پس از آن به ترتیب مربوط به ذرت علوفه‌ای (۷۶۳۷ ریال بر مترمکعب)، سایر زراعت‌ها (حبوبات با ۴۷۶۳ ریال بر مترمکعب)، جالیز (با ۴۶۵۳ ریال بر مترمکعب) و ذرت دانه‌ای (با ۴۶۵۳ ریال بر مترمکعب) است. متوسط ارزش اقتصادی آب در کشت گندم و جو نیز به ترتیب ۴۲۴۴ و ۳۵۳۱ ریال بر مترمکعب برآورد شده است. به لحاظ ارزش اقتصادی آب کشت یونجه دارای پایین‌ترین ارزش (۲۲۳۴ ریال بر مترمکعب) است.

۴-۱۲ محاسبه شاخص‌های اشتغال‌زایی محصولات کشاورزی حوضه به ازای هر هکتار زمین و هر مترمکعب آب

یکی از شاخص‌های مورد توجه، به ویژه از جنبه‌های سیاست‌گذاری در خصوص مدیریت منابع آب و توسعه بخش کشاورزی، موضوع اشتغال روستایی است. بر این اساس، در اینجا به برآورد پتانسیل اشتغالزایی هر یک از کشت‌های زراعی منطقه میاندوآب پرداخته شده است. البته برآوردهای انجامشده در این مرحله صرفاً اشتغال مستقیم ناشی از کشتوکار محصولات زراعی است. میزان اشتغالزایی هر یک از کشت‌های زراعی بر اساس نیروی کار ماهر و غیرماهر مورد نیاز این محصولات برای انجام کلیه فعالیت های زراعی کاشت، داشت و برداشت برآورد شده که بر اساس دو شاخص اشتغالزایی به ازای هر واحد زمین (نیروی کار در هکتار) و به ازای هر واحد آب (۱۰۰۰۰ مترمکعب) براورد شده است. نتایج مربوط به این محاسبات در شکل ۳۷ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، کاربرترین محصولات منطقه در واحد سطح کشت شامل پیاز، گوجهفرنگی، چغندر قند و محصولات جالیزی است. اما به لحاظ پتانسیل ایجاد اشتغال به ازای هر ۱۰۰۰۰ مترمکعب آب، جالیز دارای بیشترین نیاز کاری و پس از آن به ترتیب گوجه‌فرنگی و پیاز است.



شکل ۳۷. پتانسیل اشتغال‌زایی محصولات زراعی به ازای هر واحد زمین و آب در میاندوآب (داده‌ها: ستاد احیا)

همانطور که از تحلیل‌های فوق بر می‌آید، اولویت کشت محصولات مختلف با توجه به شاخص‌های سودآوری، ایجاد اشتغال، مقدار آب بری و تولید ارزش اقتصادی آب متغیر است. بر این اساس، چنانچه رویکرد تو سعه پایدار در برنامه‌ریزی منابع آب و تو سعه ک شاورزی حو ضه دریاچه ارومیه مبنای عمل باشد، انتخاب محصولات مختلف به طوری که بتواند ضمن تامین شرط کارایی اقتصادی، پایداری منابع آب و ا شتغال و معیشت رو ستائیان را نیز برآورده سازد، حائز اهمیت ویژه ا ست. برای این منظور ابتدا یک رتبه‌بندی از محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های مختلف سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و همچنین مقدار ا شتغال‌زایی براورد شده و سپس با لحاظ وزن اهداف مختلف (پایداری منابع آب ۵۰٪، حاشیه ناخالص تولید ۳۰٪ و اشتغالزایی ۲۰٪) یک رتبه جمعی برای محصولات مختلف محاسبه شده است (جدول ۳۶). بر اساس محاسبات پیاز، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را به لحاظ برخورداری از بالاترین میزان سودآوری اقتصادی دارا بوده و در مقابل جو، گندم و یونجه دارای کمترین مقدار این شاخص هستند. به لحاظ بازدهی اقتصادی آب نیز پیاز دارای بالاترین رتبه و پس از آن به ترتیب گوجه‌فرنگی و چغندر قند قرار دارند. یونجه و جو کمترین ارزش اقتصادی در مصرف آب را ایجاد می‌کنند. درشاخص اشتغالزایی زراعی نیز بالاترین اولویت‌ها مربوط به پیاز، گوجه‌فرنگی و چغندر قند است. با احتساب اوزان اهداف سیاستی و مقادیر شاخص‌های مذکور، در بین محصولات مختلف پیاز، ذرت علوفه‌ای و حبوبات (سایر زراعت‌ها) دارای بالاترین اولویت بوده و در

مقابل کمترین رتبه جمعی مربوط به جو، گندم و ذرت دانه‌ای اســـت. گندم با اختصـــاص ۴۴٪ از کل ســـطح زیرکشـــت منطقه ۳۴/۷٪ از کل ســـود ناخالص زراعی، ۲۹٪ از کل مصـــرف آب و ۱۸/۴٪ از کل اشتغال زراعی را ایجاد کرده است. سهم یونجه از کل سطح زیرکشت زراعی منطقه حدود ۲۲٪ بوده، اما حدود ۳۵٪ از کل مصرف آب زراعی را به خود اختصاص داده است. بر این اساس، می‌توان گفت اگر چه به لحاظ سهم سطح زیرکشت گندم کشت غالب محسوب می شود، اما از منظر مصرف آب یونجه غالب‌ترین کشـــت منطقه اســـت. این موضـــوع از این دیدگاه مهم اســـت که برای کاهش مصـــرف آب سیا ست‌ها و اقدامات باید بر مح صولات غالب که بخش قابلتوجهی از آب را م صرف می‌کنند متمرکز شود.

جدول ۳۶. رتبه‌بندی محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و اشتغالزایی

محصولات زراعی	رتبه هر یک از محصولات زراعی به لحاظ شاخص‌های:			رتبه جمعی با احتساب ضریب اهمیت	سهم هر یک از محصولات از:			
	سودآوری	بازدهی اقتصادی آب	اشتغالزایی مستقیم		کل کشت زراعی	کل سود ناخالص	کل مصرف آب زراعی	کل اشتغال زراعی
گندم	۹	۶	۹	۸	۴۴	۳۴/۷	۲۹/۱	۱۸/۴
جو	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۱/۶	۶/۴	۶/۴	۴/۷
یونجه	۸	۱۰	۶	۹	۲۱/۹	۲۲/۰	۳۵/۰	۲۰/۹
چغندرقند	۲	۷	۳	۴	۱۰/۹	۱۸/۲	۱۶	۲۶/۲
گوجه فرنگی	۵	۸	۲	۷	۴/۸	۶/۸	۶/۳	۱۵/۹
پیاز	۱	۱	۱	۱	۱/۶	۵/۱	۲/۲	۵/۲
جالیز	۷	۴	۴	۵	۲/۱	۲/۴	۱/۸	۴/۷
ذرت دانه‌ای	۴	۵	۸	۶	۱/۲	۱/۸	۱/۴	۰/۷
ذرت علوفه‌ای	۳	۲	۷	۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۱
سایر زراعت‌ها	۶	۳	۵	۳	۱/۷	۲/۱	۱/۵	۳/۱

یافته‌های پژوهش

۴-۱۳ محاسبه تفاوت درآمد ناخالص و درامد خالص محصولات کشاورزی و سودآوری نسبی آنها

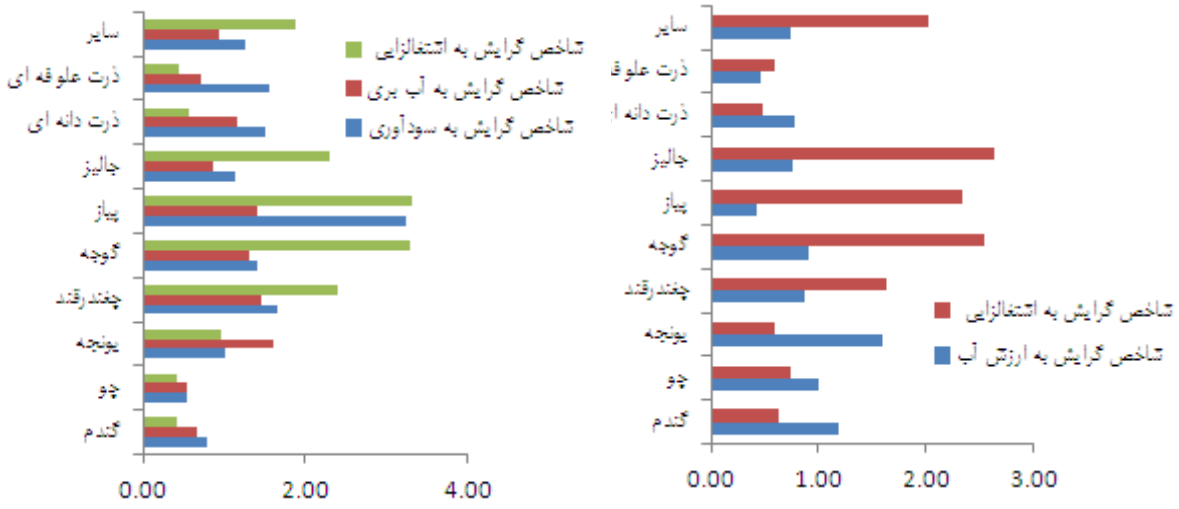
برای توضیح صریح‌تر نقش محصولات مختلف در مولفه‌های مورد نظر، سه شاخص گرایش به سودآوری، گرایش به مصرف آب، گرایش به اشتغالزایی بر حسب نهاده زمین و دو شاخص گرایش به ایجاد بازده اقتصادی آب و گرایش به اشتغالزایی بر حسب نهاده آب محاسبه شده‌اند که نتایج مربوط به آن در جدول ۳۷ گزارش شده است. شاخص گرایش به سودآوری برای هر محصول از تقسیم سهم آن محصول از کل ارزش خالص تولیدات زراعی به سهم آن از کل زیرکشت زراعی، شاخص گرایش به مصرف آب، از تقسیم سهم هر محصول از کل مصرف آب به سهم آن از کل سطح زیرکشت زراعی و شاخص گرایش به اشتغالزایی از تقسیم سهم هر محصول در ایجاد اشتغال به سهم آن از کل سطح زیرکشت محاسبه شده است. به همین ترتیب، شاخص گرایش به ایجاد بازده خالص نسبت به نهاده آب نیز از تقسیم سهم هر محصول از کل ارزش خالص تولیدات زراعی بر سهم آن از مصرف آب، و شاخص گرایش به اشتغال نسبت به نهاده آب نیز از تقسیم سهم هر محصول در اشتغال زراعی کل منطقه به مقدار سهم آن از کل مصرف آب محاسبه شده است. برای مثال شاخص گرایش به سودآوری برای یک محصول نشان میدهد به ازای هر یک درصد سهمی که آن محصول از کل سطح زیرکشت زراعی دارد، چه سهمی از کل ارزش خالص تولیدات زراعی را تشکیل می‌دهد. بر اساس محاسبات جدول ۳۷ و شکل ۳۸، مشاهده میشود گندم به ازای هر یک درصد سهم از سطح زیرکشت ۰/۷۹ درصد از کل سود تولیدات زراعی، ۰/۶۶ درصد از کل مصرف آب و ۰/۴۲ درصد از کل اشتغال زراعی را دارد. بالاتر بودن مقدار شاخص گرایش به سودآوری نشاندهنده سودآوری بالاتر آن محصول در هر هکتار نسبت به سایر کشت‌هاست. در مقابل پایین‌تر بودن شاخص گرایش به مصرف آب نشان دهنده مزیت آن محصول نسبت به سایر کشت‌های زراعی از نظر مصرف آب است.

جدول ۳۷. شاخص گرایش به سودآوری، مصرف آب، اشتغالزایی و بازده اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف

محصولات زراعی	بر حسب نهاده زمین			بر حسب نهاده آب	
	شاخص گرایش به سودآوری	شاخص گرایش به مصرف آب	شاخص گرایش به اشتغالزایی	شاخص گرایش به بازده خالص	شاخص گرایش به اشتغالزایی
گندم	۰/۷۹	۰/۶۶	۰/۴۲	۱/۲۰	۰/۶۳
جو	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۹۹	۰/۷۴
یونجه	۱/۰	۱/۶۰	۰/۹۵	۱/۵۹	۰/۶۰

چغندرقند	۱/۶۷	۱/۴۷	۲/۴۰	۰/۸۸	۱/۶۴
گوجهفرنگی	۱/۴۲	۱/۳۰	۳/۲۹	۰/۹۱	۲/۵۳
پیاز	۳/۲۵	۱/۴۱	۳/۳۱	۰/۴۳	۲/۳۴
جالیز	۱/۱۴	۰/۸۷	۲/۲۹	۰/۷۶	۲/۶۳
ذرت دانه‌ای	۱/۵۰	۱/۱۷	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۴۸
ذرت علوفه‌ای	۱/۵۷	۰/۷۳	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۹
سایر زراعت	۱/۲۵	۰/۹۳	۱/۸۹	۰/۷۵	۲/۰۲

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه



الف- بر حسب نهاده زمین

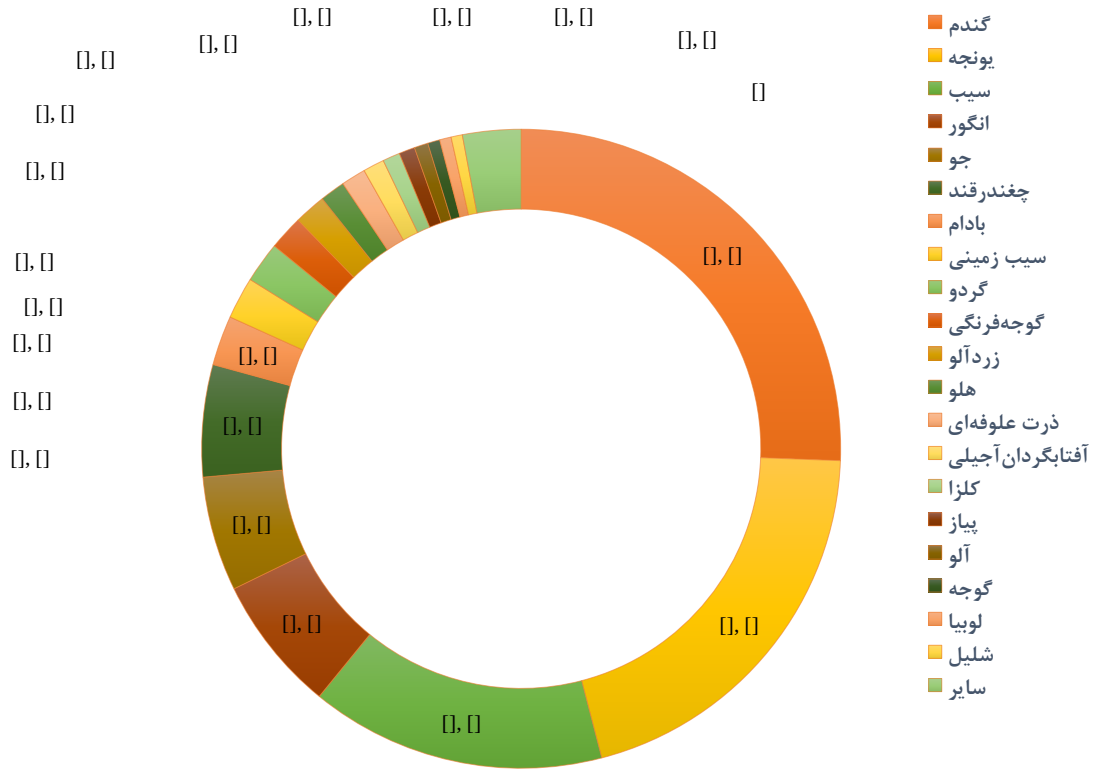
ب- برحسب نهاده آب

شکل ۳۸. مقایسه محصولات زراعی بر حسب شاخص‌های گرایش به سودآوری، مصرف آب و اشتغالزایی (داده‌ها: ستاد احیا)

۱۴-۴ بررسی ترکیب کشت فعلی محصولات کشاورزی به تفکیک زیرحوضه‌ها و محاسبه شاخص‌های اقتصاد تولید الگوی کشت

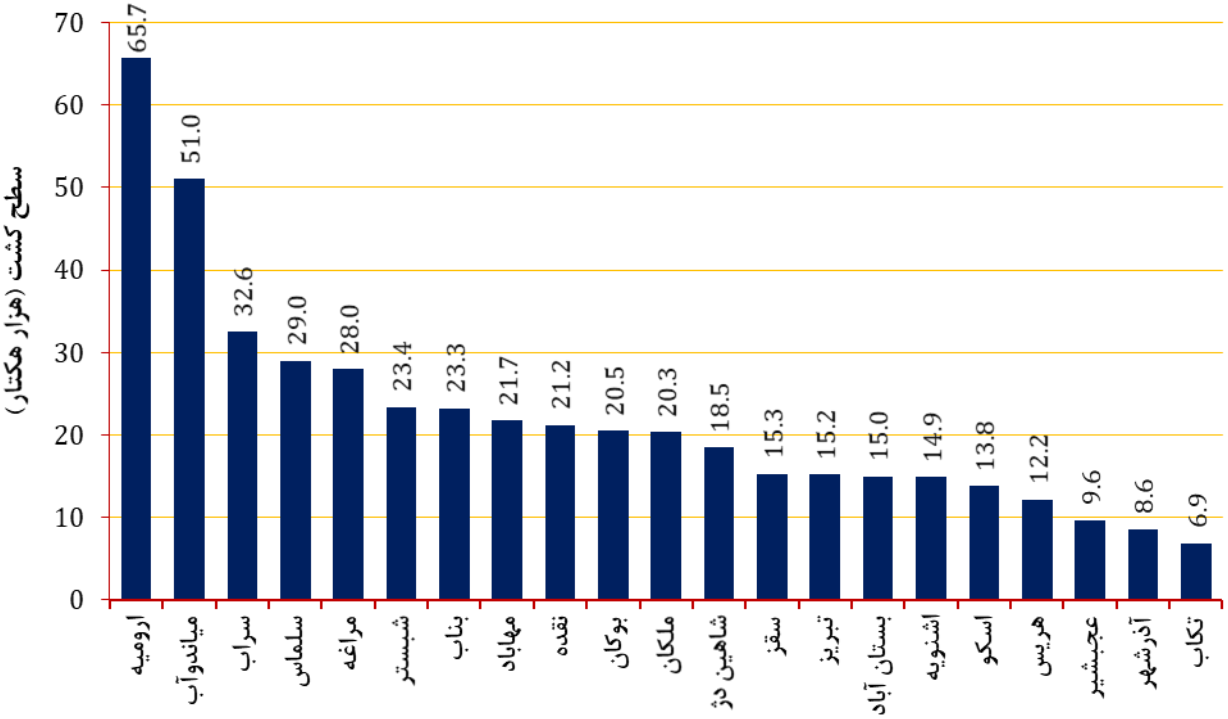
بررسی الگوی کشت موجود حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر (سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۷) نشان می‌دهد که متوسط سطح محصولات زراعی و باغی آبی عمده حدود ۴۶۲ هزار هکتار است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸). محصولات گندم، یونجه، سیب، انگور و جو به ترتیب با سطح حدود ۱۱۹ هزار هکتار (۲۵/۶ ٪)، ۹۵ هزار هکتار (۲۰/۳ ٪)، ۷۰ هزار هکتار (۱۴/۹ ٪)، ۳۲ هزار هکتار (۶/۹

./) و ۲۷ هزار هکتار (۵/۸ ./) هکتار بیشترین سطح را در ترکیب کشت به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۳۹).



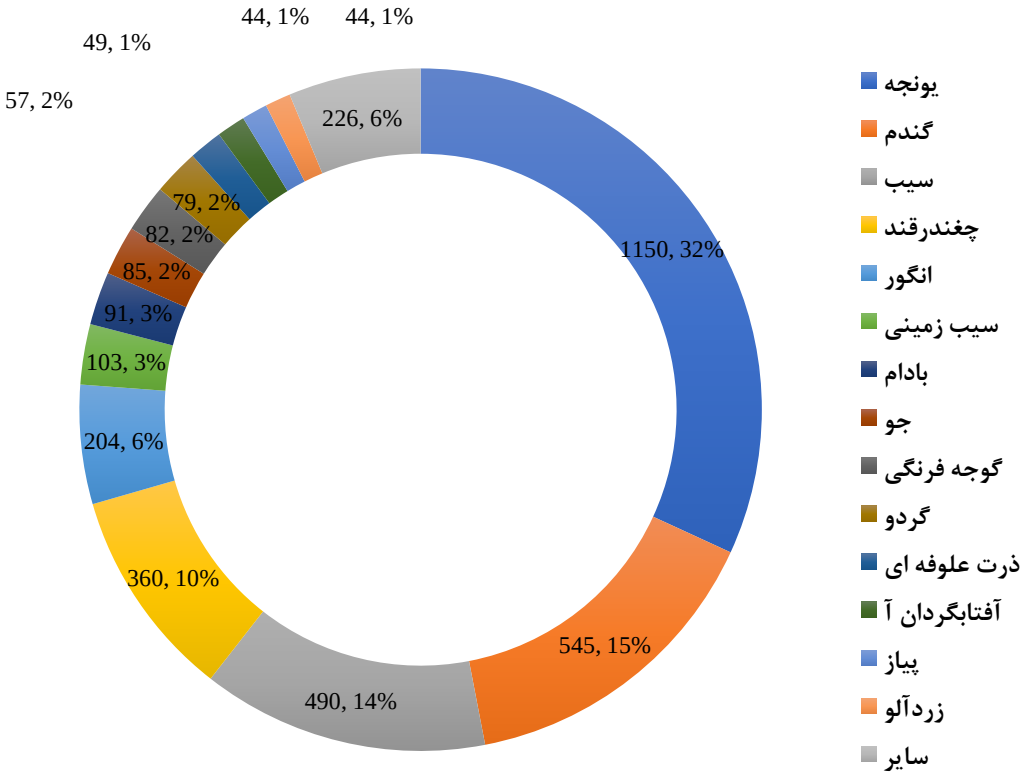
شکل ۳۹. سهم محصولات عمده زراعی و باغی در الگوی کشت حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میانگین ۱۳۹۷-۱۳۹۵)

آمار مربوط به سطح زیر کشت محصولات در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که شهرستان‌های ارومیه، میاندوآب، سراب، سلماس و مراغه به ترتیب بیشترین سطح کشت آبی را به خود اختصاص می‌دهند و کمترین سطح آبی متعلق به شهرستان‌های تکاب، آذرشهر، عجبشیر، هریس و اسکو می‌باشد (شکل ۴۰).



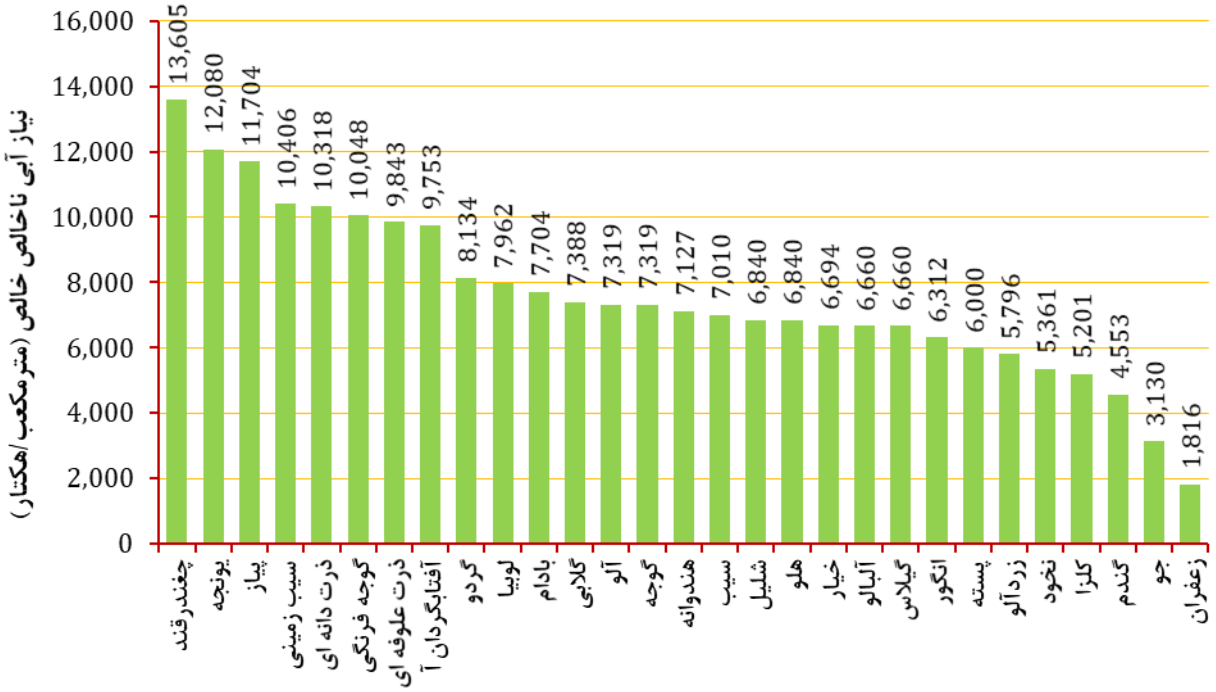
شکل ۴۰. سطح کشت آبی محصولات زراعی و باغی عمده در شهرستانهای واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میانگین سه سال ۱۳۹۵-۱۳۹۷؛ وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

با در نظر گرفتن ترکیب کشت موجود و حجم آب مصرفی برای تولید هر هکتار از محصولات، سالانه حدود ۳,۵۹۶ میلیون متر مکعب آب برای تولید محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بین محصولات الگوی موجود، محصول یونجه با ۳۲ درصد و گندم، سیب و چغندرقند هر کدام به ترتیب با ۱۵، ۱۴ و ۱۰ درصد بیشترین آب مصرفی حوضه را به خود اختصاص می‌دهند. در واقع بیش از ۷۰ درصد از کل آب مصرفی برای تولید محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه به تولید این محصولات اختصاص دارد (شکل ۴۱).



شکل ۴۱. حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میانگین سه ساله ۱۳۹۵-۱۳۹۷)

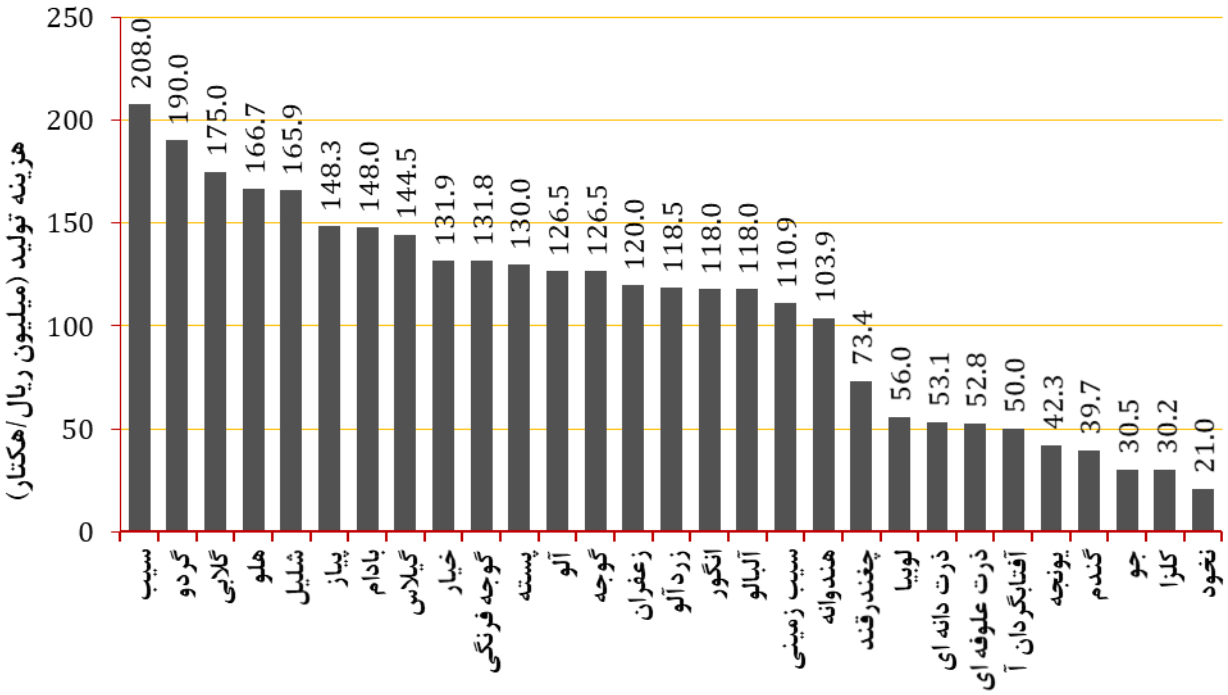
مقایسه حجم آب مصرفی محصولات عمده تولیدی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (بر اساس سند ملی آب و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۴۵ درصد برای محصولات زراعی و ۷۰ درصد برای محصولات باغی و فرض ۲۰ درصد کم‌آبیاری، شکل ۴۲) نشان می‌دهد که محصولات زراعی چغندرقند، یونجه، پیاز، سیب‌زمینی و ذرت دانه‌ای و محصولات باغی گردو، سیب، بادام و آلو بیش از سایر محصولات آب مصرف می‌کنند.



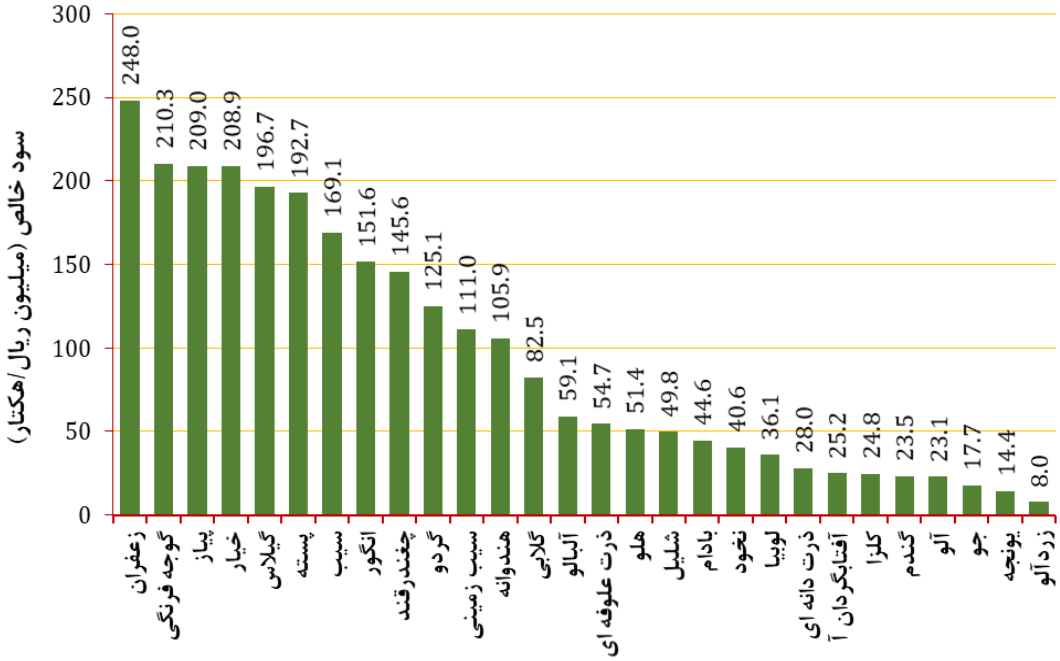
شکل ۴۲. حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه در واحد سطح (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

۴-۱۵ آسیب‌شناسی ترکیب کشت فعلی از منظر اقتصاد کشاورزی، اقتصاد آب و اقتصاد سیاسی

شاخص‌های هزینه تولید محصولات و درآمد خالص محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل‌های ۴۳ و ۴۴ نشان داده شده است. با وجود آن که در سال‌های اخیر هزینه تولید محصولات و قیمت فروش آن‌ها در فصول مختلف سال و سال‌های مختلف با نوسانات زیادی همراه بوده است اما با در نظر گرفتن متوسط هزینه تولید و قیمت فروش محصول در سال‌های اخیر می‌توان یک مقایسه کلی اقتصادی از محصولات منطقه داشت. هزینه تولید یکی از عوامل بسیار مهم در تولید محصولات کشاورزی است که از نظر اقتصادی حضور محصول در الگوی کشت یک منطقه را توجیه می‌کند. همانطور که در شکل‌های زیر نشان داده شده است، در بین محصولات باغی، محصولات سیب، گردو، گلابی، هلو و شلیل و در بین محصولات زراعی، محصولات سبزی و صیفی شامل پیاز، خیار، گوجه‌فرنگی بیشترین هزینه تولید را دارا هستند. از نظر سود خالص در واحد هکتار، زعفران، پیاز، گوجه‌فرنگی، خیار، گیلاس و پسته بیشترین درآمد خالص را عاید کشاورزان می‌کنند و کمترین درآمد خالص از تولید زردآلو، یونجه، جو، آلو و گندم به دست می‌آید.

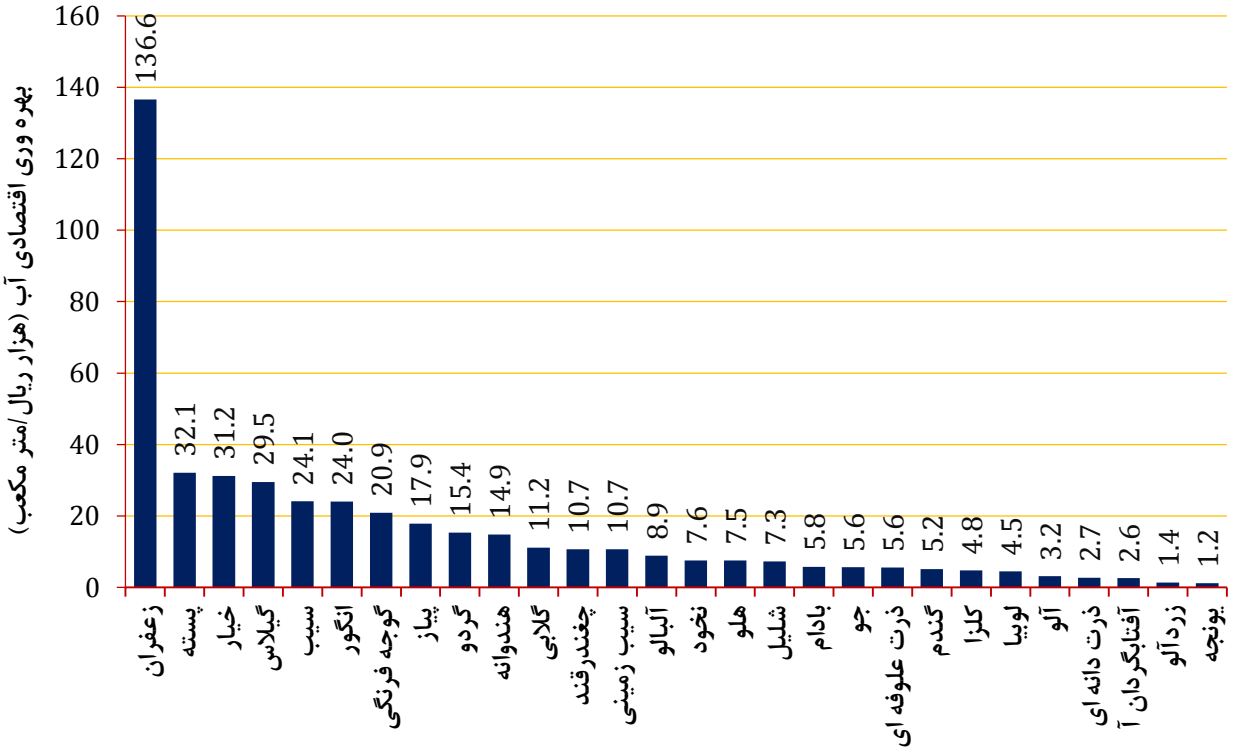


شکل ۴۳. هزینه تولید محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میلیون ریال/هکتار) (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)



شکل ۴۴. سود خالص محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میلیون ریال/هکتار) (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

مقایسه محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از نظر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نشان می‌دهد که محصول زعفران عمدتاً به دلیل مصرف آب کمتر، به طور قابل توجهی نسبت به محصولات دیگر درآمد خالص بیشتری را به ازای آب مصرفی تولید می‌کند. محصولات پسته، خیار، گیلاس، سیب، انگور و گوجه‌فرنگی محصولاتی هستند که پس از محصول زعفران بیشترین درآمد خالص را به ازای آب آبیاری تولید می‌کنند. یونجه، زردآلو، آفتابگردان و ذرت دانه‌ای نیز محصولاتی هستند که در مقایسه با سایر محصولات کمترین بهره‌وری اقتصادی را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۴۵).



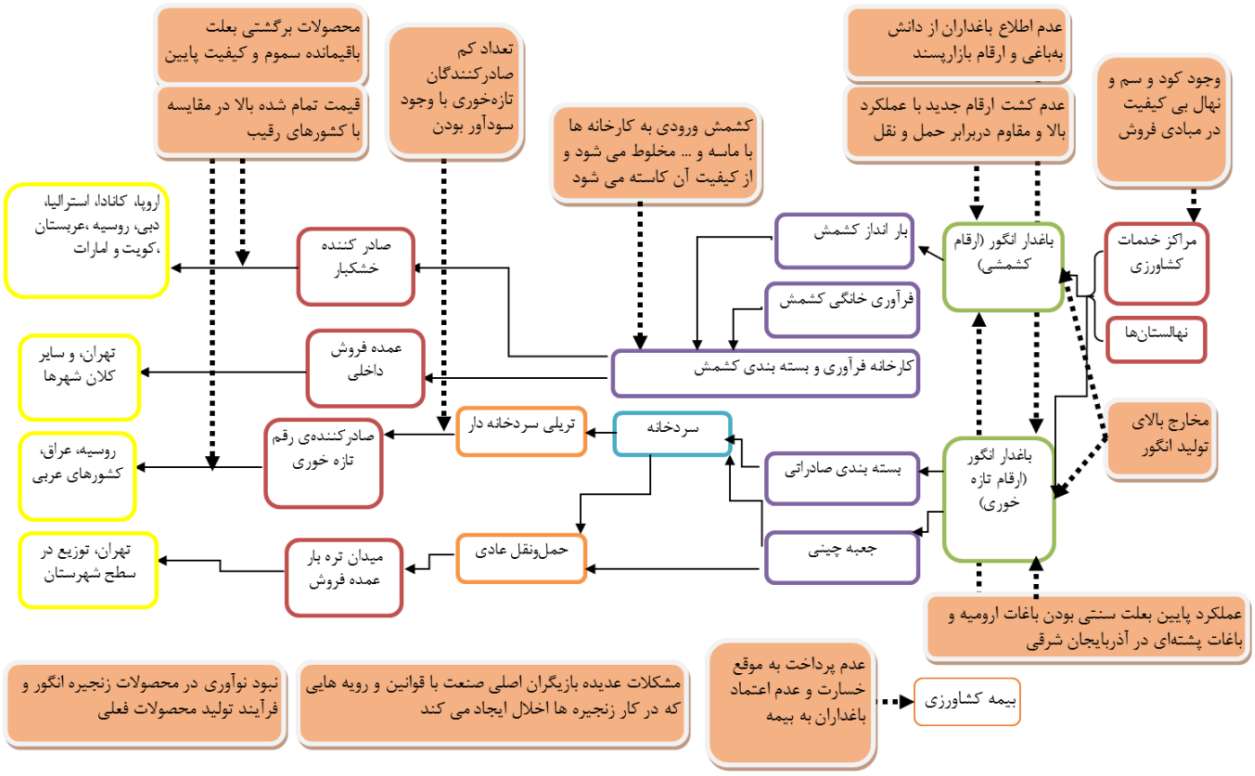
شکل ۴۵. بهره وری اقتصادی آب در محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (هزار ریال/متر مکعب) (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

۴-۱۶ بررسی ساختار بازار و زنجیره تامین و ارزش محصولات کشاورزی در حوضه آبریز

بررسی ابعاد مختلف زنجیره ارزش برای محصولات مختلف کشاورزی باید به تحلیل ساختاری آن، تحلیل اقتصادی، حکمرانی و ریسک یافتن نقاط ضعف و مشکل در زنجیره منجر شود. این نقاط ضعف و مشکل در واقع موانع اصلی بر سر راه توسعه این زنجیره‌ها به شمار می‌روند. در ادامه، برای نمونه وضعیت زنجیره تامین و ارزش انگور، به عنوان یکی از محصولات راهبردی حوضه آبریز دریاچه ارومیه بررسی می‌شود. ابعاد گوناگون زنجیره ارزش این محصول در گزارش «تحلیل زنجیره ارزش انگور و بسته‌های

سیاست‌گذاری توسعه آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه» پژوهشکده سیاست‌گذاری علم و فناوری و صنعت (حمیدی، ۱۳۹۵) ارائه شده است که چکیده‌ای از آن در ادامه ارائه شده است.

در گذشته نیز دست به دست هم دادن این مشکلات باعث شده است که بسیاری از محصولات راهبردی این حوضه آبریز، نظیر انگور، رفته رفته از یک محصول اقتصادی به یک محصول با صرفهٔ اقتصادی ناچیز و حتی در مواردی ضرر‌ده تبدیل شود. بر همین اساس به نظر می‌رسد تثبیت وضعیت انگور در حالت فعلی و جلوگیری از جایگزینی محصولات دیگر به جای آن در گام اول و توسعه آن در منطقه در گام‌های بعدی، جز با رفع این موانع و مشکلات ممکن نمی‌شود. همچنین با توجه به ماهیت این مشکلات بهتر است این مسائل در شکلی هماهنگ با هم مورد توجه قرار گیرند و تلاش برای حل آنها هماهنگ و با یک اولویت‌بندی باشد. شکل ۴۵ این مسائل و مشکلات و محل اثر هر یک را به طور خلاصه نشان می‌دهد. سیاست‌های وضع‌شده شامل راه حل پیشنهادی برای رفع هر مشکل و برنامه اجرایی و اولویت‌بندی آن است.

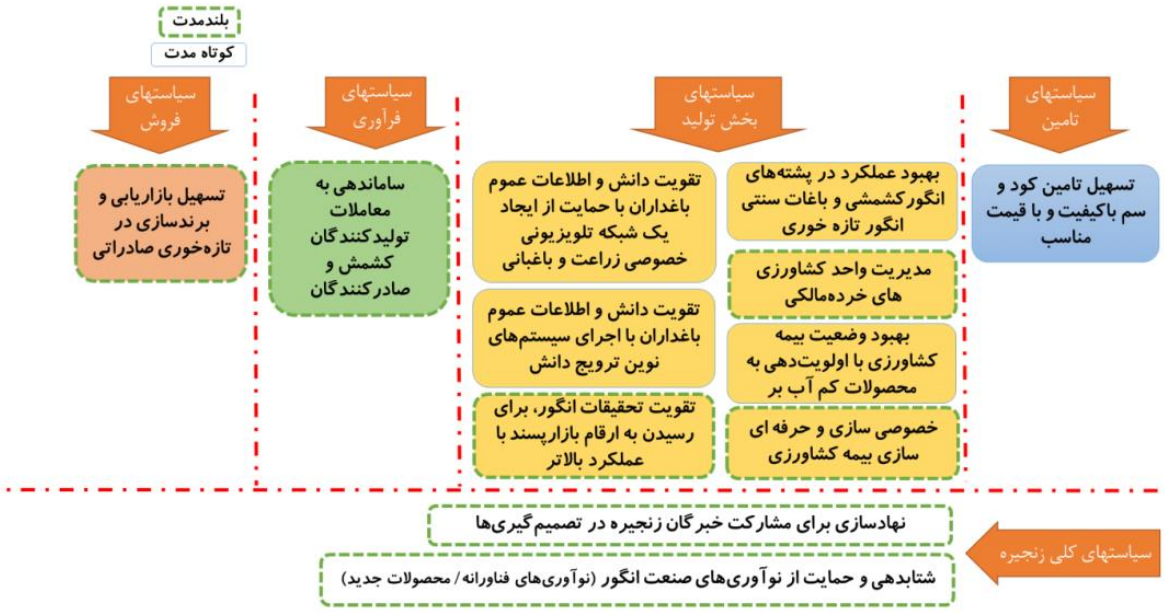


شکل ۴۵. مشکلات و چالش‌های زنجیره ارزش انگور در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (حمیدی، ۱۳۹۵).

۴-۱۷ شناسایی چالش‌ها، مشکلات و اولویت‌ها در برنامه‌ریزی‌های منابع آب کشاورزی دریاچه ارومیه بر اساس نتایج تحلیل وضعیت/سیاست‌ها/ اهداف کلی

سیاست‌های بهبود و توسعه زنجیره ارزش انگور در حوضه آبریز

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، برای هر کدام از ضعف‌ها و مشکلاتِ شناسایی‌شده، یک بسته سیاستی مشخص شده است. این بسته‌ها در شکل ۴۶ نشان داده شده است. همچنین هرکدام از این سیاست‌ها با توجه به مخاطب آن در زنجیره تفکیک شده است.



شکل ۴۶. سیاست‌های اصلاحی در بهبود و توسعه زنجیره ارزش انگور در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (حمیدی، ۱۳۹۵)

۱- نهادسازی برای مشارکت خبرگان زنجیره در تصمیم‌گیری‌ها. هدف ازاین بسته سیاستی، شارکت دادن خبرگان زنجیره و فعالان و ذینفعان در فرآیندهای تصمیم‌گیری است که به طور مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد این زنجیره تاثیرگذارند. برای این منظور نهادهای جدید و ساختارهایی برای تاثیرگذاری این نهادها نیز پیشنهاد شده است.

۲- تسهیل تأمین کود و سم با کیفیت و با قیمت مناسب. اولین پیشنهاد، فعال‌سازی یک سیستم نظارتی برای ممانعت از توزیع کود و سم زیرزمینی و قاچاق است. همچنین به عنوان کمک به پیشبرد کارت دریافت نهاده، می‌توان مشکلات اجرایی این طرح را به صورت دقیق‌تر عارضه‌یابی کرد و اصلاحات

لازم را به مجریان طرح پیشنهاد داد. همچنین می‌توان با مداخله مؤثر ستاد، انجام طرح کارت نهاده را برای باغداران و کشاورزان محصولات کم‌آب‌بر در اولویت قرارداد و نیز با اطلاع‌رسانی به باغداران محصولات کم‌آب‌بر، می‌توان استقبال از خرید توسط این کارت نهاده را بالا برد. از دیگر مشکلات خریداران محصولات کشاورزی از باغداران، عدم اطلاع از میزان باقیمانده آفت‌کش محصول و یا کیفیت کود کاربردی است. یکی از راه‌حل‌های ممکن اعطای استاندارد به باغداران است. با ایجاد طرح کارت دریافت نهاده و خرید کود و سم توسط این کارت می‌توان مطمئن بود که باغدارانی که از طریق کارت نهاده خرید کرده‌اند به کود و سم باکیفیت دسترسی پیدا کرده‌اند.

۳- **مدیریت واحد کشاورزی‌های خرده‌مالکی برای ایجاد صرفه مقیاس در خرید نهاده‌ها، استفاده از دانش روز باغبانی و مکانیزه کردن کشاورزی.** در مورد سیاست مدیریت واحد کشاورزی خرده‌مالکی، تصویب قانونی برای تسهیل تجمیع اراضی و یکی کردن اسناد این اراضی، همچنین اعطاء ۸۰٪ یارانه جهت مخارج تجمیع به تجمیع‌کنندگان صورت گرفته است. اما این طرح تاکنون در حوضه آبریز موفقیت‌آمیز نبوده است. محدودیت‌ها و نواقصی، ازجمله مشکلات حقوقی در مورد سند این زمین‌ها و یا عدم تمایل باغداران به مشارکت با دیگران و تقسیم خروجی باغات در آخر سال باعث شده است تا این طرح تجمیع موفق نباشد.

۴- **تقویت تحقیقات انگور برای دستیابی به ارقام بازارپسند با عملکرد بالاتر.** برای تحقق سیاست پیشنهادی تقویت تحقیقات انگور برای دستیابی به عملکرد بالاتر، چهار اقدام عملیاتی در نظر گرفته شده است.

۵- **بهبود عملکرد در پشته‌های انگور کشمشی و باغ‌های سنتی انگور تازه‌خوری.** تا کنون طرح‌های به‌باغی نتوانسته بیش از ۲۰٪ از باغات شهرستان ارومیه را به باغ‌های ایستاده تبدیل کند. طرح‌های ایستاده کردن باغ‌های آذربایجان شرقی تقریباً انجام نشده است و از سال ۹۴ اعتبارات جهاد در ارتباط با این کار قطع شده است.

۶- **بهبود وضعیت بیمه کشاورزی با اولویت‌دهی به محصولات کم‌آب‌بر.** به عنوان اولین و در دسترس‌ترین اقدام عملیاتی، می‌توان برای اولویت‌دهی پرداخت خسارت به باغات کم آب‌بر اقدام کرد. می‌توان این اولویت را برای حوضه آبریز و برای محصولات کم آب‌بر آن انجام داد و خسارت‌های معوق این باغ‌ها را پرداخت کرد. این اقدام باعث می‌شود جذابیت محصولات کم آب‌بر تا حدودی به نسبت

محصولات دیگر افزایش پیدا کند. همچنین پس از تصویب این اولویت‌دهی و پرداخت خسارات، باید این قانون اولویت‌دهی در میان باغداران ترویج داده شود تا از قانونی شدن این اقدام اطلاع پیدا کنند.

۷- خصوصی‌سازی و حرفه‌ای‌سازی بیمه کشاورزی با همکاری بیمه‌های خصوصی و بیمه‌های اتکایی. به عنوان اقدام میان مدت برای انجام سیاست خصوصی‌سازی و حرفه‌ای‌سازی بیمه کشاورزی باید خدمات متنوعی را به بیمه کشاورزی افزود. در این راستا می‌توان به ایجاد خدمات متنوع‌تر برای مشتریان خاص، از جمله باغداران بزرگ از جمله خدمات متنوع برای محصولات کشاورزی متنوع فکر کرد. همچنین پس از طراحی این خدمات بیمه‌ای حرفه‌ای باید مشتریان مشخص را انتخاب کرده و خدمات جدیدی به آنها ارائه داد.

۸- تقویت دانش و اطلاعات عمومی باغداران با حمایت از ایجاد یک شبکه تلویزیونی خصوصی زراعت و باغبانی. با توسعه شبکه دیجیتال در بستر صدا وسیما، می‌توان به ایجاد یک شرایط جذاب و معافیت‌هایی برای ورود فعالان رسانه‌ای به بخش کشاورزی برنامه‌ریزی کرد. بدین ترتیب پس از ایجاد این شرایط جذاب برای ورود فعالان رسانه‌ای، باید فعالان رسانه‌ای منتخب در حوزه کشاورزی شناسایی و انتخاب شوند. از طرفی، به موازات الزامات صدا و سیما برای ایجاد این شبکه خصوصی پیگیری شود. سپس تیمی برای تهیه این محتوای درخواستی باغداران و کشاورزان تشکیل خواهد شد و محتوای ترویجی توسط این گروه تهیه و در شبکهٔ طراحی‌شده پخش خواهد شد.

-

۵

تعیین شرایط بهینه با توجه به بالاترین درآمد خالص با در نظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب

۵-۱ واکاوی و تحلیل محرک‌های اقتصادی کشاورزان در انتخاب ترکیب کشت فعلی منطقه (نقش اقتصاد تولید، سودآوری، اشتغال‌زایی و مصرف آب)

پرداختن به مسائل و چالش‌های الگوی کشت بدون شناخت کامل از مولفه‌های بیرونی و درونی موثر بر آن احتمالاً موفق نخواهد بود. در این قسمت مولفه‌های درونی و بیرونی که می‌تواند بر تصمیم کشاورزان در انتخاب الگوی کشت اثر بگذارد را شناسایی نماید. این موضوع از این جهت در مدیریت منابع آب اهمیت دارد که آب نمی‌تواند بدون اصلاحات اقتصادی در خارج از بخش آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی به شکل کارامد و با بهره‌وری بالا استفاده شود. این خود به معنی لزوم بازنگری در سیاست‌های غیر آبی، مثل قیمت‌گذاری کشاورزی، تجارت، بازارهای زمین، انرژی، یارانه‌ها و ... است که برهمکنش جمعی آنها تصمیم کشاورز را در انتخاب الگوی کشت تحت تاثیر قرار داده و از این طریق بر مصرف آب نیز تاثیر می‌گذارد. مدیریت کارامد آب همچنین نیازمند تغییرات در درون بخش است؛ مهم‌ترین تغییراتی که در این زمینه باید صورت گیرد عبارتند از ۱) کاهش برداشت آب به سطحی که به لحاظ زیست محیطی پایدار باشد، ۲) توسعه سیستم‌های کارا، انعطاف‌پذیر و عادلانهٔ تخصیص منابع آب بین مصارف رقیب، و ۳) توسعه سیاست‌های تامین مالی آب به طوری که از دیدگاه ملاحظات اجتماعی، مالی و اقتصادی مستدل باشد.

تصمیم کشاورزان به انتخاب نوع و سطح کشت انواع محصولات مختلف یک تصمیم اقتصادی است که مبتنی بر ترجیحات مختلف کشاورز و توابع مطلوبیت ناشی از آن است. ممکن است کشاورز در تصمیم به این که چه محصولی و از هر محصول چقدر کشت کند تابعی از مجموعه‌ای از اهداف مورد نظر کشاورز، از جمله کسب سود، کمینه‌سازی ریسک تولید، قیمت و درآمد، تامین خود مصرفی و

معیشت خانوار، اشتغال‌زایی برای خود و اعضای خانواده و همچنین کمینه‌سازی مصرف آب باشد. این اهداف ضرورتاً تامین‌کنندهٔ اهداف مورد نظر سیاست‌گذار یا جامعه نیست، چرا که کشاورز به عنوان یک عامل اقتصادی خصوصی تصمیمات خود را صرفاً مبتنی بر تمایلات و مطلوبیت‌های شخصی اتخاذ می‌کند. بنابراین چنانچه سیاست‌گذار بخواهد تصمیمات کشاورز را هم‌راستا با سیاست‌ها و مصلحت‌های اجتماعی کل جامعه نماید ناگزیر باید از طریق ابزارهای اقتصادی استفاده کند. اعمال سیاست‌های حمایت یارانه قیمتی و نهاده‌ای، وضع مالیات، وضع تعرفه تجاری بر برخی محصولات و ... نمونه‌ای از این موارد هستند. در واقع دولت، باید از طریق سیاست‌هایی که قیمت را به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تاثیر می‌دهد، علائم قیمتی به کشاورزان برای تغییر جهت به سمت اهداف مورد نظر بدهد.

برای طراحی ابزارهای سیاستی مناسب به شکلی که به طور صحیحی انگیزه‌های کشاورزان را در انتخاب الگوی کشت هدایت نماید، لازم است ابتدا محرکه‌ها و اهدافی که بر انتخاب الگوی کشت کشاورزان تاثیر گذارد مورد شناسایی قرار گیرد تا بدین طریق به توان سیاست‌ها و ابزارهای سیاستی مورد نظر را به درستی طراحی کرد. بدین منظور در این بخش هدف واکاوی محرکه‌ها و اهداف مورد تعقیب کشاورز در انتخاب ترکیب کشت است. برای این منظور از این ایده استفاده شده است که ترکیب کشت مشاهده شده در وضع موجود مبتنی بر رفتار واقعی کشاورزان بوده و می‌تواند به درستی تمایلات و اهداف مورد نظر کشاورز را نشان دهد. بر این اساس، می‌توان از روی نسبت سهم هر محصول در ترکیب کشت موجود و شاخص‌های گرایش به سودآوری، گرایش به مصرف آب، گرایش به اشتغال‌زایی و ... به ترجیحات مورد نظر کشاورز و همچنین اولویت‌بندی اهداف وی در انتخاب الگوی کشت پی برد. سهم محصولات مختلف از الگوی کشت و شاخص‌های گرایش به سودآوری، مصرف آب، اشتغال‌زایی، بازده ناخالص آب و اشتغال‌زایی نسبت به نهاده آب در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. شاخص گرایش به سودآوری، مصرف آب، اشتغال‌زایی و بازده اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف

محصولات زراعی	بر حسب نهاده زمین				بر حسب نهاده آب	
	سهم از الگوی کشت	شاخص گرایش به سودآوری	شاخص گرایش به مصرف آب	شاخص گرایش به اشتغال‌زایی	شاخص گرایش به بازده خالص	شاخص گرایش به اشتغال‌زایی
گندم	۴۴	۰/۷۹	۰/۶۶	۰/۴۲	۱/۲۰	۰/۶۳
جو	۱۱/۶	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۹۹	۰/۷۴
یونجه	۲۱/۹	۱/۰	۱/۶۰	۰/۹۵	۱/۵۹	۰/۶۰
چغندرقند	۱۰/۹	۱/۶۷	۱/۴۷	۲/۴۰	۰/۸۸	۱/۶۴
گوجه فرنگی	۴/۸	۱/۴۲	۱/۳۰	۳/۲۹	۰/۹۱	۲/۵۳
پیاز	۱/۶	۳/۲۵	۱/۴۱	۳/۳۱	۰/۴۳	۲/۳۴
جالیز	۲/۱	۱/۱۴	۰/۸۷	۲/۲۹	۰/۷۶	۲/۶۳
ذرت دانه‌ای	۱/۲	۱/۵۰	۱/۱۷	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۴۸
ذرت علوفه‌ای	۰/۳	۱/۵۷	۰/۷۳	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۹
سایر زراعت	۱/۷	۱/۲۵	۰/۹۳	۱/۸۹	۰/۷۵	۲/۰۲

منبع: یافته‌های پژوهش

برای تحلیل آنچه در بالا بیان شد، از تحلیل همبستگی بین سهم هر محصول از کشت محصولات مختلف در الگوی کشت و هر یک از شاخص‌های گرایش استفاده شده است. هر چه شدت همبستگی بین سهم مصولات از الگوی کشت و هر یک از شاخص‌های گرایش بیشتر باشد، نشان دهنده اولویت بالاتر آن هدف در تصمیم کشاورزان در انتخاب ترکیب کشت نسبت به سایر اهداف مور تعقیب است. نتایج مربوط به تحلیل همبستگی در جدول ۲ گزارش شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین همبستگی بین سهم محصولات در الگوی کشت و شاخص‌های گرایش مربوط به شاخص گرایش به بازده اقتصادی آب است، بدین معنی که آنچه بیشتر محرک کشاورزان در انتخاب الگوی کشت در دشت میاندوآب است، مقدار بازدهی اقتصادی آب است. این موضوع مبتنی بر اصل اقتصادی بیشینه‌سازی بازده مربـوطه به نـهاده کمیاب است.

جدول ۲. ضریب همبستگی بین سهم محصولات در الگوی کشت و شاخص‌های مختلف گرایش

	شاخص گرایش به سودآوری	شاخص گرایش به مصرف آب	شاخص گرایش به اشتغال‌زایی	شاخص گرایش به بازده خالص	شاخص گرایش به اشتغال‌زایی
ضریب همبستگی	-۰/۴۵۵	-۰/۱۵	-۰/۴۰	۰/۷۱۶	-۰/۴۴

۲-۵ بررسی اهداف برنامه‌ای و جهت‌گیری‌های سیاستی در خصوص مسائل آب و تولید کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه

سیاست‌های بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در گذشته عموماً و مانند سایر مناطق کشور متاثر از اهداف دستیابی به خودکفایی و امنیت غذایی، اشتغال‌زایی و ایجاد درآمد برای جوامع روستایی، افزایش تولید محصولات کشاورزی در جهت توسعه افقی کشت بوده است. با این حال، پیامد این سیاست افزایش فزایندهٔ فشار بر منابع آب حوضه و خشک شدن بخش زیادی از دریاچه ارومیه بوده است. با توجه به این چالش‌ها، این سیاست امروزه به چالش کشیده شده و تلاش‌های زیادی برای غلبه بر آن از سوی مجموعهٔ حاکمیت، شامل دولت، وزارتخانه‌های ذیربط (نیرو و جهاد کشاورزی) و ستاد احیای دریاچه ارومیه صورت گرفته است. با توجه به کاهش بارندگی‌ها و عدم جریان آب کافی به داخل دریاچه در سال‌های اخیر و همچنین مدت زمان طولانی موردنیاز جهت انتقال آب از حوضه‌های مجاور به دریاچه، تنها راهکار تثبیت شرایط کنونی دریاچه و جلوگیری از خشکی کامل آن، تأمین آب کافی از منابع داخلی حوضه است. با توجه به این که بخش کشاورزی به‌عنوان بخش عمده مصرف‌کننده آب در این حوضه به‌شمار می‌رود و از طرفی به دلیل پایین بودن بهره‌وری آب در این بخش، یکی از مهم‌ترین راهکارها و اولویت‌های نجات دریاچه ارومیه، انجام اقدامات لازم در راستای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی است. بنابراین می‌توان گفت اتخاذ هرگونه سیاستی در این حوضه بدون تردید الگوی بخش کشاورزی و پایداری منابع آب را تحت تأثیر قرار خواهد داد (کبیری، ۱۳۹۷).

سیاست‌ها و راهکارهای مختلفی جهت احیای دریاچه ارومیه مطرح شده است، این راهکارها و سیاست‌ها مزایا و معایبی دارند که در نتیجه اجرایی‌شدن آنها می‌توانند پیامدهای اقتصادی متفاوتی در بخش‌های مختلف، به ویژه بخش کشاورزی برجای گذارند. بنابراین ارزیابی و بررسی دقیق قبل از اجرایی شدن سیاست‌های فوق امری ضروری به نظر می‌رسد. متأسفانه تاکنون در این زمینه اقدام جدی صورت نگرفته و بیشتر راهکارهای مطرح‌شده بدون ارزیابی دقیقی از منافع و هزینه‌های اقتصادی به‌مرحله اجرا درآمده است. لذا در گزارش حاضر به دنبال بررسی تأثیر برخی از سیاست‌های مطرح‌شده درخصوص بهبود وضعیت این حوضه آبریز هستیم. در زمینه سیاست‌گذاری، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته‌است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌نمایند ولی سیاست‌گذاران به‌دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (هی و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طور کلی، مدیریت مطلوب تقاضا از طریق قیمت‌گذاری می‌تواند با تأمین قسمتی از

نیازهـای مـالی بخـش آب، موجبات تقویت نقش اقتصادی آب را در توسعه فراهم کـرده و ضـمن استفاده کاراتر، بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی از جمله آب را نیز بهبود بخشد. از ایـن‌رو، قیمـت‌گـذاری آب بـه عنـوان یـک ابـزار مناسـب مدیریتی، جهت ایجـاد سـازگاری بـین فعالیـت‌هـای عملـی و واقعـی بهره‌برداران از آب و خدمات وابسته به آن با اهداف و راهبردهای توسعه ملی مطرح می‌شود (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱). این سیاست‌ها توسط پژوهشگران مختلفی در مورد کشاورزی ایران مورد بحـث و بررسـی قرارگرفته است.

پـری (۲۰۰۱)، حسین‌زاد (۱۳۸۳) و اسدی و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که به‌دلیل کشـش پائین تقاضا برای آب در بخش کشاورزی ایران، افـزایش قیمت ایـن نهاده منجر به کاهش مقدار کمی در تقاضا برای آب مـی‌شـود. لذا باید قیمت آب به‌صورت معناداری افزایش یابـد، یـا سیاسـت‌هـای جایگزین بـرای آن معرفـی شـود. در شـرایط اقتصـادی، اجتمـاعی و سیاسی فعلی افزایش قیمت آب اثرات جانبی همچون کاهش درآمد بهره‌برداران و کاهش تقاضا برای نیروی کار به دنبال خواهد داشت. راه‌حل بهبود تخصیص آب و تمرکز بر مدیریت یکپارچـه آب، تأکید ویژه بر مدیریت آب در بخش کشاورزی است؛ با این وجود، بهبـود کارایی تخصیص آب بدون ابزارها و سیاست‌هـای مناسـب اقتصـادی امکان نیست.

از طرفی در شـــرایطی که کشور با کمبود منابع آب شیرین مواجه بوده و در درازمدت مســـئله بحران منابع آب به صورت یک مسئله جدی مطرح اســـت، توجه به افزایش کارایی مصرف آب و ارتقاء بهره‌وری آب کشـــاورزی به‌عنوان نوعی سیاست بهبود فناوری، یک ضرورت گریزناپذیر اســـت. برخی از صاحب‌نظران نخستین گام برای جلـوگیری از بحـران آب را افزایش رانـدمان آبیـاری و بهـره‌وری آن عنـوان کـرده‌انـد. در صورت افزایش بهره‌وری آب، مصرف آب در بخش کـشاورزی ۱۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، بدون آن که بـازده اقتـصادی و سـطح رفـاه کشاورزان کم شود. این عمل با کاربست سیاست‌های صحیح و قابل اجرا و روش‌های صحیح آبیاری امکان‌پذیر است. باتوجه به مسائل مطرح شده، روشن است که اهداف و جهت‌گیری‌های سیاستی مورد نظر دولت در خصوص مسائل آب و تولید کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه شامل موارد زیر است:

۱) افزایش رهاسازی جریان‌های زیست محیطی برای تامین نیاز آبی دریاچه ارومیه
۲) سیاست تغییر الگوی کشت از طریق حذف یا کاهش سطح زیرکشت محصولات پر مصرف آب
۳) بهبود فناوری و سامانه‌های آبیاری به منظور افزایش بهره‌وری و بازده اقتصادی آب، و

۴) سیاست‌های مدیریت تقاضای آب

سیاست‌های مذکور اگر چه بر اساس مجموعه‌ای از مطالعات مختلف کارشناسی انجام شده در سطح حوضه دریاچه ارومیه استخراج شده است، لکن این سیاست‌ها باید با توجه به اصل تامین معیشت کشاورزان اجرایی شود. بر این اساس لازم است آثار اجرای هر یک از این سیاست‌ها افزون بر میزان برداشت و ارزش اقتصادی آب، بر توان صرفه‌جویی آب برای تامین حقابه‌های زیست‌محیطی دریاچه و همچنین اثراتی که بر وضعیت رفاه اقتصادی مصرف‌کنندگان آب در سطح حوضه دارد نیز بررسی شود.

۳-۵ بررسی شاخص‌ها و معیارهای مورد توجه در برنامه‌های دولت در خصوص اولویت تولید محصولات کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه

بر اساس اصول اقتصادی، هر گونه تصمیم اقتصادی در خصوص تولید کشاورزی باید بر اساس بیشینه‌سازی بازده نسبت به کمیاب‌ترین نهاده اتخاذ شود. در ایران با توجه به کمیابی نهاده آب و نه زمین، آنچه در برنامه‌ریزی‌های مربوط به تولید محصولات کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد، بیشینه‌سازی بازده اقتصادی نسبت به آب است. پس از شاخص گرایش به بازده اقتصادی آب، ملاحظه می‌شود که بیشترین همبستگی بین سهم محصولات در الگوی کشت و شاخص‌های گرایش، مربوط به شاخص گرایش به مصرف آب بوده و پس از آن به ترتیب مربوط به شاخص اشتغال‌زایی نسبت به نهاده آب، شاخص سودآوری و شاخص گرایش به اشتغال‌زایی در واحد زمین است. این موضوع ترتیب اهداف و اولویت‌های مختلف مورد نظر دولت، به عنوان کارفرمای اصلی و ستاد احیای دریاچه ارومیه به عنوان کارگزار اصلی دولت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و البته کشاورزان در انتخاب الگوی کشت را نشان می‌دهد.

آنچه روشن است این است که بر خلاف آنچه تصور عمومی است این محرک‌های زیست محیطی و اجتماعی است که ترجیحات کشاورزان را در انتخاب الگوهای کشت تعیین می‌کند. بنابراین، هر گونه سیاستی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه که با هدف تغییر الگوی کشت انجام می‌شود، باید بر اساس بهره‌وری آب باشد به طوری که بتواند با کاهش مصرف آب در واحد سطح، بازده اقتصادی هر مترمکعب آب را در محصولات رقیب افزایش دهد. برای مثال چنانچه سیاست‌گذار کاهش کشت چغندرقند را در حوضه دریاچه ارومیه تعقیب می‌کند باید اقداماتی را برای افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در کشت

محصولات رقیب آن انجام داده و یا کشت محصولاتی را در منطقه ترویج کند که از بهره‌وری آب بالاتری از چغندر قند برخوردار باشند.

بنا بر آنچه تا کنون به آن اشاره شد و با مرور بر برنامه‌های دولت و اسناد بالادست و برنامه‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه، مشخص است که ۳ شاخص و معیار اصلی از سوی دولت برای کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در افق سال‌های آتی مورد توجه و تاکید قرار دارد. این ۳ شاخص (هدف اصلی) در تعیین شرایط بهینه تولید کشاورزی با در نظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب و اولویت‌بندی آنها، که در این گزارش نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارت است از:

- ✓ کاهش مصرف آب بخش کشاورزی حوضه آبریز به میزان ۴۰ درصد،
- ✓ بیشینه‌سازی حاشیه ناخالص کشاورزان، و
- ✓ حفظ مقدار اشتغال مستقیم بخش کشاورزی حوضه.

هر ۳ شاخص بالا در این قرارداد در مطالعات اقتصادی و نیز در طراحی الگوهای کشاورزی و در پهنه‌بندی‌های اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه به عنوان اساس کار و مفروضات مدل، شبیه‌سازی‌ها و محاسبات در نظر گرفته شده است.

۴-۵ بررسی سیاست‌های مدیریت منابع آب و تغییرات برداشت آب در حوضه با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی

بررسی سیاست‌های مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه در طول چند دهه گذشته عمدتاً حاکی از کم‌توجهی، و در برخی موارد، بی‌توجهی به ملاحظات و قواعد زیست‌محیطی است. شاید به جرات بتوان گفت با تاسیس و راه‌اندازی ستاد احیای دریاچه ارومیه بوده است که ملاحظات زیست‌محیطی وارد سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌سازی‌های مربوط به مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه شده است.

قالیباف و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی رابطه دیدگاه‌های حاکم بر توسعه در ایران و مشکلات محیط زیستی دریاچه ارومیه به همین نتیجه کلیدی رسیده‌اند که ناپایداری محیط‌زیستی دریاچه ارومیه عمدتاً تحت تاثیر برنامه‌های توسعه ملی، یعنی سیاست‌های مدیریت منابع آب این حوضه آبریز بوده است. به عنوان نمونه، این پژوهشگران با بررسی برنامه‌های مختلف یکم الی پنجم توسعه دریافتند طی دوره‌های مختلف مذکور، تفاوت معناداری در رفتارهای سیاست‌گذارانه برای منابع آب این حوضه آبریز

وجود نداشته است؛ هرچند ایجاد سدهای متعدد طی دوره‌های فوق موجب کاهش چشمگیر ورودی رودخانه‌ها به دریاچه ارومیه شده است. مطالعات کمّی و دقیق در این زمینه نکات ارزشمندی را به ما نشان می‌دهد (قالیباف و همکاران، ۱۳۹۶): به طور کلی، به نظر می‌رسد اُفت تراز دریاچه ارومیه در دهه ۱۳۵۰ به دلیل بهره‌برداری دو سد بزرگ مهاباد، با حجم مخزن و آب قابل تنظیم سالانه ۱۹۸ میلیون مترمکعب و زرینه‌رود با ۶۰۶ میلیون متر مکعب باشد. پس از سال ۱۳۷۴ نیز به دلیل بهره‌برداری از سدهای بزرگی چون علویان با ۱۲۳ میلیون متر مکعب (۱۳۷۴)، حسنلو با ۹۴ میلیون متر مکعب (۱۳۷۹)، شهرچای با ۱۹۹ میلیون متر مکعب (۱۳۸۳)، زولا با ۱۳۲ میلیون متر مکعب (۱۳۸۹) و سد شهید مدنی با ۳۰۰ میلیون متر مکعب (۱۳۹۰) موجب کاهش سطح تراز دریاچه شده است. با این وجود، یک تفاوت اکولوژیک محسوس میان دوره‌های تاریخی پیش‌گفته وجود دارد؛ بهره‌برداری از سدهای بزرگ اول دهه ۱۳۵۰ (سدهای مهاباد و زرینه‌رود) با مجموع آب قابل تنظیم سالانه حدود ۸۰۴ میلیون متر مکعب، با وجود آن که موجب کاهش سطح تراز دریاچه شده است، اما دریاچه تراز اکولوژیک خود، یعنی ۱۳۷۴ متر از سطح دریاهای آزاد را حفظ کرده است. اما، پس از بهره‌برداری از سدهای بزرگ دهه‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ (علویان، حسنلو، شهرچای، زولا و شهیدمدنی) با مجموع تنظیم آب سالانهٔ تقریباً برابر با همان میزان، یعنی حدود ۸۴۸ میلیون متر مکعب، تراز آب دریاچه به شدت و به میزان بیش از ۷ متر اُفت نموده و از تراز اکولوژیک دریاچه فاصله زیادی گرفته است. اگرچه خشکسالی‌های دهه ۱۳۷۰ نیز تأثیر زیادی در روند اُفت سطح تراز دریاچه داشته است، اما با وجود افزایش بارندگی و سال‌های مرطوب دهه ۱۳۸۰ اُفت تراز دریاچه همچنان ادامه یافته است. بر همین اساس می‌توان استدلال کرد که اگرچه ساخت سدها یکی از علت‌های عمده خشک شدن دریاچه ارومیه بوده است، اما علت اصلی این میزان از اُفت تراز آب دریاچه، بهره‌برداری بی‌رویه از چاه‌های آب زیرزمینی حوضه دریاچه ارومیه بوده که ناشی از فقدان سیاست‌گذاری مبتنی بر ملاحظات محیط‌زیستی در همه این سال‌ها است.

با همین روند، مشاهده می‌شود کشاورزی حوضه دریاچه طی سه دهه اخیر، با دو پدیده مهم روبرو بوده است: افزایش ۲۸۰ درصدی سطح زیر کشت و تغییر الگوهای کشت. وسعت زمین‌های کشاورزی این حوضه از ۱۵۰ هزار هکتار در قبل از انقلاب به بیش از ۴۵۰ هزار هکتار در سال‌های میانی دهه ۱۳۹۰ رسیده است. کاربری کشاورزی ۸۷٪ مصارف آب سطحی و زیرزمینی حوضه آبریز را به خود اختصاص داده است. علاوه بر افزایش سطح زیر کشت در بخش کشاورزی حوضه، سایر عوامل موثر در توسعه نامتوازن این بخش در سطح حوضه عبارتند از: تغییر الگوی کم‌مصرف آبی به الگوی پرمصرف (افزایش سطح زیرکشت چغندر قند و سیب)، افزایش سطح زیر کشت باغی حوضه و تولید بیش از نیاز

برخی از محصولات در سطح حوضه و صادرات آن به خارج از حوضه که همگی حاکی از بی‌توجهی به ملاحظات محیط‌زیستی در سیاست‌گذاری‌های بهره‌برداری از منابع آب حوضه است.

از منظر سیاست‌گذارانه، بررسی روند برنامه‌ریزی و برنامه‌های توسعه نشان می‌دهد که الگوهای توسعه در ایران همواره متأثر از الگوها و تحولات اقتصادی جهانی بوده است. برنامه‌ریزی در ایران همراه با پارادایم‌های نئوکلاسیکی بود که پس از جنگ جهانی دوم، تفکر مسلط در توسعه را شکل می‌دادند. در این زمان تصور می‌شد با افزایش درآمد و رشد اقتصادی، فقر از بین رفته و توسعه حاصل می‌شود. بدین ترتیب، برنامه‌های عمرانی اول تا چهارم، متکی بر نظریات نئوکلاسیک و مدرنیزاسیونی بودند که دیدگاه‌های مسلط جهانی را شکل می‌داد. در چنین رهیافتی توجه اندکی به آسیب محیطی بالقوه یا به پایداری دراز مدت شده بود (ویلیس، ۲۰۱۴). با همین الگوی غالب فکری بود که گسترش کشاورزی، صنایع و بهره‌برداری از منابع، انجام هر نوع عملیاتی برای عمران کشور، و توجه به برنامه‌های منطقه‌ای برای استفاده از منابع طبیعی، محور برنامه دوم را شکل دادند. سدسازی از جمله عملیات عمرانی‌ای بود که طی این برنامه مورد توجه قرارگرفت.

در همین زمان نظریه رشد خطی روستو به عنوان یک دستورالعمل توسعه‌ای و سیاسی از سوی کشورهای پیشرفته غربی، الگوی غالب توسعه را در اکثر کشورهای درحال توسعه شکل می‌داد: در این الگو، تغییر اجتماعی فرآیندی یک‌سویه و خطی، رو به پیشرفت و تدریجی شمرده می‌شد. بدین ترتیب، برنامه عمرانی دوم نیز از الگوی رشد روستو متأثر شد. ایران با این الگوی توسعه به رشد صنعتی دست یافت (رزاقی، ۱۹۹۷)، اما در چنین رویکردی، محیط زیست و منابع طبیعی به عنوان ابزاری برای تسریع رشد اقتصادی و صنعتی شدن تلقی شده است و به همین دلیل در برنامه‌های عمرانی فوق، حفاظت از محیط زیست، و حتی ملاحظات زیست‌محیطی چارچوب اصول توسعه پایدار مورد بی‌توجهی قرارگرفت. با فاصله اندکی از انقلاب، کشور درگیر جنگ تحمیلی شد و زیرساخت‌های کشور دچار تخریب شد. بدین ترتیب، محور برنامه اول توسعه، بازسازی خرابی‌های پس از جنگ بود. از طرفی، دهه ۱۹۸۰ با سیاست‌های تعدیل ساختاری و آزادسازی اقتصادی که از طرف بانک جهانی تدوین شده بود هم‌زمان گشت.

در دو دهه اخیر نیز در بر همین پاشنه چرخید: فصل پنجم از بخش دوم برنامه چهارم به حفظ محیط زیست اختصاص داده شد؛ با این حال، دولت نهم در ابتدای کار خود (تیر ۱۳۸۶) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور را منحل کرد و کلیه مسئولیت‌ها و اختیارات آن به دو معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی و معاونت توسعه مدیریت و سرمایه انسانی منتقل شد. در همین تاریخ، شوراهای عالی حفاظت

محیط زیست نیز منحل و در کمیسیون امور زیربنایی ادغام شد. بر اساس قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست، شورای‌عالی محیط زیست به عنوان بالاترین مرجع تصمیم‌گیری درباره مسائل زیست محیطی کشور شناخته می‌شود. گرچه این گونه عنوان می‌شد که این شورا فعالیت خود را در کمیسیون امور زیربنایی دولت دنبال می‌کند، اما در واقع این کمیسیون شکل بسیار تنزل‌یافته موضوع بود و نمی‌توانست کارکردی راهبردی داشته باشد (ابتکار، ۲۰۱۳). برنامه آمایش سرزمین نیز که شالوده آن بررسی توان اکولوژیک هر منطقه است، با انحلال سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، متوقف ماند. با توجه به موارد فوق، موارد زیست‌محیطی برنامه‌های چهارم و پنجم توسعه، در عمل به اجرا در نیامدند؛ این امر منجر به فروکاهش شدید زیست‌محیطی طی برنامه چهارم توسعه و نیمه نخست برنامه پنجم توسعه در کل کشور و به تبع آن در حوضه دریاچه ارومیه گشت.

ساخت سدهای بزرگ با هدف توسعه کشاورزی، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، حفر چاه‌های غیرمجاز و توسعه زمین‌های زیرکشت آبی، عمده‌ترین برنامه‌های توسعه در حوضه دریاچه ارومیه را در این چند دهه تشکیل داده‌اند (قالیباف و همکاران، ۱۳۹۶). بدین ترتیب، بررسی سیاست‌های بهره‌برداری از منابع آب در حوضه دریاچه ارومیه نشان‌دهنده محوریت توسعه کشاورزی با هدف رشد و توسعه اقتصادی و عدم توجه به توان محیط زیستی این دریاچه در این برنامه‌ها است. کشاورزی حوضه دریاچه طی سه دهه اخیر، تغییرات چشمگیری داشته است. علاوه بر افزایش سطح زیر کشت در بخش کشاورزی حوضه، تغییر الگوی کم مصرف آبی به الگوی پرمصرف، افزایش سطح زیر کشت باغی در سطح حوضه، تولید بیش از نیاز برخی از محصولات در سطح حوضه و صادرات آن به خارج از حوضه، از دیگر عوامل موثر در توسعه نامتوازن این بخش در سطح حوضه بوده‌اند. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌های اقتصادی حاکم بر کشور، و به تبع آن حوضه آبریز دریاچه ارومیه، همراه با کم‌توجهی به ملاحظات و ظرفیت‌های محیط زیستی بوده است.

۵-۵ بررسی ساختار تخصیص بهینه آب بین بخشی و درون بخشی آب در حوضه ارومیه تحت سناریوهای مختلف سیاستی

اقتصاد منابع آب شامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌های عرضه، تقاضا، ارزش اقتصادی و بهره‌وری منابع آب در مصارف مختلف است. بر این اساس الگوی هیدرولوژی – اقتصادی در این پژوهش با تأکید بر این عوامل به گونه‌ای تدوین شده است که همه اجزا را برای کارکرد استفاده‌ای آب در درون خود تلفیق کند. به این معنی که در ابتدا توابع عرضه و تقاضای آب برآورد می‌شود و سپس این مؤلفه‌ها در یک تابع هدف مازاد اقتصادی قرار می‌گیرند تا با توجه به محدودیت‌های هیدرولوژیکی در سطح گره‌های هیدرولوژیکی موردنظر در شبکه رودخانه، بیشینه شوند. بروز یک تکانه (سیاست افزایش راندمان یا افزایش قیمت آب) از طریق تغییر در موجودی منابع آب، تخصیص منابع آب به بخش‌های مختلف را کاهش و سطوح تولید محصولات کشاورزی را تغییر می‌دهد. قبل از تشریح الگوی هیدرولوژی –اقتصادی تجربی مورد استفاده در این پژوهش، لازم است ابتدا مبانی نظری الگوی پژوهش و همچنین شرح مختصری از ادبیات جهانی و داخلی در خصوص کاربرد الگوهای هیدرولوژی-اقتصادی در برنامه‌ریزی منابع آب و همچنین تحلیل آثار اقتصادی و زیست محیطی سیاست‌های مختلف بیان شود.

بررسی مبانی نظری الگوهای اقتصادی تخصیص منابع آب در ارتباط با ارزش اقتصادی، هزینه و قیمت آب در بخش‌های مختلف مصرف

از دیدگاه اقتصادی تخصیص بهینه یک کالا یا نهاده بر اساس مولفه‌های عرضه و تقاضا و برقراری تعادل بین آن دو تعیین می‌شود، جایی که اقتصاددانان از آن به نقطه تعادل بازار یاد می‌کنند. بنابراین برای تشریح و تبیین مبانی نظری اقتصادی تخصیص آب ابتدا لازم است اصول اساسی تئوری اقتصادی تعادل رقابتی برای تخصیص آب در شرایط استاندارد بیان شود.

در شرایط استاندارد رقابت کامل، نقطه تعادلی قیمت و مقدار برای آب از تعامل تابع تقاضا و تابع عرضه آن تعیین می‌گردد. عواملی که کالا را به عنوان نهادهٔ تولید مصرف می‌کنند به طور معمول در تلاش برای بیشینه‌سازی سود هستند و تصمیم کارا برای این عامل‌ها، انتخاب سطحی از مصرف نهاده است که سودشان را بیشینه کند. دیگر عوامل اقتصادی (اشخاص یا خانوار) که آب را به عنوان یک کالای نهایی مصرف می‌کنند، می‌کوشند با به کارگیری بودجهٔ محدود خود مطلوبیت یا رضایت خود را که از مصرف ترکیبی از کالاها (از جمله آب) حاصل می‌شود، بیشینه کنند. در هر دو حالت بیشینه‌سازی

(سود توسط بنگاه‌ها و بیشینه‌سازی مطلوبیت اشخاص یا خانوار)، می‌توان توابع تقاضا برای آب را که بیانگر واکنش مقدار تقاضا برای آب به تغییر در قیمت آن است، برآورد کرد. این توابع برای اندازه‌گیری منفعت کل هر مقدار مصرف آب در هر یک از مصارف استفاده می‌شوند و در مسئلهٔ تخصیص کارای آن بین مصرف‌کنندگان مختلف نقش اساسی ایفا می‌کنند.

فرض کنید یک بنگاه (کشاورز یا واحد صنعتی) با فناوری کاربرد مقادیر مختلف آب (w) و دیگر نهاده‌های تولید ($x_1, x_2, ..., x_n$) مقدار مشخصی از محصول y را در هر دوره تولید می‌کند. فناوری موجود برای تولید y توسط تابع تولید f بنگاه نشان داده می‌شود. این تابع بیان می‌کند که چه مقدار y با ترکیبات مختلفی از آب و دیگر نهاده‌ها تولید می‌شود:

$$y = f(w, x_1, x_2, ..., x_n) \quad (۵-۱)$$

فرض کنید این بنگاه بتواند محصول خود را با قیمت P_y در یک بازار رقابتی بفروشد و هر مقدار از نهاده‌های تولید x_i را در قیمت ثابت P_i بخرد. همچنین با فرض این که هزینه تأمین آب برای بنگاه به صورت تابعی از مقدار مصرف آن بیان شود، به گونه‌ای که $\frac{\partial c}{\partial w} > 0$ باشد. به عبارت دیگر، با افزایش مقدار مصرف آب هزینهٔ آن نیز افزایش یافته و با فرض قیمت واحد P_w برای آب، تابع هزینه آب به صورت $c(w) = P_w.w$ می‌باشد، در این حالت تابع هدف بنگاه به صورت زیر است:

(۵-۲)

$$\text{Maximize} \quad P_y.f(w, x_1, x_2, ..., x_n) - c(w) - \sum_{i=1}^{n} P_i x_i$$

در این مسئلهٔ بهینه‌سازی، سطح مصرف آب، w ، و سطح مصرف دیگر نهاده‌های تولید، x_i ، متغیرهای تصمیم هستند که از راه شرایط مرتبه اول برای بیشینه‌سازی سود حاصل می‌شوند. برای مثال شرایط مرتبه اول برای نهاده آب عبارت است از:

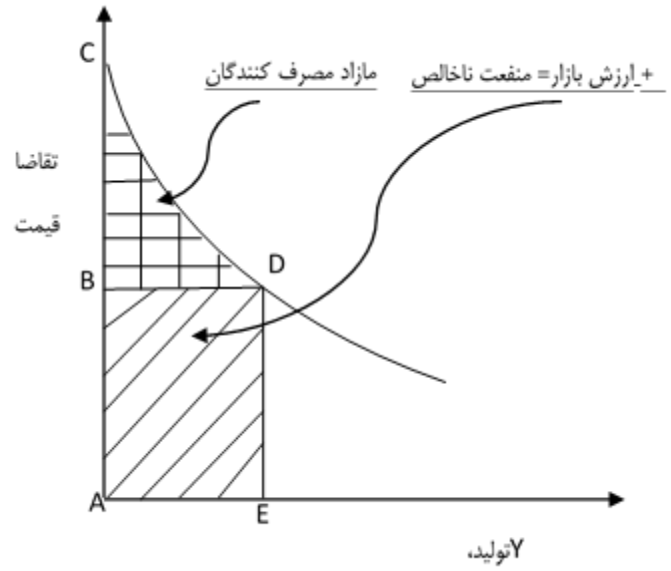
$$P_y.\frac{\partial f}{\partial w} = \frac{\partial c}{\partial w} = P_w \quad (۵-۳)$$

که یک رابطهٔ تابعی بین قیمت محصول P_y ؛ هزینهٔ هر واحد آب P_w و مقدار مصرف آب w است. بر پایهٔ این نظریه، میزان بهینه مصرف آب در فرآیند تولید جایی است که ارزش تولید نهایی آن (VMP) مساوی با قیمت آن در بازار باشد. ارزش تولید نهایی هر نهاده (مانند آب) در هر سطح از مصرف آن، معادل با تولید نهایی آن نهاده در فرایند تولید (افزایش تولید به ازای آخرین واحد مصرف آن) ضربدر قیمت محصول است. بر اساس اصل بازده نزولی، با افزایش مصرف نهاده، تولید نهایی و لذا ارزش تولید نهایی آن کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر تابع ارزش تولید نهایی نسبت به میزان مصرف نهاده همواره

نزولی است. این تابع (مانند آب) میزان تمایل به پرداخت تولیدکننده برای آن نهاده را در هر سطح از میزان مصرف آن نشان می‌دهد که همان تابع تقاضای آن است. مطابق این تئوری زمانی که آب به عنوان یک نهاده واسطه‌ای در فرایند تولید (برای مثال در بخش صنعت) مطرح است، می‌توان ارزش اقتصادی آن را با برآورد تابع تولید صنعت و محاسبه تولید نهایی یا ارزش تولید نهایی آب در آن صنعت برآورد کرد. با قراردادن مقدار معین قیمت محصول در رابطهٔ فوق، تابع تقاضای معکوس برای آب به شکل زیر بدست می‌آید:

$$(۵-۴)\ w = D(P_w)$$

که در آن، P_w قیمت اقتصادی هر مترمکعب آب و w مقدار تقاضا (مصرف) آب است. این تابع تمایل به پرداخت بنگاه تولیدی را برای مقادیر مختلف مصرف آب نشان می‌دهد که برای یک بنگاه بیشینه‌کنندهٔ سود، به دلیل قانون بهره‌وری نزولی نهایی آب دارای شیب منفی است. شکل ۱ تابع تقاضای آب، قیمت اقتصادی (ارزش) بازاری آب و رفاه مصرف‌کننده را نشان می‌دهد. هر نقطه بر روی تابع تقاضای آب که همان تابع ارزش تولید نهایی آن است، بیانگر قیمت اقتصادی آب در هر سطح از مقدار مصرف آن می‌باشد. در سطح مصرف معادل با E، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب معادل با AB است. مستطیل ABDE بیانگر کل منفعت ناخالص حاصل از مصرف E واحد آب (مترمکعب) را نشان می‌دهد و مساحت CBD مقدار مازاد مصرف‌کننده را نشان می‌دهد. بر اساس اصل کارایی، نهاده آب باید به فعالیت‌هایی تخصیص یابد که بیشترین بهره‌وری نهایی یا بیشترین ارزش تولید نهایی آب حاصل شود در این شرایط تابع هدف مسئله تخصیص، بیشینه‌سازی منافع (ارزش) خالص اقتصادی آب در کل سیستم است.



شکل ۱. الگوی نموداری ارزش تولید نهایی آب (تابع تقاضای آب به عنوان یک نهاده تولید)

چنانچه تابع هزینه بنگاه تولید کننده آب با فرض ثابت بودن قیمت نهاده‌هایی که در تولید آب به کار رفته‌اند به صورت زیر تعریف شده باشد:

$$TC = TC(w) \qquad (۵-۵)$$

اگر P_W قیمت پرداختی برای آب توسط خریداران باشد آنگاه سود کل بنگاه را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$TP = r_w * w - TC \qquad (۶-۵)$$

که تحت شرط بیشینه‌سازی سود برای بنگاه عرضه کننده مقدار بهینه آب عرضه شده با مسئله بهینه‌یابی زیر به دست می‌آید:

$$\text{Max} \quad TP = P_w * w - TC \qquad (۷-۵)$$

F.O.C

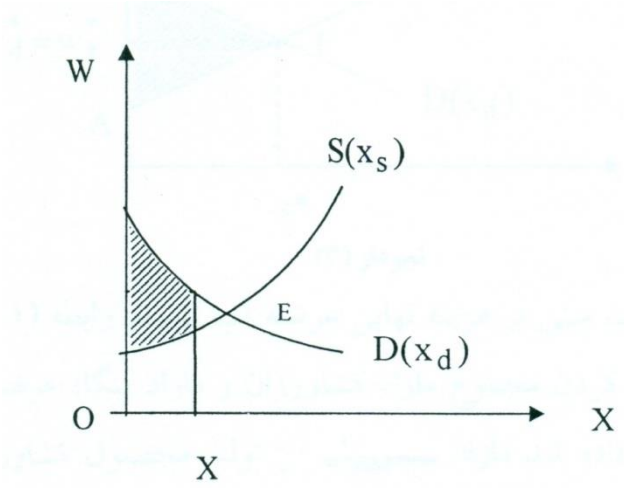
$$\frac{\partial TP}{\partial} = P_w - \frac{\partial TC}{\partial w} = 0 \quad \Rightarrow \quad P_w = \frac{\partial TC}{\partial w} = MC \qquad (۸-۵)$$

رابطه (۵-۸) بیان‌کننده شرط قیمت بهینه بر مبنای هزینه نهایی می باشد (واریان، ۱۹۹۲) که این قیمت همان قیمت کارا از دیدگاه نظریه‌های بازار محسوب می‌شود. اگر روابط عرضه و تقاضای

مذکور به طور همزمان در یک دستگاه مختصات رسم شوند تعادل بازار رقابتی در نقطه تلاقی آنها به دست می‌آید و قیمت مقدار به دست آمده در این نقطه همان قیمت و مقدار تعادلی می‌باشد.

در شکل ۲ برای کالای آب x، منحنی عرضه و تقاضای آن به صورت Ws=S(Xs) و Wd=D(Xd) رسم شده که یکدیگر را در نقطه E قطع کرده‌اند. اگر مقدار تولید در جامعه برابر با x باشد در این حالت مازاد خالص اجتماعی برابر با V بوده که مساحت آن به صورت زیر است.

$$V = \int_0^x [D(W) - S(W)]dW \qquad (۵-۹)$$



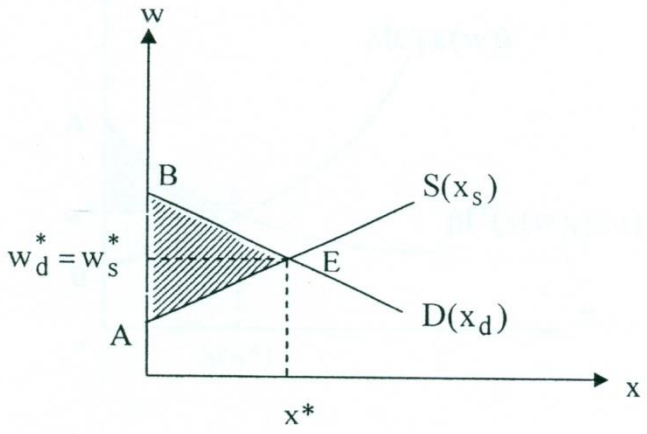
شکل ۲. مازاد خالص اجتماعی آب

با مشتق‌گیری از رابطه ۹-۵ و مساوی صفر قرار دادن آن خواهیم داشت:

$$\frac{dV}{dx} = 0 \Rightarrow wd(x^*) = ws(x^*) = MC(x^*) \qquad (۱۰-۵)$$

مقدار x^* تخصیص بهینه و کارآمد آب را از لحاظ اجتماعی نشان می‌دهد به نحوی که رفاه جامعه را حداکثر می‌کند. بر اساس رابطهٔ ۱۰-۵ قیمت تقاضای آب لازم است با هزینه نهایی عرضه آب برابر باشد و این تساوی در نقطه E در شکل ۳ اتفاق می‌افتد. در این شکل مساحت ABE حداکثر است زیرا مقدار x به سمت نقطه x^* میل کرده و در نتیجه باعث حداکثر شدن مازاد خالص اجتماعی شده است. شرط مرتبه دوم ایجاب می‌کند که مشتق $\frac{d_2V}{dx_2} \leq 0$ باشد. تحت این شرایط، هزینه نهایی تولید آب نسبت به مقدار عرضه صعودی بوده و با قیمت عرضه برابر خواهد شد. بنابراین رابطه (۵-۱۰) سیستم قیمت‌گذاری آب را مبنی بر هزینه نهایی عرضه آب تعیین می‌کند به طوری که آب به طور کارآمد و

بهینه از لحاظ اجتماعی تخصیص می‌یابد. بنابراین رابطه (۵-۱۰) شرط کارایی را تضمین می‌کند. در نمودار (۳-۲) مقدار x کمتر از *x بود و از این لحاظ منابع آب با کارایی بهینه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و رفاه جامعه بیشینه نمی‌شود.



شکل ۳. تخصیص بهینه منابع آب در بازار رقابتی

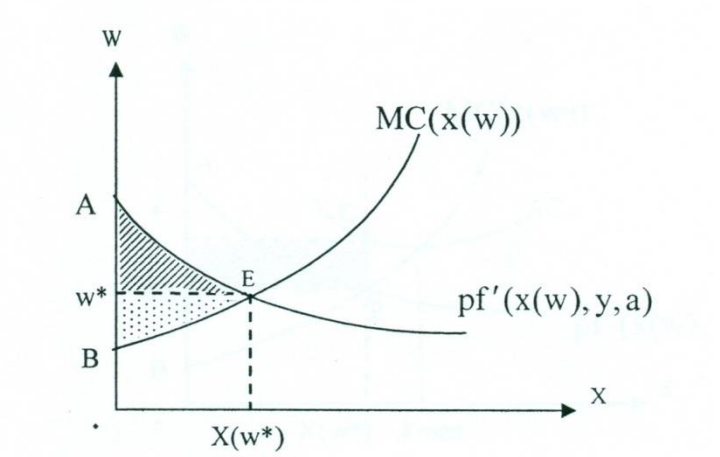
سیستم قیمتگذاری و تخصیص آب مبنی بر هزینه نهایی عرضه آب توسط رابطه (۵-۱۰) بیان می‌شود. این رابطه را می‌توان با حداکثر کردن مجموع مازاد مصرف‌کنندگان (کشاورزان) و مازاد بنگاه عرضه‌کننده آب به دست آورد. همان طور که شرح داده شد مازاد مصرف‌کنندگان در تولید محصول کشاورزی وقتی که نهاده اصلی تولید، آب است به صورت $II_d = pf(x(w), y, a) - wx(w)$ نوشته می‌شود و مازاد خالص بنگاه عرضه‌کننده آب به صورت $II_s = wx(w) - vc(x(w))$ است که در آن هزینه متغیر $vc(x(w)$ است که تابعی از میزان عرضه ی آب است. مازاد خالص اجتماعی به صورت $II = pf(x(w), y, a) - vc(x(w)$ نوشته می‌شود که برای تعیین حداکثر آن نسبت به نهاده آب x مشتق‌گیری کرده و خواهیم داشت:

$$\frac{dII}{dx} = 0 \Rightarrow pf'(x(w).y, a) = MC(x(w)) \qquad (۵-۱۱)$$

با جایگزین کردن رابطه $Pf'\left(x(w^*)\right) = w$ در رابطه (۵-۱۱) شرط قیمت‌گذاری بهینه آب به صورت زیر حاصل خواهد شد.

$$w^* = MC(x(w^*)) \qquad (۵-۱۲)$$

رابطه (۵-۱۲) همان رابطه (۵-۱۰) است و در هر دو مازاد خالص اجتماعی بیشینه شده است. و منحنی $pf'(x(w).y,a)$ با $D(x_d)$ و منحنی $MC(x(w^*))$ با $S(x_s)$ نشان داده شده‌اند. رابطه (۵-۱۱) را می‌توان از طریق نمودار بیان کرد که منحنیهای طرفین آن در شکل ۴ رسم شده است.



شکل ۴. مازاد مصرف‌کننده و تولیدکننده آب

در نقطه E در شکل ۴ رابطه (۵-۱۲) تأمین می شود که در آن مازاد خالص کشاورزان W^*AE بوده و مازاد خالص بنگاه عرضه‌کننده آب معادل W^*BE است. در واقع، شکل ۴ از لحاظ هندسی رابطه (۵-۱۱) را بیان می‌کند و تعادل بین هزینه نهایی عرضه آب را با قیمت آن در شرایط بهینه اول اجتماعی نشان می‌دهد. اصول نظری بیان‌شده در فوق برای مسئله تخصیص آب تحت شرایط خاصی از ویژگی‌های بازار (رقابت کامل) و ویژگی‌های کالا (کالای استاندارد) صادق است. لکن در دنیای واقعی این شرایط به دلیل ویژگی‌های خاص آب به طور کامل برقرار نیست، چرا که آب به عنوان یک کالای عمومی خالص قلمداد می‌شود و جزو کالای زیست محیطی به حساب می‌آید. بر این اساس برای آب به عنوان یک منبع طبیعی کمیاب، افزون بر هزینه‌های فرصت سرمایه (هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری)، هزینه کمیابی (هزینه فرصت) منبع و همچنین هزینه‌های زیست محیطی نیز مطرح است.

اصول نظری که در بالا به آن پرداخته شد در شرایط خاصی از ویژگی‌های بازار و ویژگی‌های کالا صادق است. به عبارت دیگر، توانایی بازار رقابت کامل در تعیین تخصیص کارا و بهینه برای یک کالا نیازمند وجود شرایط خاص در رابطه با بازار و کالای مورد مبادله است. در اقتصاد رفاه ثابت شده است که تحت شرایط زیر منابع را به کالاها و خدمات گوناگون به شیوه‌ای بهینه اختصاص می‌دهد، به نحوی

که با تخصـیص مجدد نمی‌توان رفاه مصـرف‌کننده یا مازاد تولیدکننده را بدون کاهش حق دیگری بالا برد:

- ✓ ورود به بازار و خروج از آن آزاد بوده و نیازمند مجوز نباشد.
- ✓ رقابت شرکت‌کنندگان در بازار به شیوه‌ای با شد که هیچ کدام نتوانند برای تعیین قیمت و میزان دادوسـتد کالا در بازار اعمال نفوذ کنند. به عبارت دیگر همه عوامل اقتصـادی دخیل در بازار گیرنده قیمت باشند.
- ✓ همه دادوستدکنندگان دسترسی کامل به قیمت کالاها و نهاده‌ها، ویژگی‌های قانونی و هیدرولوژی حق‌آبه و هزینه‌های مترتب بر خرید و فروش آب داشته باشند.
- ✓ کالاها و نهاده‌های مبادله شده همگن باشند.
- ✓ انتقال و ورود منابع به بازار آزاد و بدون هزینه باشد.

از دیگر شروط بازار این است که حقوق مالکیت به خوبی تعریف شده باشد، هزینه‌های مبادله پایین باشد، نرخ تنزیل خصوصی انعکاسی از نرخ تنزیل اجتماعی باشد و اثرات اقتصادی خارجی ناشی از مصرف آن کالا وجود نداشته باشد (صدر، ۱۳۸۱). در صورت برقراری چنین فروضی، بازار قادر است تخصیص کالا را به بالاترین و بهترین ارزش اقتصادی سوق دهد. پیامد تخصیص از طریق بازار به بیشینه‌سازی کارایی اقتصادی خصوصی و همچنین کارایی اجتماعی می‌شود. با توجه به خصوصیاتی که برای آب ذکر شد، بازار آب، یک بازار رقابت کامل نیست و لذا قیمت و تخصیصی که بر اساس تئوری اقتصادی بیان شده در فوق تعیین می شود، کارآمد نمی باشد. ریسک‌هایی وجود دارد که ممکن است طراحی نامناسب ساختار بازار به شکست آن منجر شود مواردی از این قبیل شامل بروز اثرات سرریز ناشی از مصرف آب به سایر مصرف‌کنندگان، محیط زیست و هزینه‌های اجتماعی ناشی از تعدیل و تطبیق جوامع است. بنابراین اتکای کامل و تمام به تئوری بازار رقابت کامل برای تعیین ارزش و تخصیص آب خالی از اشکال نیست، بلکه نوعی اصلاح به منظور افزایش کارایی آن ضروری و مطلوب است.

در مصرف آب به عنوان یک منبع طبیعی بر خلاف یک کالای خصوصی استاندارد، افزون بر هزینه فرصت سرمایه (هزینه‌های کامل تامین یا هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری و نگهداری) هزینه کمیابی (رانت) منبع طبیعی نیز مترتب است. استفاده‌کننده از آب حس می‌کند با مصرف آب به ازاء هر واحد موجب کاهش منبع ذخیره آب شده و در نتیجه سبب کمیابی آن گردیده است و از این رو حاضر است مبلغی جهت کمیابی آب پرداخت نماید. از طرف دیگر، بنگاه عرضه‌کننده آب احساس می‌کند با

عرضه هر واحد آب در زمان حال امکان عرضه آن را در آینده از دست می‌دهد. بنابراین هزینه فرصت برای آب قائل می‌شود. از این رو یک هزینه نهایی خارج در عرضه آب ظاهر می‌شود که بر هزینه نهایی عرضه آب اضافه گردیده و باعث می‌شود منحنی عرضه به سمت بالاتر تغییر مکان دهد. به عبارت دیگر بیشینه‌سازی منافع خالص اجتماعی آب به صورت یک مسئله بهینه‌سازی با محدودیت[1] مطرح است. بنابراین مدل تخصیص بخش آب برای حالتی که J مصرف‌کنندهٔ آب در بازار وجود دارند ($j=1,2,3,...,J$) به شکل یک تابع هدف بیشینه‌سازی منفعت خالص کل سیستم محدود به کل موجودی منابع آب به شکل رابطهٔ ۱۳-۵ نوشته می‌شود.

$$Max\ Z=\sum_{j=1}^{J} NB_j(w_j)=\sum_{j-1}^{J}(B_j(w_j)-C_j(w_j))$$

(۵-۱۳) $ST:$

$$\sum_{j=1}^{J} w_j = W \qquad [\lambda]$$

که در آن $B_j(w_j)$ منفعت کل مصرف آب برای مصرف‌کنندهٔ j ام، $c_j(w_j)$ هزینهٔ کل تأمین آب برای مصرف‌کنندهٔ j ام و w_j مقدار تقاضای آب مصرف‌کننده j ام هستند. محدودیت $\sum_{j=1}^{J} w_j = W$ بیان می‌کند که مجموع مقادیر مصرف آب توسط همهٔ مصرف‌کنندگان باید با مقدار کل موجودی منابع آب برابر باشد. مقدار داخل کروشه، λ ، مقدار دوگان (قیمت سایه‌ای) متناظر با این محدودیت در مدل اولیه است. تابع لاگرانژ و شرایط مرتبهٔ اول در نقطهٔ تعادلی بهینهٔ این الگو عبارت است از:

(۱۴-۵)

$$\varphi=\sum_{j}(B_j(w_j)-c_j(w_j)+\lambda\left[\sum_{j} w_j - W\right]$$

شرایط لازم کان- تاکر عبارتند از:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial w_j}=\frac{\partial B_j}{\partial w_j}-\frac{\partial c_j}{\partial w_j}-\lambda=0\longrightarrow\frac{\partial B_j}{\partial w_j}-\frac{\partial c}{\partial w_j}=\lambda \qquad \text{for all } j=1,2,...,J$$

-۵)

(۱۵

(۱۶-۵)

$$MB_j - MC_j=\lambda \quad \text{for all } j=1,2,...,J$$
$$MNB_j=\lambda \quad \text{for all } j=1,2,...,J$$

1 Optimization with restriction

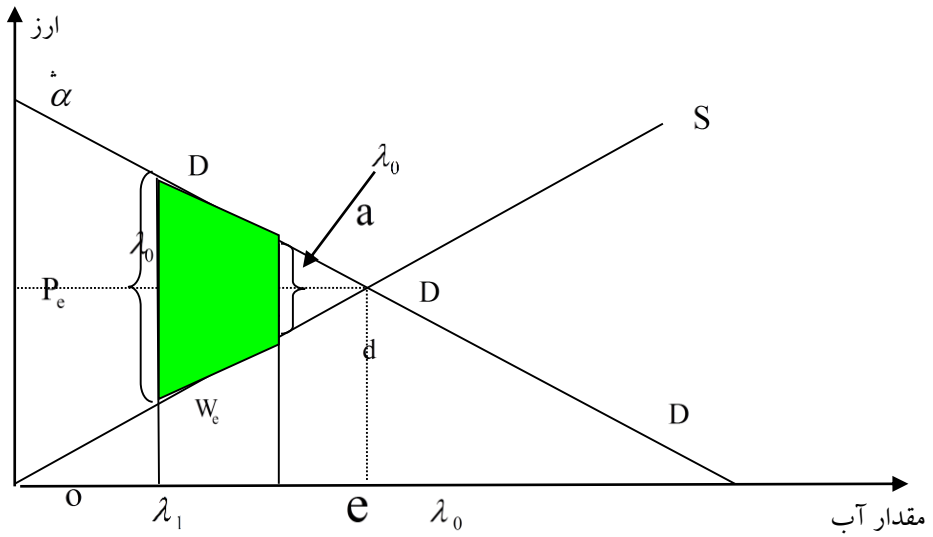
(۱۷-۵)

که در آن، MB_j و MC_j به ترتیب منفعت و هزینهٔ نهایی آب برای مصرف‌کنندهٔ j ام و MNB_j، منفعت خالص نهایی مصرف آب توسط مصرف‌کنندهٔ j ام و λ ضریب لاگرانژ است که بیانگر ارزش نهایی منبع طبیعی (آب) است. به عبارت دیگر ارزش نهایی آب[1] (MVW) برابر با منفعت نهایی آب منهای هزینهٔ نهایی آب است. در این صورت مقدار مصرف کارای آب توسط هر مصرف‌کننده، جایی است که منفعت نهایی (MB) حاصل از مصرف آب، برابر با هزینهٔ نهایی تأمین و عرضهٔ آب بعلاوهٔ ارزش اجتماعی منبع طبیعی کمیاب (λ) است. به عبارت دیگر در سطح مصرف کارامد آب، باید قیمت اقتصادی هر واحد آب افزون بر این که هزینهٔ نهایی تولید آب را پوشش دهد، باید ارزش نهایی آب (MVW) را نیز پوشش دهد. افزون بر این، در نقطه تعادل، منفعت خالص نهایی همهٔ مصرف‌کنندگان با هم مساوی و برابر با λ است، به این معنی که برای تحقق شرط کارایی در تخصیص، آب باید به گونه‌ای بین مصارف مختلف تخصیص یابد که منفعت نهایی حاصل به ازای آخرین واحد مصرف آب در همهٔ مصارف مساوی باشد:

$$MNB_j = MNB_k = \lambda \qquad \text{for all } j, k = 1,2,\ldots, J \qquad (۱۸-۵)$$

رابطهٔ ۱۸-۵ بیان می‌کند که در نقطهٔ بهینهٔ تعادلی، قیمت آب با هزینهٔ نهایی تولید آن بعلاوه ارزش اجتماعی آب طبیعی (λ) مساوی است. در واقع λ ارزشی است که به کمیابی یا هزینه فرصت آب نسبت داده می‌شود، چرا که ارزش اضافی هر واحد از منبع کمیاب را در مصارف مختلف نشان می‌دهد (ویچلنز، ۲۰۰۲). هر چه قدر محدودیت منابع آب بیشتر شود، مقدار λ نیز بیشتر و بر عکس در شرایط فراوانی منابع آب مقدار آن کاهش می‌یابد. بنابراین چنانچه هدف دولت در تعیین قیمت و تخصیص منابع آب حداکثر کردن مازاد خالص اجتماعی به عنوان معیاری برای سنجش رفاه اجتماعی است، باید این ارزش به عنوان یک جزء هزینه مد نظر قرار گیرد. در بسیاری از کشورها، آب کشاورزی به قیمتی به کشاورزان داده می‌شود که نه تنها منعکس‌کننده هزینه واقعی تامین آب نیست، بلکه هزینه فرصت را هم در نظر نمی‌گیرد. به طور طبیعی پیامد این امر این است که منفعت خالص اجتماعی حاصل از مصرف آب در همه بخش‌ها و مناطق بیشینه نمی‌شود (ویچلنز، ۲۰۰۲). مفهوم λ و نقش آن در تخصیص بهینهٔ آب بین مصرف‌کنندگان مختلف در شرایط کمبود منابع در شکل ۵ نشان داده شده است.

1- Marginal value of water (MVW)



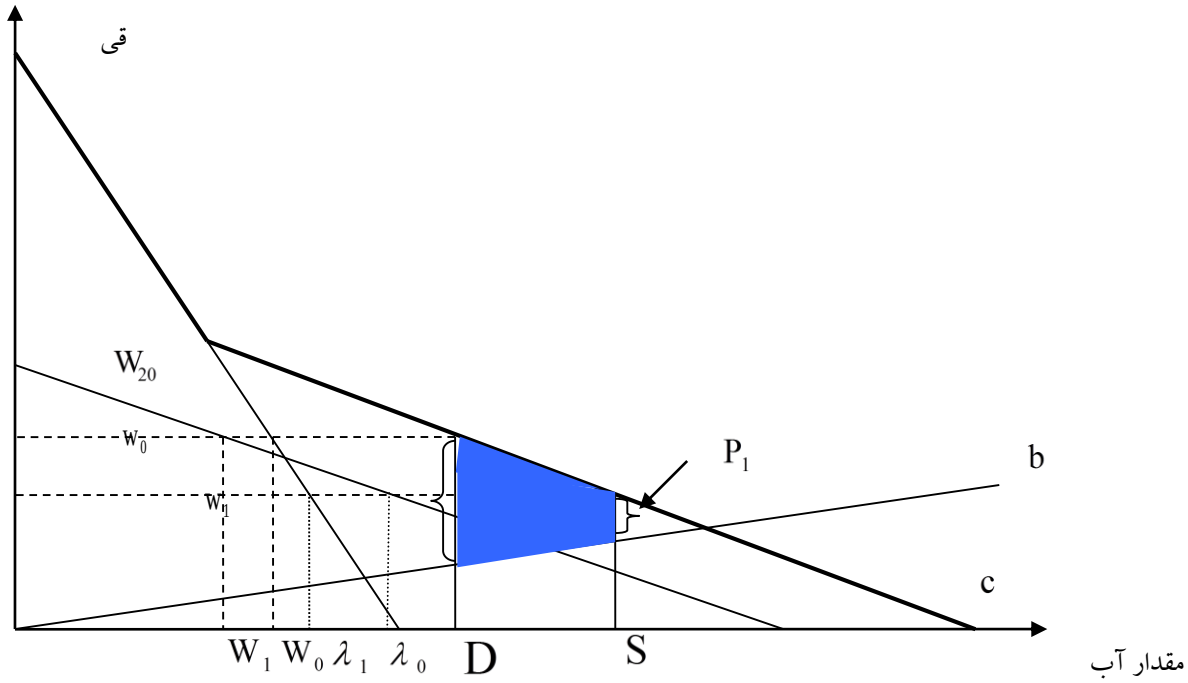
شکل ۵- تخصیص بهینهٔ آب در یک بازار یک بخشی

در این شکل تابع تقاضا و عرضهٔ خطی آب در شرایطی که تنها یک بخش مصرف‌کنندهٔ آب در بازار وجود دارد، به تصویر کشیده شده است. تابع تقاضا نتیجهٔ منطق بهینه‌سازی مصرف آب توسط مصرف-کننده (بیشینه‌سازی مطلوبیت یا سود انتظاری) در یک فعالیت تولیدی است و رابطهٔ منفی بین ارزش نهایی (منفعت) آب در این فعالیت را با مقدار مصرف آب نشان می‌دهد. ارزش کل آب (کل تمایل به پرداخت مصرف‌کننده) معادل با مساحت زیر این منحنی تا نقطهٔ مقدار مصرف بوده و مازاد مصرف‌کننده مساوی با این سطح منهای مقدار هزینهٔ پرداخت شده بابت استفاده از آب است. به همین نحو، تابع عرضه نیز بیانگر هزینهٔ نهایی لازم (هزینهٔ پمپاژ، ذخیره‌سازی، توزیع و حافظت از منابع آب) برای عرضهٔ مقدار معینی از آب است که با سطح عرضه رابطهٔ مستقیم دارد. هزینهٔ کل تأمین آب مساوی با سطح زیرمنحنی عرضه تا محل مقدار عرضه تعادلی (تلاقی عرضه و تقاضا) است و مازاد عرضه‌کننده، معادل با مقدار پرداخت شده توسط مصرف‌کننده منهای هزینهٔ کل تأمین آب است. در شرایط نبود مصرف‌کنندگان رقیب و محدودیت منابع آب، سطح رفاه اقتصادی در محل تلاقی توابع عرضه و تقاضا (W_e) جایی که منفعت نهایی مساوی با هزینهٔ نهایی آب است ($MB=MC$) بیشینه می‌شود. این سطح از تخصیص در یک سازوکار بازار بدون هیچ گونه محدودیتی در عرضهٔ منابع آب به دست آمده است. در این شرایط مازاد مصرف‌کننده با سطح $P_e e\alpha$ و مازاد تولیدکننده با سطح $oP_e e$ نشان داده شده و ارزش نهایی آب (λ) مساوی با صفر است. بنابراین شرط تعادل $MB=MC+\lambda$ به شرط $MB=MC$ تعدیل می‌شود.

محدودیت عرضهٔ آب یا وجود مصرف‌کنندگان رقیب (برای مثال مصرف‌کنندگان پایین دست) سازوکار تخصیص بهینهٔ فوق را تغییر می‌دهد. هنگامی که مقدار رواناب محدود شود (برای مثال در اثر تغییر اقلیم) به گونه‌ای که برای رسیدن به نقطهٔ تعادل W_e کافی نباشد، منفعت نهایی آب از هزینهٔ نهایی تأمین آن بیشتر می‌شود که تفاوت این دو همان ارزش نهایی آب $(\lambda = \text{MB-MC})$ یا قیمت سایه‌ای آب است. قیمت سایه‌ای آب، ارزش یک واحد اضافی تأمین آب در سیستم را منعکس می‌کند و تابعی از مقدار موجودی منابع آب (رواناب)، ارزش نهایی استفاده‌های آن (در هر دو استفاده‌های مصرفی و غیرمصرفی آب)، هزینه‌های عرضه و مقدار جریان‌های برگشتی آب از مصارف مختلف به سیستم است. تغییر در هر یک از این عوامل، ارزش نهایی آب و در نتیجه تخصیص کارای آب را تغییر می‌دهد. در شکل ۲-۵ فرض کنید در ابتدا موجودی منابع آب به مقداری است که قیمت سایه‌ای متناظر با آن مساوی با λ_0 باشد. در این قیمت، مصرف آب به مقدار W_0 یعنی نقطه‌ای که قیمت سایه‌ای مساوی با ارزش نهایی خالص استفاده آن شود، کاهش می‌یابد. با کاهش در مقدار موجودی منابع آب قیمت سایه‌ای آب از λ_0 به λ_1 افزایش و سطح مصرف آب از W_0 به W_1 کاهش می‌یابد. نتیجهٔ این کاهش در حجم رواناب، کاهش در مازاد اقتصادی به میزان سطح رنگی abcd است.

با تعمیم تحلیل فوق به حالتی که در بازار دو یا چند مصرف‌کننده (برای مثال بخش کشاورزی، شرب و صنعت) آب وجود دارند، اصل بهینه‌سازی تخصیص منبع کمیاب (آب) بین مصرف‌کنندگان رقیب به دست می‌آید. این موضوع در شکل ۶ با فرض وجود دو مصرف‌کنندهٔ آب با توابع تقاضای D_1 و D_2 در بازار که در یک نقطه از سیستم در مصرف آب با هم رقیب هستند، به تصویر کشیده شده است. از جمع افقی توابع تقاضای منفرد منحنی تقاضای کل (که با خط پررنگ نشان داده شده است) به دست می‌آید. تابع عرضهٔ آب نیز با S نشان داده شده است. در آغاز، قیمت سایه‌ای آب در سیستم مساوی با λ_0 و مقدار مصرف آب مساوی با W_0 است. سهمی از کل این مقدار آب که به هر یک از دو مصرف‌کننده اختصاص می‌یابد، با برابرسازی قیمت تقاضای کل (P_0) با تقاضای هر یک از این دو مصرف‌کننده به مقدار W_{10} و W_{20} تعیین می‌شود. هنگامی که کمیابی آب در اثر کاهش مقدار رواناب افزایش می‌یابد، قیمت سایه‌ای به λ_1 افزایش و مصرف کل آب به W_1 کاهش می‌یابد. نتیجهٔ این مسئله افزایش قیمت تقاضای کل به P_1 است. با برابرسازی این قیمت جدید با توابع تقاضای انفرادی هر یک از مصارف، سطح تخصیص به مصارف با کشش قیمتی بالاتر (تابع تقاضای D_2)، در مقایسه با مصارف کشش‌ناپذیرتر (تابع تقاضای D_1) بیشتر کاهش می‌یابد. همان گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است، سطح کاهش در تخصیص آب به مصرف‌کننده ۱ که نسبت به قیمت کشش‌پذیری کمتری دارد به مقدار $W_{20} - W_{21}$ و برای مصرف‌کنندهٔ دوم با کشش قیمتی بالاتر به مقدار $W_{10} - W_{11}$ است.

ملاحظه می‌شود که $W_{20} - W_{21} > W_{10} - W_{11}$ است. به عبارت دیگر، سهم بیشتری از آب به مصارف با ارزش نهایی بیشتر و کشش قیمتی پایین‌تر تخصیص یافته است. سطح هاشورزده در شکل ۶ تغییرات خالص در مازاد تولیدکننده و مصرف‌کنندگان آب متناظر با کاهش موجودی منابع آب را نشان می‌دهد. نتایج این تحلیل بیان می‌کند که در یک بازار رقابتی آب، کاهش‌ها در حجم رواناب به طور یکسانی بین مصارف مختلف توزیع نشده، بلکه سطوح تخصیص نسبت به مؤلفه‌های بازاری تعدیل می‌شود.



مدل هیدرولوژی-اقتصادی و پیشینه کاربرد آن

نتایج و تجربیات حاصل از مطالعات فوق گویای این واقعیت است که بهترین مدل به منظور پیاده‌سازی رویکرد مدیریت یکپارچهٔ منابع آب در حوضه یا مناطق با خصوصیات اقلیمی محدوده مطالعاتی مورد نظر (شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک) با وجود رقابت شدید بین مصارف مختلف (بخش شرب، زیست‌محیطی، کشاورزی و تغذیه مصنوعی) و اثرپذیری شدید میزان آب قابل دسترس بخش کشاورزی از مصارف مختلف و شرایط اقلیمی منطقه (خشکسالی) در محدوده مذکور، مدل هیدرو-اکونومیک[1] است که به عنوان بهترین وسیله برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان منابع آب به منظور ارائه بینش‌های

1- Hydro-economic model

لازم جهت استفاده بهینه از آب و مهم‌ترین ابزار جهت شناسایی و انتخاب کارامدترین و پایدارترین راهبرد در ۳۵ سال گذشته به شمار می‌رود (اورتگا و همکاران، ۲۰۱۱). در ادامه گزارش در جهت اثبات ادعای مذکور به بررسی سیر تاریخی استفاده از مدل مذکور در تحقیقات مختلف و تبیین اهم مطالعات مذکور پرداخته می‌شود.

ماهیت چند وجهه و بین‌رشته‌ای بودن مسائل و مشکلات منابع آب، نیازمند تلفیق جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مشکلات مذکور در یک چهارچوب تحلیلی یکپارچه است (سرگاگلدین، ۱۹۹۵). به‌منظور فراهم ساختن یک چهارچوب تحلیلی در مقیاس مختلف دشت و حوضه آبریز، تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی در قالب مدل‌های یکپارچه اقتصادی، اجتماعی، هیدرولوژی، سیاسی و محیط‌زیست، تحت مطالعه و بررسی قرارگرفته و دارای قابلیت‌های متنوعی (جهت بررسی و تجزیه‌وتحلیل مسائل و مشکلات مذکور) جهت پیشرفت مباحث منابع آب شناخته‌شده‌اند (مک‌کینی و همکاران، ۱۹۹۹).

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک، بارش‌های سالانه، منبع اصلی منابع آبی در بخش کشاورزی است؛ اما وقوع خشک‌سالی‌های پی‌درپی در این مناطق به علت تغییرات هیدرولوژیکی ازیک‌طرف و فقدان مدیریت و برنامه‌ریزی به هنگام و انطباق و سازگاری با وضع موجود نیز از طرف دیگر سبب کاهش آب در دسترس برای مصارف مختلف ازجمله بخش کشاورزی و از بین رفتن برخی اکوسیستم‌های آبی شده و تشدید فشار بر منابع شده است و مدیریت آبیاری و سیستم‌های ذخیره (تأمین) سطحی و عوامل مؤثر بر آن‌ها را به یک ضرورت حتمی و حیاتی در مدیریت آب در این نوع مناطق تبدیل کرده است (موجامدار و ودولا، ۱۹۹۲). بنابراین ارزیابی تغییرات هیدرولوژیکی (تغییرات عرضه آب ناشی از تغییر اقلیم) و اثر آن بر منابع آب سطحی و آب قابل‌دسترس کشاورزان و از همه مهم‌تر بررسی چگونگی عکس‌العمل محتمل کشاورزان در برابر این تغییرات و سیاست‌های مختلف بخش کشاورزی به‌عنوان یک دیدگاه مدیریتی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که اعمال نتایج مذکور در مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب بسیار مفید و مؤثر می‌باشند (مانتا و همکاران، ۲۰۰۹)

با توجه به این مهم و از بین مدل‌های بین‌رشته‌ای مدیریت یکپارچه منابع آب، استفاده از مدل هیدرولوژی-اقتصادی بهترین وسیله برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به‌منظور ارائه بینش‌های لازم جهت استفاده بهینه از آب و مهم‌ترین ابزار جهت شناسایی و انتخاب‌کارامدترین و پایدارترین راهبرد مدیریت منابع آب در ۳۵ سال گذشته، به شمار می‌رود (اورتگا و همکاران، ۲۰۱۱) و ازجمله از کاربردهای مهم و اساسی مدل مذکور در زمینه تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های اقتصادی از جمله بخش

کشاورزی و بررسی و تجزیه تحلیل سیاست‌ها و هزینه فرصت از دست رفته آب در بخش مذکور می‌باشد (دراپر و همکاران، ۲۰۰۳) که تخصیص و هزینه فرصت از دست رفته آب در بخش کشاورزی بر اساس ارزش آب محصولات (الگوی کشت) و ارزش سایه ای به‌دست‌آمده از این مدل صورت می‌گیرد (هارو و همکاران، ۲۰۰۹).

از جمله از کاربرد اولیه مدل هیدرولوژی-اقتصادی، می‌توان به مطالعات نوئل و هاویت (۱۹۸۲) و واکس و هاویت (۱۹۸۴) اشاره نمود که با استفاده از آن به بررسی انتقال آب و پتانسیل بازار آب در ایالت کالیفرنیا پرداختند. در ادامه لفکاف و گوریلیک (۱۹۹۰) با استفاده از این مدل تغییرات هیدرولوژی منطقه آرکانزاس (واقع در جنوب شرقی کلرادو) را شبیه‌سازی نموده و از طریق آن، اثر سناریوهای اقلیمی را بر شوری آب زیرزمینی، کیفیت خاک و درآمد کشاورزان منطقه مذکور، مورد ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل قراردادند. در بسیاری از حوضه‌های آبریز خشک و نیمه خشک، آبیاری اراضی کشاورزی بعنوان مصرف آبی غالب در حوضه بوده و مدیریت آبیاری نقشی کلیدی در مدیریت آب در این نوع از حوضه‌ها بازی می‌کند. در یک مدل یکپارچه جامع هیدرولوژیکی-کشاورزی-اقتصادی، مدیریت سیستم-های ذخیره (تأمین) سطحی و زیر سطحی با سیاست‌های آبیاری و کشت محصولات ترکیب شده، میزان تولید محصولات تحت آبیاری ارزیابی شده و سیاست‌های بهره برداری از مخازن منتج می‌شود. بعنوان برخی از مطالعات اخیر صورت گرفته در زمینه این سیستم‌ها می‌توان به کارهای صورت گرفته توسط ودولا و موجامدار (۱۹۹۲)، دادلی و اسکات (۱۹۹۳) اشاره نمود که در آن‌ها متغیرهای رهاسازی از مخازن و تخصیص آب به مزارع در یک ساختار مدل‌سازی با یکدیگر تلفیق شده و ملاحظات دینامیکی رطوبت خاک و رشد گیاه در مقیاس مزرعه نیز لحاظ گردیده است. در این مدل‌ها مقادیر جریان ورودی به مخازن و بارش می‌تواند به‌صورت استوکستیک در نظر گرفته‌شده و همچنین شرایط تخصیص آب بین چند گونه گیاه لحاظ گردد. مدل‌های مورداستفاده در این مطالعات همگی برای یک مزرعه منفرد و یک مخزن مورد بررسی قرار گرفته و آنالیز نتایج محدود به زمان‌بندی بهره‌برداری از مخزن و آبیاری مزرعه شده است و درآمد خالص کشاورزان بر اساس الگوی کشت بهینه مزرعه (حاصل از مدل تحقیق) تعیین و هزینه فرصت از دست رفته آب در سناریوهای مختلف کشاورزی و اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

بوکر و یانگ (۱۹۹۴) مثال قابل توجهی از استفاده از این نوع تحلیل را ارائه دادند. مدل آنها در برگیرنده روابط پیچیده تأمین آب و مدیریت نیاز با هم است. در بخش تأمین آب، تعادل جریان و شوری برای شبکه یک حوضه آبریز (رودخانه کلرادو) نوشته شده است. در بخش نیاز نیز توابع سود برای مصارف

بیرون از رودخانه (کشاورزی، شهری و صنعتی) و نیازهای غیر مصرفی درون رودخانه (انرژی برقابی و کیفیت آب) تعریف گردیدند. این مدل جهت برآورد اثرات سناریوهای مختلف سازمانهای تصمیم گیرنده، جریانات رودخانه و سطوح مختلف نیاز مورد استفاده قرار گرفته است.

دازا و پرالتا (۱۹۹۳) یک مدل مدیریت ترکیبی منابع آب برای یک ناحیه تحت آبیاری توسعه دادند. در این کار یک مدل شبیه‌سازی- بهینه‌سازی هیدرولیک آب زیرزمینی چند لایه گذرا با در نظرگیری صریح تکنولوژی آبیاری مورد استفاده قرارگرفته است. جریان ورودی آبیاری به عنوان متغیر تصمیم و تراوش عمیق و افت رواناب از آبیاری به عنوان متغیرهای حالت در نظر گرفته شدند. به‌عنوان مطالعات مشابه این کار، می‌توان به این تحقیقات اشاره نمود: پرالتا و همکاران (۱۹۸۸)، لفکاف و گوریلیک (۱۹۹۰a)، پرالتا و همکاران (۱۹۹۰) و ماشارفیه و همکاران (۱۹۹۵) که در همه آن‌ها مدل‌های شبیه‌سازی/ بهینه‌سازی برای تعیین یک استراتژی بهینه آبیاری که منجر به بیشینه تولید محصول و جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی گردد، به کار رفته‌اند.

در استرالیا نیز راجرز و همکاران در سال ۱۹۹۳ به‌منظور بررسی ارتباط بین تغییرات موجودی آب قابل‌دسترس و رشد بخش کشاورزی از مدل هیدرولوژی-اقتصادی بهره بردند؛ و در ادامه بیاری و همکاران (۱۹۹۸) نیز، مطالعه مذکور (مطالعه سال ۱۹۹۳) را با محاسبه ارزش آب آبیاری و هزینه فرصت آب و همچنین بررسی اثرپذیری آن از تغییرات هیدرولوژیکی تکمیل نموده و ارتباط بین تغییرات موجودی آب قابل‌دسترس و رشد بخش کشاورزی و اثر آن بر ارزش آب آبیاری کشور مذکور را مورد بررسی قراردادند. در همین سال ایورز و همکاران، با ترکیب مدل‌های رشد تولید و هیدرولوژی، تغییرات عرضه منابع آب ناشی از تغییر اقلیم و اثر آن بر الگوی کشت محصولات زراعی در ایالت اوکلاهامای امریکا، مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند.

اما در خصوص توسعه مدل‌های مذکور که در زمینه مدیریت سیستم تأمین آب و سیستم آبیاری کشاورزی در سطح حوضه آبریز می‌باشد، می‌توان از کار شاخص انجام گرفته توسط کای (۱۹۹۹) نام برد که در آن مقیاس مکانی مدل بسیار بزرگتر و پیچیده‌تر نسبت به مطالعات قبلی می‌باشد. به دلیل خصوصیات شاخص این تحقیق در ادامه به بررسی دقیقتر این مطالعه پرداخته می شود. این مدل توسعه‌یافته برای حوضه آبریز دریاچه آرال در آسیای مرکزی، مشتمل بر چندین گره منبع (مخازن، آبخوان‌ها، بازه‌های رودخانه و غیره) و چندین محل نیاز همراه با تعدادی از محصولات در هر محل مصرف می‌باشد. همچنین در این مدل روابط توسعه داده شده بین اجزای مدل‌سازی هیدرولوژیک، کشاورزی و اقتصادی مورداستفاده قرارگرفته، به‌گونه‌ای که در این سطح از جزئیات در مطالعات سابق

بکار نرفته است. به منظور مدل‌سازی سازوکارهای و سیاست‌های تخصیص آب، تنوع اقلیم کشاورزی و تنوع مصارف و کاربرهای آبی در این مدل تعداد بسیار زیادی از روابط فیزیکی، اقتصادی و رفتاری استفاده شده است.

ساختار مدل‌سازی در این مسئله دارای این عناصر است:

۱) انتقال و تعادل جریان و آلودگی (شوری) در شبکه حوضه آبریز مشتمل بر ناحیه ریشه گیاه؛
۲) فرآیندهای آبیاری و زهکشی
۳) توابع تولید محصولات شامل اثرات ناشی از تنش آبی و شوری خاک
۴) توابع سود برای مصارف درون و برون از رودخانه که برآورد کننده سود اقتصادی و هزینه فرست از دست رفته ناشی از کنترل شوری و ذخیره آب می باشد
۵) سیستم‌های مالیات و یارانه جهت ترویج تخصیص مؤثر آب، توسعه ظرفیتهای وابسته به آبیاری و حفاظت از محیط‌زیست
۶) توسعه‌های سازه‌ای با در نظرگیری ملاحظات سرمایه‌گذاری، و
۷) قوانین و سیاست‌های سازمانی که حاکم بر مباحث تخصیص آب می‌باشند

تمامی این عناصر در یک سیستم پایدار با یکدیگر تلفیق شده که هسته آن یک مدل چند زمانه شبکه حوضه آبریز در دامنه ناحیه ریشه گیاه تا سیستم رودخانه و تابع هدف آن بیشینه سازی سود کل ناشی از مصرف آب به‌صورت آبیاری، تولید انرژی برقابی و مصارف زیست‌محیطی است. این مدل بزرگ که شامل روابط غیرخطی بسیاری است با استفاده از رهیافت "تجزیه به مسایل کوچک‌تر" حل شده و در تحلیل مدیریت منابع آب در رودخانه Syr Darya در حوضه دریاچه آرال در آسیای مرکزی به کار رفته است.

مسئله اصلی در این تحقیق، مدیریت پایدار بلندمدت منابع آب در سطح حوضه‌های آبریزی بوده که دارای مشخصه‌های: اقلیم (نیمه) خشک، وابستگی زیاد به کشاورزی و آبیاری و احتمالاً دارای عوارض جدی ناشی از افت کیفیت آب و شوری خاک می‌باشند. مدیریت پایدار منابع آب در این مسئله به صورت تعیین مقدار آب مورد نیاز در دراز مدت و به صورت مطمئن برای نیاز گیاه در کنار تأمین نیازهای افزاینده شهری و صنعتی همزمان با لحاظ کردن یک رابطه پایا بین میزان آبیاری و اثرات زیست‌محیطی آن تعریف گردیده است. استفاده از چنین رویکردی در نگرش مدیریت منابع آب که در آن روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای برای رسیدن به پایداری در کاربردهای دنیای واقعی در سطح حوضه آبریز با یکدیگر تلفیق شده‌اند، مدنظر قرارگرفته است. چارچوب مدل‌سازی توسعه داده‌شده در این مدل بر

اساس یک نگرش تلفیقی به یک سیستم حوضه آبریز که دارای خصوصیات آب و هوایی خشک یا نیمه خشک و نیاز غالب آبیاری در سطح حوضه و درآن کنترل شوری به‌عنوان مهم‌ترین مسئله کیفیت آب و محیط‌زیست می‌باشد، قرار دارد.

ساختار مدل تلفیقی هیدرولوژیکی- کشاورزی- اقتصادی- سازمانی پیاده شده در برگیرنده این ملاحظات است: (۱) برقراری تعامل یکپارچه بین سیستم‌های هیدرولوژیکی و آبیاری و زیست‌محیطی؛ (۲) در نظرگیری تغییرات مکانی ناشی از توزیع مکانی مقادیر نیاز و تأمین آبی؛ (۳) در نظرگیری تغییرات زمانی ناشی از اندرکنش‌های بین نسلی تخصیص آب و (۴) در نظرگیری عدم قطعیت و ریسک هم در میزان تأمین و هم در نیازهای آبی. روابط اصلی استفاده‌شده در مدل‌سازی عبارتند از پیوستگی هیدرولوژیکی، میزان تولید محصول کشاورزی به‌عنوان تابعی از میزان آب و شوری آب و خاک و محرک‌های اقتصادی جهت کنترل شوری، پایداری منابع آبی و توسعه سیستم‌های آبیاری.

در تحقیق سال ۲۰۰۱، کواین و همکاران از مدل SWAP/WADE[1] که از جمله از مدل‌های تولید کشاورزی در زمینه تلفیق مدل‌های آبی و اقتصادی به شمار می‌رود، جهت ارزیابی سیاست‌های آب در بخش کشاورزی حوضه سان جاکوین چین و تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف اقتصادی و هیدرولوژی استفاده گردید و به ارزیابی تغییرات عرضه، تقاضا و کیفیت آب، حفظ اکوسیستم و رفاه اجتماعی و اقتصادی ناشی از اثرات تغییرات اقلیم در حوضه مذکور پرداخت.

جنکینر و همکاران (۲۰۰۱) یک مدل هیدرولوژی-اقتصادی بر مبنای عملکرد اقتصادی بنام CALVIN به منظور مدلسازی سیستم تأمین آب کالیفرنیا توسعه دادند. این مدل بسته نرم‌افزاری HEC-PRM را بعنوان موتور بهینه‌سازی بکار می‌برد که در آن الگوریتم NFP برای تعیین تخصیص بهینه آب در افق برنامه‌ریزی درنظر گرفته شده فراخوانده می‌شود. CALVIN یک مدل توسعه یافته بر اساس یک مطالعه چند ساله در دانشگاه کالیفرنیاست که در آن کل سیستم منابع آب این ایالت بزرگ با لحاظ کردن انواع منابع آب سطحی و زیر زمینی و نیز اهداف تأمین آب برای انواع مصارف شرب، صنعت، کشاورزی، برقابی و زیست محیطی و با دیدگاه اقتصادی مدلسازی شده است. کای و همکاران (۲۰۰۳) از مدل هیدرولوژی-اقتصادی برای مدیریت رودخانه Syr Dara جهت برطرف کردن مشکلات زیست‌محیطی حاصل از آب شور رودخانه مذکور، انعکاس روابط متقابل بخش‌های هیدرولوژی و اقتصادی و کشف عواقب اقتصادی و زیست‌محیطی حاصل از سیاست‌های مختلف در آسیای مرکزی

1 State Wide Agricultural Production Model/Westside Agricultural Drainage Economics Model (SWAP/WADE)

استفاده کردند. آلوارز و همکاران (۲۰۰۴) نیز با استفاده از مدل هیدرولوژی-اقتصادی علاوه بر مطالعه اثر تغییرات عرضه آب ناشی از تغییر اقلیم بر الگوی کشت مناطق خشک اسپانیا جهت تصمیمگیری بهتر برای توسعه و کاربرد پایدار منابع آب در دسترس، اثر آن بر نرخ رشد تولید ناخالص کشاورزی را نیز مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده‌اند.

از جمله از کاربردهای مهم و اساسی مدل مذکور درزمینه تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های اقتصادی ازجمله بخش کشاورزی و بررسی و تجزیه تحلیل سیاست‌های آب با استفاده از مدل چند نهاده و چند محصول در بخش مذکور می‌باشد(دراپر و همکاران، ۲۰۰۳) که تخصیص آب در بخش کشاورزی بر اساس ارزش آب محصولات (الگوی کشت) و هزینه فرصت آن صورت می‌گیرد (هارو و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات دیگری که در این زمینه انجام‌شده است، تحقیق مدلین و آزوارا در سال ۲۰۰۸ و هاویت و همکاران در سال ۲۰۰۹ می‌باشد که با استفاده از مدل هیدرولوژی-اقتصادی جهت نشان دادن اثرات خشکسالی در تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های اقتصادی ازجمله بخش کشاورزی و بررسی و تجزیه تحلیل سیاست‌های آب در بخش مذکور می‌باشد که در بخش اقتصادی از توابع تولید با کشش جانشینی ثابت غیرخطی چند نهاده و چند محصول (هاویت، ۱۹۹۵) جهت شبیه‌سازی الگوی کشت و میزان تولید محصولات کشاورزی و در بخش هیدرولوژی، از مدل یکپارچه منابع آب به‌منظور شبیه‌سازی تغییرات هیدرولوژی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی استفاده‌شده است.

مدلین-آزوارا و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از توسعه مدل هیدرواکونومیک به بررسی عملکرد چندین گزینه برای مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه پرداختند. مدل مورد استفاده در این تحقیق (CALVIN) می‌باشد که به دلیل سادگی آن به پارامترهای اندکی نیاز داشته و به مشکلات زیادی در زمینه کالیبراسیون بخش منابع آب برخورد نکرده است. در این تحقیق از منطقه Baja-California در مکزیک به عنوان منطقه مورد مطالعه استفاده شده است و گزینه‌های مدیریتی مورد بررسی: استفاده از پساب‌ها، شوری زدائی آب دریا و توسعه زیرساخت‌ها می‌باشد. مدل بهینه‌سازی مورد استفاده در این تحقیق، مدل بهینه‌سازی قطعی می‌باشد که مجموع سود خالص کشاورزی و شهری را بیشینه (یا به عبارت دیگر ضرر ناشی از کمبود و هزینه بهره‌برداری از شبکه را کمینه) می‌کند. خروجی‌های این مدل شامل سری زمانی مقادیر آب ذخیره شده در مخازن و دبی جریان یافته می‌باشد. به این صورت با توجه به اینکه تابع هدف این مدل بهینه‌سازی، اقتصادی می‌باشد، قیمت‌های سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های مدل، هزینه فرصت حاشیه‌ای را نشان می‌دهند. هزینه فرصت حاشیه‌ای سودی است که در اثر افزایش یک واحد به ظرفیت عامل محدود کننده در آن محدودیت خاص به سود کل اضافه می‌گردد.

والرا-اورتگا و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی و تدوین سیاست‌های لازم در جهت پایداری منابع آب زیرزمینی و حفظ معیشت روستایی در یکی از زیر حوضه‌های اسپانیا پرداختند و برای پیش‌برد اهداف مد نظرخود و بررسی سناریوهای مورد نظر خود از ارتباط متقابل بین یک مدل اقتصادی (مدل برنامه‌ریزی زیاضی مثبت) و مدل برنامه‌ریزی بهم پیوسته منابع آب (WEAP) در قالب مدل هیدرواکونومیک بهره بردند. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، هر چند سیاست تسهیم آب (که در حال حاضر در حال اجرا می‌باشد) در زیر حوضه مذکور به کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی کمک قابل توجهی می‌کند اما پایداری آبهای زیرزمینی زیر حوضه مذکور را تضمین نمی‌کند و باعث تحمیل ضررهای بلند مدت ناشی از کاهش آب زیرزمینی خواهد شد. در همین راستا صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس و تکنولوژی باعث می‌شود که مزارع بزرگ با تنوع کشت بیشتر و دارای امکانات آبیاری کارآمدتر توانایی تطبیق بیشتری را با این شرایط را داشته باشند. به همین دلیل پایداری آبخوان و به طبع آن معیشت در منطقه در بلند مدت، نیازمند طراحی و اجرا سیاست‌های دیگری از قبیل جلوگیری از استخراج‌های غیر مجاز و ایجاد بانک آب می‌باشد.

با مطالعه تحقیقات صورت گرفته بالا این نتیجه حاصل می‌شود که از منظر فرمول‌بندی مدل و روش‌های حل، مدل‌های هیدرولوژی-اقتصادی را می‌توان به دو دسته مدل‌های دارای روش مدل‌سازی مجزا[1] و مدل‌های متحد[2] تقسیم بندی نمود (برات و لیروپ، ۱۹۸۷). در روش مجزا یک ارتباط آزاد بین اجزای اقتصادی و هیدرولوژیکی مدل برقرار است و تنها داده‌های خروجی از هر بخش بین اجزا انتقال داده می‌شود (به‌عنوان‌مثال، لفکوف و گوریلک ،۱۹۹۰a,b))؛ اما درروش متحد یک واحد منفرد در برگیرنده هر دو جنبه هیدورلوژیکی و اقتصادی که در یک ساختار سازگار باهم درون‌گذاری شده‌اند وجود دارد (برای مثال هارد و همکاران، ۲۰۰۴). انتقال اطلاعات بین اجزای هیدرولوژیک، کشاورزی و اقتصادی در مدل‌های مجزا به‌عنوان یک چالش فنی وجود دارد در حالی که در مدل‌های متحد انتقال اطلاعات به‌صورت درونزادی صورت می‌گیرد. اگرچه، ساده‌سازیهای قابل‌توجه اجزای هیدرولوژیکی در مدل‌های متحد را به دلیل پیچیدگیهای حل مدل، می‌توان مشکل این گونه مدل‌ها برشمرد (به‌عنوان‌مثال، بروکر و یانگ، ۱۹۹۴).

در مدل‌های مجزا استفاده از تکنیک‌های ترکیبی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی امکانپذیر است؛ درحالی‌که در روش‌های متحد تمامی ساختار مدل باید به‌صورت یکجا حل شود. روش برنامه‌ریزی پویای تصادفی (SDP) غالباً در حل مدل‌های پیچیده متحد مورداستفاده قرارگرفته است (به‌عنوان مثال ودولا

1 Compartment
2 Holistic

و موجامدار، ۱۹۹۲؛ دادلی و اسکات، ۱۹۹۳). این روش غالباً به دلیل مشکل ابعادی با مشکل کاربرد در مسائل بزرگ مقیاس عملی و خصوصاً حوضه‌ای مواجه می‌باشد. در جدول ۳، مقالات متعدی از پژوهش‌ها در مناطق توسعه‌یافته و درحال‌توسعه ارائه شده است که در این مقالات از رویکردهای داخلی و خارجی بین مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در مدل‌سازی یکپارچه هیدرولوژی-اقتصادی استفاده کرده‌اند که نشان‌دهنده برخی مفاهیم و نکات کلیدی در زمینه این نوع مدل‌سازی است.

جدول ۳. مشخصات مقالات، جزئیات متدولوژی و روش حل آن

نویسنده	نوع آب	مسئله مدیریت منابع آب	نوع مدل	بخش	تمرکز متدولوژی
Ward & Pulido, 2008	SW$GW	عرضه آب و آلودگی	Holistic	آب شرب	کیفیت و قیمت‌گذاری آب
Lefkoff & Gorelick 1990a	GW	شوری آب زیرزمینی	Compartmen	کشاورزی	قیمت‌گذاری و بهره وری آب
Cai et al, 2008	SW	کمیابی و تخصیص آب	Holistic	کشاورزی	جانشینی آب
Volk et al, 2008	SW	آلودگی آب و اکولوژی	Compartmen	کشاورزی	مقیاس‌های جغرافیایی
Jonkman et al, 2008	SW	جاری شدن و خسارت آن	Compartmen	اقتصاد	اثرات غیرمستقیم
Barton et al, 2008	SW	آلودگی آب	Compartmen	خدمات	شبکه Bayesian Belie

ماخذ: یافته‌های تحقیق

۵-۶ بررسی اهداف مورد توجه در تدوین شرایط بهینه کشاورزی از دیدگاه کشاورزان، وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان حفاظت محیط زیست

نتایج مهمی که از مطالعه، تجزیه و تحلیل و مقایسه مقالات جدول مذکور و سایر مطالعات مربوط به مدل‌سازی یکپارچه هیدرولوژی-اقتصادی حاصل گردید، این است که اولاً، نوع رویکرد و سطح پیچیدگی این مدل‌ها، بستگی به اهمیت و اهداف مسئله موردنظر دارد. رویکردهایی که در آن از یک مدل هیدرولوژی پیچیده توزیعی (در ساختار مدل یکپارچه هیدرولوژی-اقتصادی) استفاده شده است، نیاز به یک ارتباط و راه حل خارجی (راه حلی که در آن فقط خروجیهای دو مدل باهم معاوضه می‌شوند) بین اجزای مدل هیدرولوژی و اقتصادی می‌باشد (نوئل و هاویت، ۱۹۸۲؛ لفکوف و گوریلک، ۱۹۸۲). درحالی‌که رویکردهای متحد نیاز به ساده‌سازی زیادی در اجزاء مدل هیدرولوژی جهت استفاده همزمان با مدل اقتصادی دارد (گوئان و هوباکک، ۲۰۰۷؛ کای و همکاران، a ۲۰۰۳) که این امر موجب عدم کارایی روش‌های مذکور و هچنین عدم لحاظ اثر بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی در مدل هیدرولوژی،

علی‌رغم ارائه راه حل‌های ضمنی قوی‌تر از مسائل بهینه‌سازی توسط این مدل می‌شود. ثانیاً، در مطالعاتی که هدف آن‌ها به مانند موضوع تحقیق حاضر و در راستای برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع آب بر پایه ارزش اقتصادی و هزینه فرصت آن است از مدل‌های هیدرولوژیکی با ابعاد دقیق مکانی و بهینه‌سازی تک زمانه در مدل یکپارچه اقتصادی-هیدرولوژیکی بهره برده است. زیرا در غیر این صورت، مدل هیدرولوژیک در نظر گرفته‌شده در مدل یکپارچه اقتصادی-هیدرولوژیک، نمی‌تواند آمار و اطلاعات دقیق و مناسبی از تغییرپذیری زمانی و مکانی محدوده مطالعاتی مورد نظر ارائه نماید.

در پایان، با علم به موارد فوق و با توجه به سیر تاریخی استفاده از مدل‌های هیدرولوژی-اقتصادی در زمینه مدیریت منابع آب و نتایج حاصل از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، می‌توان نتیجه گرفت که تعیین سیاست‌های تخصیص تحت سناریوهای مختلف بازیابی حق‌آبه دریاچه ارومیه استفاده توأم از یک مدل شبیه‌سازی و مدل بهینه‌سازی در قالب یک مدل یکپارچه هیدرواکونومیک می‌باشد که در ادامه به روش‌شناسی تدوین این الگو در سطح یک زیر حوضه از دریاچه ارومیه (دشت میاندوآب) پرداخته شده است.

۳-۶-۳- روش‌شناسی تدوین ساختار الگوی تجربی پژوهش

برای دستیابی به اهداف این پژوهش، از یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی با قیمت درونزا[1] (PEMP) برای آب در چارچوب تحلیل تعادل جزئی استفاده می‌شود. اما از آنجا که این الگو با نقاط جریان رودخانه همسان‌سازی و انطباق می‌یابد به الگوهای تعادل مکانی نیز معروفند. این الگو همانند دیگر الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی دارای دو جزء اساسی (تابع هدف و مجموعهٔ محدودیت‌ها) است. در این بخش تلاش شده است ابتدا فروض و ساختار کلی الگوی تجربی پژوهش بیان و سپس به تبیین الگوی ریاضی آن پرداخته شود.

فروض و ساختار اقتصادی الگوی هیدرولوژی-اقتصادی دشت میاندوآب

در این الگو تمایزات مکانی در سمت عرضه و توابع تقاضای مصرف‌کننده تعیین و اجازه داده می‌شود تا قیمت آب به جای این که ثابت فرض شود، توسط عرضه و تقاضا تعیین شوند. به طور کلی تدوین الگوی

1 Price endogenous mathematical programming (PEMP)

اقتصادی- هیدرولوژیکی تعادل مکانی دشت میاندوآب طور مشخص دارای چهار ویژگی (فرض) اساسی زیر است که تقریبا"ساختار افتصادی الگو را تبیین می‌کنند:

۱) فرض رفتار عقلایی مصرف‌کننده و عرضه‌کنندهٔ آب: یعنی مصرف‌کننده و عرضه‌کنندهٔ آب به دنبال بیشینه‌سازی سود خود هستند. این همان مفهوم بیشینه‌سازی رفاه اقتصادی یا مجموع مازاد اقتصادی عرضه‌کننده و مصرف‌کنندهٔ آب در سطح دشت میاندوآب است.

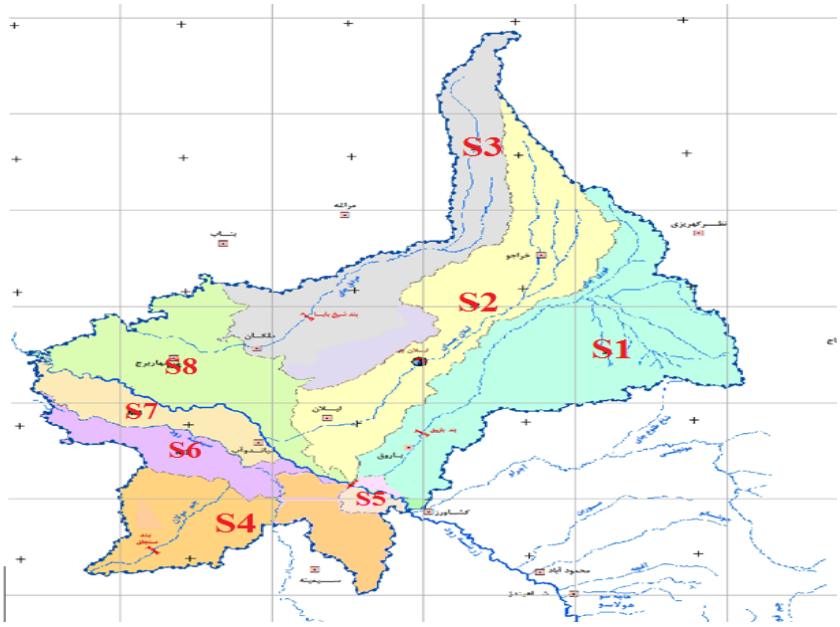
۲) فرض بازار رقابتی: در الگوی این پژوهش فرض شده است، بازار رقابتی بر ساختار عرضه و تقاضای نهاده (کالای) آب حاکم است. منظور از رقابت در اینجا تنها به یک معنی است؛ و آن این که مقدار مصرف هیچ یک از مصرف‌کنندگان چنان بزرگ نیست که بتواند قیمت آب را تحت تأثیر قرار دهد (اگرچه در حالت جمع‌سازی شده، قیمت‌ها از حجم مقادیر عرضه و تقاضا تأثیر می‌پذیرند).

۳) گسترهٔ الگو: الگوی هیدرولوژی-اقتصادی توسعه یافته یک الگوی بخشی (بخش آب) در سطح دشت میاندوآب است که روابط درونی بین مؤلفه‌های اقتصادی و هیدرولوژی بخش آب را در سطح دشت مدل‌سازی می‌کند. در این مدل همهٔ منابع عرضه و تقاضای آب برای مصارف استفاده‌ای در الگو وارد شده‌اند و مدل‌سازی روابط اقتصادی و هیدرولوژیی در سطح ۸ بازهٔ مطالعاتی دشت میاندوآب (شکل ۷) صورت گرفته است. به بیان دیگر هر یک از این بازه‌های مطالعاتی به عنوان گره‌های مصرف در نظر گرفته شده‌اند.

۴) محدودیت‌های الگو: محدودیت‌های الگوهای هیدرولوژی–اقتصادی به طور عمده شامل محدودیت‌های تعادل هیدرولوژیی جریان در محل نقاط (گره‌های) مصرف[1]، گره‌های عرضه[2]، گره‌های ساده[3] و گره‌های ذخیره‌سازی[4] آب در سیستم است.

چهار ویژگی فوق، کم و بیش فرض‌های ساختاری الگوی اقتصادی-هیدرولوژیکی تعادل مکانی دشت میاندوآب را به عنوان یک واحد اقتصادی تصریح می‌کنند که در آن قیمت آب ثابت نیست و دارای ساختار مبتنی بر نظریهٔ قواعد تصمیم‌گیری مصرف‌کنندهٔ آب است.

1 User Node
2 Supply Node
3 Simple Node
4 Reservior Nodes



شکل ۷. تقسیم‌بندی بازه‌های مطالعاتی محدوده مطالعاتی میاندوآب

با توجه به شکل بازه مطالعاتی S_1، در سمت راست و خارج از شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود واقع شده است. منابع آب سطحی در این بازه رودخانه قوری‌چای می‌باشد. قوری‌چای یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانه زرینه‌رود می‌باشد که از شاخه‌های متعددی در سرچشمه برخوردار است. بازه مطالعاتی S_2، در قسمت بالا و میانی محدوده واقع شده و یکی از بازه‌های خارج از شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود است. رودخانه لیلان‌چای در این بازه مطالعاتی واقع شده است. بازه S_3 در سمت چپ و بالای محدوده مطالعاتی واقع شده و جزء بازه‌های خارج از شبکه آبیاری زرینه‌رود است. مهمترین منبع آب سطحی در این بازه رودخانه مردوق‌چای است. بازه مطالعاتی S_4 در قسمت پایینی محدوده مطالعاتی واقع شده است. این ورودی رودخانه سیمینه‌رود به محدوده مطالعاتی میاندوآب در این بازه مطالعاتی واقع شده است. بازه فوق نیز به لحاظ قرارگیری جز محدوده‌های خارج از شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود است. بازه‌های S_5، S_6، S_7 و S_8 روی کانال شبکه آبیاری زرینه‌رود واقع شده‌اند. جدول ۴ وسعت و پتانسیل طبیعی هر یک از بازه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مشخصات هر یک از بازه‌های مطالعاتی محدوده مطالعاتی میاندوآب

بازه مطالعاتی	مساحت (کیلومتر مربع)	پتانسیل آب سطحی (MCM)	مصارف کشاورزی از آب سطحی (MCM)	مصارف کشاورزی از آب زیرزمینی (MCM)
S_1	۱۰۷۵/۴	۹۶/۰۹	۳۰/۲۲	۲۰/۱۶
S_2	۸۷۲/۱	۸۱/۱	۴۸/۴۳	۵۹/۰۵
S_3	۸۲۳/۷	۱۱۷/۹۶	۵۳/۴۸	۷۳/۶۲
S_4	۵۴۲/۲	۲۷/۶۱	۲۱/۱۱	۵۶/۷۶
S_5	۵۴/۶	۳/۶۱	۱۵/۴۸	۱۲/۳۲
S_6	۲۲۱/۸	۷/۸۴	۱۱۵/۰۹	۴۴/۲
S_7	۲۲۵/۶	۱/۳۱	۹۹/۳۴	۴۲/۵۷
S_8	۵۶۵/۸	۲/۲۸	۲۶۷/۷۶	۴۴/۹

مصرف آب در کل محـدوده مطالعاتی دشت میاندوآب بر اساس نتایج آماربرداری سال ۹۰-۱۳۸۹ شامل ۳۵۱/۲۶ میلیـون مترمکعـب در سـال از آب‌های زیرزمیـنی (چاه و قنات) و ۶۴۸/۴۶ میلیون مترمکعب جریان‌های سطحی و چشمه‌ها است که به‌ترتیب ۹۶۳/۴۵ میلیون مترمکعب به مصرف کشاورزی، ۲۰/۲۵ میلیون مترمکعب مصرف شرب و مابقی به مصرف صنعت می‌رسد (جدول ۵).

جدول ۵. میزان مصارف آب به تفکیک بخش‌های مختلف سال ۹۰-۱۳۸۹ (میلیون‌مترمکعب در سال)

نوع منبع	میزان مصارف	ارتفاعات	دشت	آبخوان آبرفتی	جمع
چاه و قنات	کشاورزی	۶۱/۷۱۷	۲۶۶/۷۸۷	۲۵۹/۷۵۸	۳۲۸/۵۰۴
	شرب	۱/۱۸۶	۱۷/۲۵۸	۱۶/۸۳۹	۱۸/۴۴۵
	صنعت	۰/۱۱۷	۴/۱۹۵	۴/۱۹۳	۴/۳۱۲
چشمه و آبهای سطحی	کشاورزی	۵۴/۷۱۴	۵۸۰/۲۱۷	۵۷۸/۶۳۱	۶۳۴/۹۳۱
	شرب	۱/۷۸۵	۰/۰۱۷	۰	۱/۸۰۱
	صنعت	۰/۰۳۲	۱۱/۶۹۵	۱۱/۶۹۵	۱۱/۷۲۷
مجموع منابع	کشاورزی	۱۱۶/۴۳۰	۸۴۷/۰۰۴	۸۳۸/۳۸۹	۹۶۳/۴۳۵
	شرب	۲/۹۷۱	۱۷/۲۷۵	۱۶/۸۳۹	۲۰/۲۴۶
	صنعت	۰/۱۴۹	۱۵/۸۹۰	۱۵/۸۸۸	۱۶/۰۳۹

مأخذ: دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت مدیریت منابع آب

۱-۱-۴- ساختار ریاضی الگوی اقتصادی- هیدرولوژیکی دشت میاندوآب

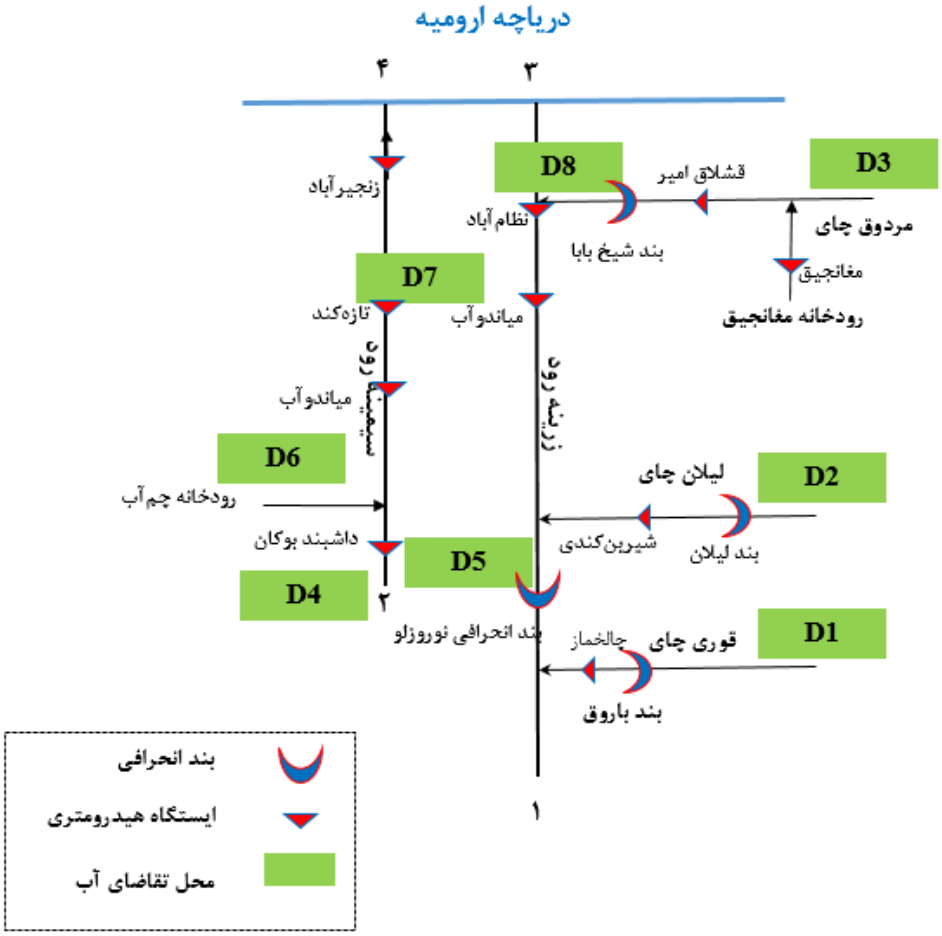
تابع هدف الگوی هیدرولوژی-اقتصادی دشت میاندوآب عبارت است از بیشینه‌سازی کل منفعت اقتصادی خالص سیستم که حاصل جمع مازاد عرضه‌کننده و مصرف‌کنندگان آب با توجه به مجموعه‌ای از محدودیتهای هیدرولوژیکی است و همانند دیگر الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی دارای دو جزء اساسی است که در این بخش تلاش شده است ضمن معرفی و تصریح این اجزا، چگونگی ارتباط این الگو با سیاست-های مطرح و تأثیر آنها بر اقتصاد منابع آب به صورت کاربردی بیان شود. این دو جزء عبارتند از

- ✓ تابع هدف غیرخطی، شامل توابع ارزش مازاد تولیدکننده و مصرف‌کننده، و
- ✓ مجموعه‌ای از محدودیت‌ها که معرف قیود فیزیکی و نهادی جریان آب، توزیع و مصارف آب در سطح محدوده مطالعاتی است.

با توجه به ماهیت الگو (تعادل مکانی)، تابع هدف حاصل جمع مازاد عرضه‌کننده و مصرف‌کنندگان آب در همه بازه‌های مصرف است که با توجه به محدودیت‌های هیدرولوژی در نقاط کنترل (گره) مصرف، عرضه و ایستگاه‌های هیدرومتری در شبکه رودخانه بیشینه می‌شود. اولین گام برای ایجاد مدل هیدرولوژی-اقتصادی، بازه‌بندی محدوده مطالعاتی و ایجاد یک تصویر شماتیک از گره‌های مصرف، عرضه و گره‌های ساده (ایستگاه‌های هیدرومتری) در شبکه رودخانه‌ای محدوده است. این مسئله در این تحقیق مطابق مطالعات مهندسین مشاور یکم (۱۳۹۵) همانطور که در فصل اول به صورت کامل تبیین شده، صورت گرفته است. در این مطالعات محدوده مطالعاتی میاندوآب به ۸ بازه مطالعاتی تقسیم و هر یک از این نواحی به مانند یک واحد بزرگ مصرف و عرضه آب در نظر گرفته شده‌اند. بر این اساس شبکه هیدروگرافی محدوده مورد مطالعه به صورت شکل ۷ ترسیم شده است.

بر اساس شکل ۷ در سطح محدوده مطالعاتی دو نقطه (گره) عرضه وجود دارد که در شکل مشخص شده‌اند. گره‌های عرضه جایی است که در آنجا آب به محدوده مطالعاتی وارد می‌شود که به طور عمده همان رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود هستند. گره‌های ساده در طول رودخانه که همان ایستگاه‌های هیدرومتری مهم در سطح حوضه می‌باشند، که در شکل با ذکر نام آنها نشان داده شده‌اند. منظور از گره‌های ساده، محل‌هایی در شبکه رودخانه هستند که در آنها فقط آبدهی اندازه‌گیری می‌شود، ولی هیچ‌گونه ذخیره‌سازی آب در آنجا وجود ندارد. در نهایت این که هشت محل تقاضای آب (گره‌های مصرف) که همان بازه‌های مطالعاتی هستند و در شکل با علامت مستطیل سبز رنگ $D1$ تا $D8$ نشان داده شده‌اند، در نظر گرفته شده‌اند. نقاط کنترل مصرف همان بازه‌های مطالعاتی هستند که در آنها آب

به منظور مصرف، از سیستم برداشته می‌شود. نقطه آخر سیستم رودخانه محدوده مذکور، دریاچه ارومیه می‌باشد که آب از دو رودخانه زرینه‌رود و سیمینه‌رود با شماره‌های ۳ و ۴ وارد دریاچه می‌شود.



شکل ۷. شبکه هیدروگرافی شماتیک محدوده مطالعاتی میاندوآب

اجزا، متغیرها، پارامترها و اندیس‌های به کار رفته در الگوی *SEMM* به شرح زیر است:

اندیس‌ها:

n بیانگر گره (نقاط کنترلی) در شبکه رودخانه؛

i بیانگر بخش مصرف‌کننده (کشاورزی، صنعت، شرب و خدمات)؛

متغیرها:

CPS مازاد مصرف‌کننده بعلاوه مازاد تولیدکننده؛

W_{An} مقدار برداشت آب بخش کشاورزی در گره n

پارامترها و ضرایب الگو :

α_{An} عرض از مبدأ توابع تقاضای خطی کشاورزی در گره n؛

β_{An} شیب توابع تقاضای خطی کشاورزی در گره n؛

γ_{in} عرض از مبدأ تابع هرینه (عرضه) خطی مصرف‌کننده i در گره n؛

δ_{in} شیب تابع هزینه (عرضه) خطی مصرف‌کننده i در گره n؛

r_n ضریب جریان‌های برگشتی به رودخانه در گره n؛

f_n مقدار جریان خروجی از گره n ؛

$in-flow_n$ مقدار آب برونزای (شامل رودهای فرعی) ورودی به گره n ؛

GW_n منبع آب زیرزمینی در گره n؛

$evap_n$ مقدار تبخیرآب در محدوده n؛

W_{Mn} مقدار برداشت آب شرب در گره n؛

W_{In} مقدار برداشت آب صنعت در گره n؛

شکل کلی الگوی تحقیق که به صورت بیشینه‌سازی مازاد اقتصادی (منفعت خالص سیستم) در سطح محدوده مطالعاتی میاندوآب تصریح شده، به صورت زیر است:

(۵-۱۸)

$$Max \quad CPS = \left[\sum_{n=1}^{8}\left(\alpha_{An}+0.5\beta_{An}.W_{An}\right)W_{An}\right]+\sum_{n=1}^{8}p_{Mn}.W_{Mn}+\sum_{n=1}^{8}p_{In}.W_{In} - \left[\sum_{i=1}^{3}\sum_{n=1}^{8}\left(\gamma_{in}+0.5\delta_{in}.W_{in}\right)W_{in}\right]$$

تابع هدف فوق نسبت به محدودیت‌های زیر بیشینه می‌شود.

الف- محدودیت بیلان جریان در گره‌های رودخانه

$$f_n = in-flow_n + f_{n-1} + r_nW_n + GW_n - evap_n - \sum_i W_{in} \qquad (۱۹-۵)$$

که در آن f_n مقدار جریان آب خروجی در گره ام ؛ $in-flow_n$ مقدار آب بروزن‌زا (آب میان‌راهی) درون گره n؛ $evap_n$ تبخیر آب در گره n؛ W_{in} مقدار تقاضای آب توسط مصرف‌کننده i ام در گره n است.

بر اساس این محدودیت، مقدار جریان آب خروجی در گره n مساوی با مقدار جریان آب ورودی از رودهای فرعی میان حوضه‌ای رودخانه به علاوه مقدار جریان آب ورودی به آن گره از گره قبلی به علاوه منبع زیرزمینی موجود در آن گره و مجموع جریان‌های برگشتی از مصارف مختلف به آن گره، منهای میزان تبخیر و مجموع تقاضای آب برای مصارف مختلف در آن گره خواهد بود.

ب- محدودیت عرضه منابع آب زیرزمینی

$$GW_n \le G\overline{W}_n \qquad (۲۰-۵)$$

$$\sum_{n=1}^{8} GW_n \le G\overline{W} \qquad (۲۱-۵)$$

بر اساس محدودیت ۲۰-۵ مقدار برداشت از آب زیرزمینی در هر گره مصرف کمتر یا مساوی مقدار برداشت آب زیرزمینی آن گره در شرایط پایه است. محدودیت ۲۱-۵ نیز بیان می‌کند مجموع کل برداشت از منابع آب زیرزمینی تمام گره‌ها نمی‌تواند از کل موجودی آب زیرزمینی محدوده بیشتر باشد.

۱-۱-۵-۳-۶-۴- برآورد توابع تقاضا (ارزش تولید نهایی آب) در بخش کشاورزی دشت میاندوآب

برای استخراج توابع تقاضای آب کشاورزی، ابتدا الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی PMP با اعمال محدودیت‌های آب زراعی و زمین با استفاده از سطوح زیرکشت مشاهده شده در سال پایه، کالیبره و اجرا شد. سپس با تغییر سمت راست محدودیت مربوط به آب و ثابت نگه‌داشتن دیگر اجزای الگو، یک سری مشاهده از مقادیر قیمت و مقدار آب در هر زون استخراج شد. با در دست داشتن این داده‌ها، توابع اقتصادسنجی مختلف از تقاضای آب به صورت توابع خطی- درجه دوم، خطی-لگاریتمی، لگاریتمی-خطی و لگاریتمی-لگاریتمی مورد آزمون قرار گرفت که در نهایت بر اساس نتایج آماره رایج انتخاب مدل و آزمون‌های آماری، شکل مناسب تابعی برای هر زون انتخاب گردید.

در جداول ۶ و ۷ نتایج مربوط به برآورد توابع تقاضای آب کشاورزی در متوسط زون‌های مطالعاتی S_1 تا S_8 گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در همه الگوهای برآوردی مقدار R^2 بالا بوده که نشان دهنده بالا بودن قدرت توضیح‌دهندگی الگوهای برآوردی است.

جدول ۶. پارامترهای برآورد شده توابع تقاضای آب کشاورزی برای زون‌های S1 تا S4

پارامتر/ اماره	شرح	زون S_1	زون S_2	زون S_3	زون S_4
α	عرض از مبدأ	9420/6	1252/7	1154/9	774/4
β	ضریب شیب	-173/5	-87/7	-91/2	-96/2
R^2	ضریب تعیین	0/76	0/93	0/98	0/83
Price elasticity	کشش قیمتی تقاضای آب	-0/53	-0/78	-0/49	-0/47
MVP	ارزش تولید نهائی آب (مترمکعب/ریال)	4250	8300	6350	4170

جدول ۷. پارامترهای برآورد شده توابع تقاضای آب کشاورزی برای زون‌های S5 تا S8

پارامتر/ اماره	شرح	زون S_5	زون S_6	زون S_7	زون S_8
α	عرض از مبدأ	7940/2	999/8	۹۱۲۳/۶	۱۰۷۳۰/۲
β	ضریب شیب	-249/3	-53/2	-۶۱/۲	-۳۴/۵
R^2	ضریب تعیین	0/86	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۹۲
Price elasticity	کشش قیمتی تقاضای آب	-0/50	-۰/۴۹	-۰/۳۸	-۰/۳۹
MVP	ارزش تولید نهائی آب (مترمکعب/ریال)	۵۲۰۳	۵۹۲۱	۵۷۸۰	۵۶۴۲

همانطور که ملاحظه می‌شود، ارزش تولید نهایی آب در بخش کشاورزی زون‌های مختلف مطالعاتی دشت میاندوآب از حداقل مقدار ۴۱۷۰ ریال بر مترمکعب در زون ۴ تا بیشینه مقدار ۸۳۰۰ ریال بر مترمکعب در زون مطالعاتی ۲ متغیر است. از ضرایب α و β به دست آمده در توابع تقاضای آب کشاورزی در زون‌های مختلف مطالعاتی برای تصریح زیرمنحنی‌های تقاضا (منافع ناخالص مصرف آب در بخش کشاورزی) آب در تابع هدف الگوی هیدرولوژی-اقتصادی استفاده شده است.

۵-۷ تلفیق اصول اقتصاد اکولوژی با اهداف مورد نظر ذینفعان به منظور استفاده در تدوین شرایط بهینه پایدار کشاورزی

عموماً در گذشته نگرش غالب در طراحی الگوی تولید کشاورزی، اولویت دادن به جنبه‌های اقتصادی تولید بوده که توسط بازده ناخالص تولید مورد سنجش قرار می‌گرفت. در این تفکر، هر محصولی که بتواند در واحد زمین ارزش تولیدی بیشتری ایجاد کند به عنوان محصول غالب در الگوی کشت در نظر گرفته می‌شود. در این تفکر مبانی و مفاهیم مربوط تابع تعاریف ارائهشده از درآمد و ثروت است و هیچ جایی برای در نظر گرفتن محدودیت‌های سرمایه‌های طبیعی و زیان‌های ناشی از خسارات زیست‌محیطی نظیر آلودگی منابع آب و خاک وجود ندارد. نتیجه چنین تفکری دستیابی به توسعه قابل‌توجه بخش کشاورزی، به قیمت تخریب و نابودی محیط‌زیست، برداشت بیش از ظرفیت تحمل اکوسیستم‌های طبیعی و وارد شدن فشار بیش از حد به منابع طبیعیِ محدود (مثل آب) بوده است.

امروزه محدودیت شدید منابع طبیعی ناشی از رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای این منابع از یک سو و تخلیه و تقلیل کیفی آنها از سوی دیگر، جهت گیری‌های توسعه کشاورزی را از **الگوهای مبتنی بر رشد** به **الگوهای مبتنی بر توسعه پایدار** سوق داده است. توسعهٔ پایدار در ادبیات اقتصادی به معنای بیشینه‌سازی منافع خالص توسعه اقتصادی مشروط به حفظ خدمات و کیفیت محیط زیست در طول زمان است. در تعریف مذکور حداکثر شدن منافع حاصل از توسعهٔ اقتصادی تحت دو شرط امکان‌پذیر است: حفظ کیفیت محیط‌زیست و تلاش در جهت نگهداری آن برای نسل‌های آینده (آسافو، ۲۰۰۰). در این جهت‌گیری دغدغه اصلی سیاستگذار به توان استفاده دائم از ذخایر منابع طبیعی، قابلیت بازیابی آن در منابع تجدیدپذیر و همچنین بالابردن کارایی نهاده‌های تولیدشده از این منابع در فرایند رشد است. به عبارت دیگر در این رهیافت از توسعه، بازسازی ساختارهای تولید را بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اجتنابناپذیر می‌سازد. در این راستا این پرسش اساسی مطرح است که در چارچوب اصول توسعه پایدار، چه الگوی تولیدی از کشاورزی می‌تواند ضمن تضمین پایداری معیشت کشاورزان، فشار بر منابع طبیعی کمیاب، بهویژه آب را کاهش داده و اثرات زیست محیطی کمتری داشته باشد. پاسخ به این پرسش در رابطه با حوضه آبریز دریاچه ارومیه که امروزه تحت فشارهای زیست محیطی زیادی ناشی از کمبود منابع آب قرار داشته، و در عین حال سیاست‌گذاران در تعقیب احیای دریاچه از طریق کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی هستند، بسیار حائز اهمیت است. هدف این بخش از گزارش تعیین شرایط بهینه کشت در حوضه دریاچه با نظر به تغییرات سیستم برداشت پایدار آب و در چارچوب یک روش چند وجهی مبتنی بر اصول اقتصاد اکولوژی (کارایی اقتصادی،

پایداری زیستمحیطی و قابل پذیرش به لحاظ اجتماعی) است. با توجه به اینکه رسیدن به سطح مطلوب تمام این اهداف به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر نیست، لذا استفاده از روشی که بتواند مجموعه این اهداف را هم‌زمان به سطح مطلوب نزدیک کند، ضروری است. استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه[1] در جهت لحاظ نمودن اهداف چندگانه به‌طور هم‌زمان در تصمیم‌گیری، یکی از این روش‌ها است. از این روش در برنامه‌ریزی بهینه کشت محصولات کشاورزی (Tsakiris *et al*., 2006; Vivekanandan *et al*., 2009)، مدیریت منابع آب (Al-zahrani *et al*., 2004; Bravo and Gonzalez, 2009) و برنامه‌ریزی کشاورزی (Alphonce *et al*., 1997) به‌طور گسترده استفاده شده است. در این پژوهش از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه استفاده شده است که روش‌شناسی آن در ادامه ارائه شده است.

1- Multi Objective Programming

۸-۵ تعیین سطوح آرمانی هر یک از اهداف مورد نظر (حداکثرسازی درآمد کشاورزان، کاهش مصرف آب کشاورزی، و حفظ اشتغال موجود کشاورزی) و اولویت‌بندی آنها

اولین مرحله در الگوسازی مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه، تعیین اهداف مورد تعقیب سیاست‌گذار در طراحی الگوی کشت و تولید کشاورزی و تعیین سطوح آرمانی[1] هر یک از این اهداف است. با توجه به ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مربوط به دریاچه ارومیه و اقدامات و راهکارهای پیشنهادی برای احیای دریاچه ارومیه در مطالعات مختلف، مهمترین هدف مورد تعقیب، کاهش ۴۰ درصدی در مصرف آب بخش کشاورزی و رهاسازی آن برای مصارف زیست محیطی دریاچه است. با این حال، این کاهش ۴۰ درصدی باید از راه‌ها و راهکارهایی محقق شود که با کمترین آسیب به وضعیت معیشتی و اشتغال کشاورزی در منطقه همراه باشد. بر این اساس، سه هدف اصلی مورد توجه در تعیین شرایط بهینه تولید کشاورزی با در نظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب و اولویت‌بندی آنها، در این گزارش، عبارتند از:

- ✓ S1: اولویت آرمانی اول: کاهش مصرف آب بخش کشاورزی به میزان ۴۰ درصد
- ✓ S2: اولویت آرمانی دوم: حداکثرسازی حاشیه ناخالص کشاورزان
- ✓ S3: اولویت آرمانی سوم: حفظ مقدار اشتغال مستقیم بخش کشاورزی حوضه

با توجه به این که سطح کاهش مصرف آب کشاورزی توسط محاسبات فنی در مطالعات پیشین ستاد احیای دریاچه ارومیه معادل ۴۰٪ برآورد شده است، در اینجا نیز سطح آرمانی مربوط به این هدف همان ۴۰٪ کاهش (نسبت به شرایط پایه) ملاک عمل قرار گرفته است. حداکثر مقدار آرمانی برای هدف اشتغال کشاورزی نیز حفظ وضع موجود در نظر گرفته شده است. با این حال، برای هدف معیشت کشاورزان مقدار سطح آرمانی مشخص نیست که لازم است در اینجا مقدار آن تعیین شود. برای این منظور از یک الگوی برنامه‌ریزی خطی تکهدفه استفاده شده است بدین طریق که یک الگوی حداکثرسازی حاشیه ناخالص تولیدات کشاورزی توسعه داده شده به طوریکه بتواند حداکثر سود ناخالص قابل دستیابی ناشی از فعالیت‌های زراعی و باغی را تحت محدودیت‌های منابع تولید و سایر قیود الگو و البته با لحاظ ۴۰٪ کاهش تخصیص آب محاسبه نماید. به عبارت دیگر، هدف این بوده که تعیین شود با فرض ۴۰٪ کاهش مصرف آب، رسیدن به چه سطحی از حداکثر مقدار حاشیه ناخالص کشاورزی امکان‌پذیر است.

1- target value

۵-۹ اولویت‌بندی اهداف مختلف در طراحی شرایط بهینه پایدار کشاورزی حوضه آبریز

بر اساس آنچه در بخش پیشین اشاره شد، تابع هدف الگو عبارت است از بیشینه‌سازی مجموع سود ناخالص فعالیت‌های زراعی و باغی. محدودیت‌های الگوی مذکور به شرح زیر است:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{n} (P_i Y_i - TVC_i - C_w W_i) X_i$$

که در آن، i بیانگر محصول، X_i سطح زیر کشت محصول i (بر حسب هکتار)، P_i قیمت محصول i (بر حسب ریال بر کیلوگرم)، Y_i عملکرد محصول i (بر حسب کیلوگرم در هکتار)، TVC_i هزینه‌های متغیر (به جز هزینه آب) برای محصول i (بر حسب ریال در هکتار)، C_w هزینه استحصال و انتقال آب در هر هکتار (بر حسب ریال بر متر مکعب)، W_i میزان کل آب‌مصرفی در سال برای کشت محصول i (بر حسب متر مکعب بر هکتار)، و n تعداد کل محصولات زراعی و باغی مورد کشت در منطقه است.

محدودیت‌های الگو

۱) **محدودیت اراضی کشاورزی:** بر اساس این محدودیت، مجموع سطح زیر کشت همه محصولات تعیین شده توسط الگو نباید از مجموع زمین‌های قابل کشت موجود در منطقه (TX) بیشتر باشد.

$$\sum_{i=1}^{n} X_i - TX \leq 0$$

۲) **محدودیت نیروی کار:** بر اساس این محدودیت، کل تقاضای نیروی کار الگوی کشت تعیین شده نباید از کل عرضه نیروی کار در منطقه مورد مطالعه (TL) بیشتر باشد.

$$\sum_{i=1}^{n} L_i X_i - TL \leq 0$$

۳) **محدودیت موجودی منابع آب:** بدین معنی که کل مصرف آب توسط سطوح زیر کشت تعیین شده در الگو نباید بیشتر از کل موجودی منابع آب (TW) باشد.

$$\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{ETA_{is}}/\mathrm{Eff})\mathrm{X_i} - TW \leq 0$$

۴) **محدودیت تامین نیازهای علوفه‌ای منطقه:** در این جا ابتدا مقدار عملکردهای اصلی و فرعی محصولات علوفه‌ای مختلف حاصل از الگوی کشت، به‌علاوه عملکرد علوفه موجود در مراتع محاسبه شده و سپس درصد انرژی قابل هضم هر یک از محصولات علوفه‌ای بر حسب واحد T.D.N محاسبه شده است. سهم منابع علوفه‌ای مختلف در جیره غذایی دام (سبک و سنگین) با توجه به نظر کارشناسان علوم دامی، از میان ۵ محصول مورد نظر شامل کاه گندم و جو ۲۰ درصد، یونجه ۱۰ درصد ، شبدر ۱۰ درصد ، ذرت علوفه‌ای ۲۰ درصد و جو ۴۰ درصد تعیین شده است. برای این اساس، این محدودیت بدین گونه تصریح شده است که منابع علوفه‌ای حاصل از الگوی کشت و مراتع باید حداقل به میزان انرژی مورد نیاز دام‌های موجود در منطقه باشد.

$$\sum_{i=1}^{f}(\mathrm{Y_{if}\,eval_i X_i} + \mathrm{eval_{pus}}) - \sum_{j=1}^{J}\mathrm{X_j TDNreq_j} \leq 0$$

۵) **تناوب زراعی:** با در نظر گرفتن تأثیرات تناوب زراعی در انتخاب الگوهای زراعی به منظور چرخش قطعات زراعی و تداوم تسلسل نباتات در یک دوره زمانی معین مدل‌های تناوب زراعی برای الگوهای زراعی طرح در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. تناوب‌های زراعی پیشنهاد شده در منطقه مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

با حل الگوی فوق و محاسبه مقدار تابع هدف این الگو، حداکثر سود ناخالص قابل حصول از فعالیت‌های زراعی و باغی موجود در منطقه (تحت شرایط ۴۰٪ کاهش موجودی آب نسبت به شرایط پایه) به دست می‌آید. این مقدار، همان سطح آرمانی مربوط به هدف دوم (S2: حداکثرسازی حاشیه ناخالص کشاورزان) است که در الگوی چند هدفه منظور گردیده است. شایان ذکر است، این مقدار آرمانی فعلاً با این فرض محاسبه شده است که تغییری در وضعیت بهره‌برداری از منابع آب و خاک و یا بهره‌وری تولید اتفاق نیافتد. چنانچه بهره‌وری تولید (عملکرد محصولات) ناشی از اقدامات و راهکارهای پیشنهادی برای بهبود مدیریت منابع آب، خاک و کشاورزی دستخوش تغییر شود، مقدار حداکثر سود ناخالص قابل دستیابی از فعالیت‌های زراعی و باغی نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین، در مقاطع بعدی مطالعات، با توجه به سناریوهای فنی پیشنهادی گروه مطالعات اگرواکولوژی این پژوهش، الگوی مذکور نیز به طور مجدد مورد اجرا قرار خواهد گرفت.

۵-۱۰ تشکیل چارچوب سلسله مراتب تصمیم‌گیری برای سیاست‌گذاری در خصوص انتخاب الگوی کشت بهینه پایدار در سطح حوضه آبریز و

۵-۱۱ انتخاب و توسعه یک الگوی بهینه‌یابی چندهدفه برای تعیین تخصیص بهینه منابع آب و اراضی حوضه به محصولات مختلف با توجه به معیارهای اقتصادی، زیست محیطی، اکولوژی و اجتماعی

همانطور که در بالا اشاره شد در این مطالعه، سه هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی، حداکثرسازی سود ناخالص، و حفظ سطح اشتغال موجود ناشی از فعالیت‌های زراعی و باغی مورد بررسی قرار گرفته است. این اهداف گاه در تضاد و در مقابل هم قرار دارند؛ لذا در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه (آرمانی) استفاده می‌شود. تعیین الگوی کشت بهینه در منطقه مورد نظر (محدوده مطالعاتی میاندوآب) بر کلیه محصولات زراعی و باغی منطقه، تحت محدودیتهای منابع تولید (از جمله اراضی کشاورزی، نیروی کار، موجودی منابع آب) و سایر محدودیت‌ها (نیاز علوفه‌ای و تناوب زارعی) صورت گرفته است. داده‌های مورد نیاز برای توسعه و اجرای الگوی برنامه‌ریزی کشت در این مطالعه عمدتاً از گزارش طرح «ارائه راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود» گرفته شده است.

روش‌شناسی تحلیل آثار راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی بر مولفه‌های اقتصادی (وضعیت درآمدی و معیشتی کشاورزان، اشتغال روستایی، میزان تولیدات و الگوی کشت و...)

سیاست‌ها و راهکارهای مختلفی جهت احیای دریاچه ارومیه مطرح شده است، این سیاست‌ها و راهکارها مزایا و معایبی دارند که اجرایی‌شدن آنها می‌تواند پیامدهای اقتصادی متفاوتی در بخش‌های مختلف، به‌ویژه کشاورزی برجای گذارد. بنابراین ارزیابی و بررسی دقیق قبل از اجرایی شدن سیاست‌های فوق امری ضروری بهنظر می‌رسد. متأسفانه تاکنون در این زمینه اقدام جدی صورت نگرفته و بیشتر راهکارهای مطرح‌شده بدون ارزیابی دقیق از منافع و هزینه‌های اقتصادی به‌مرحله اجرا درآمده است. لذا در پژوهش حاضر به دنبال بررسی تأثیر برخی از سیاست‌های مطرح‌شده درخصوص بهبود وضعیت این

حوضه آبریز می‌باشیم. در این راستا کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی در حوضه آبریز رودخانه-های زرینه‌رود و سیمینه‌رود یکی از اهداف ستاد احیای دریاچه ارومیه است که برای حصول به این هدف راهکارهای مختلفی پیشنهاد شده است. از جمله راهکارهای پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ کاهش تخصیص و عرضه آب به بخش کشاورزی
- ✓ افزایش راندمان آبیاری کشاورزی
- ✓ محدودسازی و جایگزینی برخی محصولات

در این قسمت، هدف بررسی آثار اجرای هر یک از این راهکارها بر مولفه‌های اقتصادی-اجتماعی بخش کشاورزی است. به عبارت دیگر هدف پاسخ به این پرسش است که در صورت اجرای هر یک از این راهکارها وضعیت بخش کشاورزی منطقه مطالعات چه خواهد شد. برای این منظور از الگوی برنامه-ریزی ریاضی مثبت (PMP)[1] بهره گرفته شده است که در زیر به شرح روش‌شناسی آن پرداخته شده است.

الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

در ادبیات برنامه‌ریزی خطی یک مسئلهٔ تصمیم، مبنی بر توصیف تکنولوژیک از چگونگی ارتباط بین ستانده‌ها و نهاده‌هاست و اغلب مسئلهٔ تصمیم کشاورز به صورت حداکثرسازی سود با توجه به فناوری تولید بیان می‌شود. بر این اساس، ساختار الگوی برنامه‌ریزی خطی (LP) اولیه در سطح هر بازهٔ مطالعاتی به صورت زیر است:

$$\text{Max} \quad Z = \sum (p_j x_j - c_j x_j)$$

$$\text{subject to:}$$

$$\sum_j a_{jk} x_j \le b_j \quad \forall k \qquad [\rho_k]$$

$$x_j \ge 0$$

که در آن:

Z = سود کل (درآمد منهای هزینه‌های متغیر به علاوهٔ هزینهٔ نهاده‌های ثابت)

1- Positive mathematical programming (PMP)

p_j = درآمد هر واحد از فعالیت j ام؛

c_j = هزینهٔ متغیر هر واحد از فعالیت j ام؛

b_k = مقدار کل موجودی نهادهٔ ثابت k ؛

a_{jk} = مقدار نهادهٔ ثابت k مورد نیاز برای تولید یک واحد از فعالیت j ام (ضرایب فنی)؛

x_j = مقدار متغیر تصمیم (سطح زیرکشت محصولات کشاورزی).

حل مسئلهٔ فوق، سود حاصل از فعالیت‌های کشاورزی را در سطح منطقه مطالعاتی، با توجه به محدودیت‌های نهاده‌های تولید کشاورزی (آب و زمین) حداکثر می‌کند. خروجی این الگو سطح بهینهٔ کشت هر محصول و مقدار سود فعالیت‌های کشاورزی در هر بازهٔ مطالعاتی است که بی‌شک از سطوح کشت و سود فعالیت‌های کشاورزی در دنیای واقع متفاوت است. به بیان دیگر در این الگوی نرماتیو به دلیل نبود یک سازوکار واسنجی (کالیبراسیون)، بازسازی یا تکرار سطوح مشاهده شده در سال پایهٔ متغیرهای تصمیم مشکل است.

الگوی‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی برای فائق آمدن بر ویژگی نرماتیو برنامه‌ریزی ریاضی توسط هاویت (۱۹۹۵) معرفی شد. در الگوی PMP برخلاف الگوهای نرماتیو، برخی از پارامترها برای بازسازی شرایط مرجع تعدیل می‌شوند که به این فرایند واسنجی (کالیبره‌سازی) گفته می‌شود و عبارت است از پیدا کردن ارزش‌های پنهانی‌ای که برای همهٔ فعالیت‌های موجود در سال پایه منجر به برابر شدن هزینهٔ نهایی با درآمد نهایی میشود. برای این منظور بر خلاف الگوهای نرماتیو در این الگو، فرض می‌شود که ترکیب مشاهده شده از فعالیت‌ها، یک ترکیب بهینه است که با توجه به محدودیت‌های موجود انتخاب شده است. به دلیل این که برای مدل‌ساز شناسایی همهٔ محدودیت‌ها غیرممکن است، در تابع هدف اجزای غیرخطی برای منظور کردن این محدودیت‌های پنهان وارد می‌شود. در واقع روش PMP با اعمال یک بخش هزینهٔ غیرخطی در تابع هدف، پارامترهای تابع سود را به گونه‌ای تعیین می‌کند که مدل کم و بیش به سطوح فعالیت مشاهده‌شده در سال پایه واسنجی شود. در مقایسه با الگوهای برنامه‌ریزی خطی، معرفی یک تابع هدف غیرخطی، به رفتار یکنواخت‌تر و معقول‌تری از مدل نسبت به تغییرات در پارامترهای برونزا منجر می‌شود (هاویت، ۱۹۹۵). همان گونه که هاویت (۱۹۹۵) و پاریس و هاویت (۱۹۹۸) بیان می‌دارند، PMP به عنوان یک روش در طی سه مرحله انجام می‌شود:

- ✓ در گام نخست با اضافه کردن محدودیت‌های واسنجی (سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده‌شده دورهٔ پایه مقید می‌کند) به مجموعهٔ محدودیت‌های منابع یک الگوی برنامهریزی خطی معمولی، مقادیر

دوگانه مربوط به محدودیت‌های مذکور که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولیدشده هستند، محاسبه می‌شوند.

- ✓ در گام دوم، اطلاعات دوگانه به دست آمده در مرحلهٔ قبل برای برآورد بخش غیرخطی تابع هزینه استفاده می‌شود
- ✓ در گام سوم، تابع هزینهٔ غیرخطی به جای هزینه‌های حسابداری تولید در تابع هدف برنامه‌ریزی ریاضی قرار می‌گیرد و الگو بدون محدودیت‌های کالیبراسیون دوباره اجرا می‌شود.

نتایج این الگو، سطوح فعالیت مشاهده شده در دورهٔ پایه را بازتولید خواهد کرد. به طور کلی می‌توان بیان داشت که واسنجی یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی با استفاده از روش PMP در طی سه مرحله انجام می‌پذیرد:

الف- برآورد هزینهٔ نهایی محصولات؛

ب- برآورد تابع هزینهٔ غیرخطی؛

ج- کالیبره سازی الگو و کاربرد آن به منظور استخراج توابع تقاضای آب.

با فرض حداکثرسازی بازدهٔ برنامه‌ای، در مرحله نخست روش PMP ، الگوی برنامه‌ریزی به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad Z = p'X - c'X \\ &\text{subject to:} \\ &\quad AX \le b \qquad [\lambda] \\ &\quad X \le X_0 + \varepsilon \qquad [\rho] \\ &\quad X \ge 0 \end{aligned}$$

که در آن:

Z = ارزش تابع هدف حداکثرسازی حاشیهٔ ناخالص؛

P = بردار ($J\times1$) از قیمت محصولات کشاورزی؛

X = بردار ($J\times1$) غیر منفی از سطوح زیرکشت فعالیت‌های مختلف کشاورزی؛

c = برداری ($J\times1$) از هزینهٔ حسابداری هر واحد از فعالیت‌های کشاورزی؛

A = یک ماتریس ($K(J\times1)$) از ضرایب فنی نهاده‌های تولید؛

b = بردار ($K\times1$) مقادیر در دسترس منابع تولید؛

λ = بردار ($K\times1$) از متغیرهای دوگان محدودیت‌های تولید؛

ρ = بردار ($J\times1$) از متغیرهای دوگان محدودیت‌های کالیبراسیون؛

ε = بردار ($J\times1$) از اعداد مثبت خیلی کوچک؛

X_0 = بردار ($J\times1$) غیر منفی از سطوح مشاهده‌شدهٔ تولید؛

در واسنجی یک تابع هزینه غیرخطی، بردار دوگان ρ به عنوان هزینهٔ نهایی تفاضلی تفسیر می‌شود که همراه با بردار هزینهٔ حسابداری فعالیت‌ها، c، هزینه نهایی متغیر واقعی بردار مشاهده‌شدهٔ فعالیت‌ها را تعیین می‌کند(پاریس و هاویت، ۱۹۹۸). در مرحلهٔ دوم این روش، بردار مقادیر ρ برای تصریح یک تابع هدف غیرخطی به گونه‌ای که در سطوح مشاهده شدهٔ فعالیت‌ها در سال پایه، هزینهٔ نهایی هر محصول مساوی با درآمد آن باشد، بکار می‌رود(هکلی و بریتز، ۲۰۰۰). در اغلب مطالعات انجام یافته با استفاده از روش PMP یک تابع هزینه متغیر چند محصولی درجهٔ دوم به صورت زیر استفاده شده است (بخشی، ۱۳۸۸):

$$C^{v} = \varphi' X + \frac{1}{2} X' \gamma X$$

در این تابع φ، بردار ($(J\times1)$) از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه و γ ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد ($J\times J$) از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه هستند. پارامترهای تابع فوق به گونه‌ای باید تصریح شوند که:

$$\nabla C^{v}(X)'_{X_0} = \frac{\partial C^{v}(X_0)}{\partial X} = MC^{v} = \varphi' + \gamma X_0 = c + \rho$$

که $\nabla C^{v}(X)$ بردار گرادیان ($1\times j$)از مشتقات مرتبهٔ اول $C^{v}(X)$ برای $X = X_0$ است. این فرم تصریح از تابع هزینهٔ نهایی، مبین این مطلب است که واکنش عرضهٔ هر محصول به ماتریس کامل γ بستگی دارد. به بیان دیگر، تغییر در هزینهٔ نهایی هم تابعی از سطح خود فعالیت و هم تابعی از سطح دیگر محصولات (جانشین و متمم) است. تصریح فوق یک حالت بد-وضعیت (ill - posed) است، زیرا تعداد پارامترهایی که باید برآورد شوند، $[J + J(J+1)/2]$ بزرگ‌تر از تعداد مشاهدات (J مشاهده از هزینهٔ نهایی) است. پاریس و هاویت (۱۹۹۸) استفاده از روش برآورد ماکزیمم آنتروپی را پیشنهاد کردند که اجازهٔ تصریح پارامترهای تابع هزینهٔ غیرخطی را بر اساس یک نوع "معیار اقتصادسنجی" فراهم می‌آورد.

با برآورد پارامترهای تابع هزینهٔ غیرخطی محصولات کشاورزی در بازهٔ مطالعاتی، مرحلهٔ دوم روش PMP تکمیل می‌شود. در گام سوم، تابع هزینهٔ غیرخطی برآوردشده در مرحلهٔ دوم، به جای بخش

خطی هزینه در تابع هدف قرار می‌گیرد و مسئله تبدیل به یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی می‌شود. در این مرحله قیود کالیبره‌سازی از الگو حذف و الگو تنها با محدودیت‌های سیستمی به شرح زیر حداکثر می‌شود (هکلی و بریتز،۲۰۰۰):

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad Z = p'X - (\hat{\varphi}'X - 1/2X'\hat{\gamma}X \\ &\text{subject to:} \\ &AX \le b \qquad [\lambda] \\ &X \le X_0 + \varepsilon \qquad [\rho] \\ &X \ge 0 \end{aligned}$$

که در آن X بردار $(J\times 1)$ غیر منفی از سطح زیرکشت فعالیت‌های مختلف؛ p بردار $(J\times 1)$ از قیمت محصولات؛ $\hat{\varphi}$ بردار پارامترهای کالیبره‌شدهٔ عرض از مبدأ توابع هزینهٔ نهایی (یا بخش خطی تابع هزینهٔ کل)، $\hat{\gamma}$ ماتریس پارامترهای کالیبره‌شدهٔ شیب توابع هزینهٔ نهایی (بخش غیرخطی تابع هزینه کل)، A ماتریس ضرایب فنی نهاده‌های تولید و b بردار موجودی نهاده‌های تولید است. در این مرحله الگوی فوق قادر است به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده‌شده در سال پایه را بازسازی کند و برای تحلیل آثار راهکارهای اجرایی پیشنهادی برای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بر مولفه‌های اقتصادی بخش کشاورزی حوضه مطلوب است.

نتایج تحلیل آثار راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی

به منظور بررسی آثار سناریوهای سیاستی بر مدل در گام نخست الگو براساس اطلاعات موجود برای سال پایه باز تولید شده است. و پس از آن به بررسی تأثیرسیاست‌های موردنظر بر روی مدل پرداخته شده است. جدول ۸ سطوح زیرکشت محصولات را برای سال پایه به تفکیک ۸ بازه محدوده مطالعاتی میاندوآب نشان می‌دهد.

جدول ۸. سطح زیرکشت (هکتار) محصولات به تفکیک محدوده‌های مطالعاتی برای سال پایه در میاندوآب

ردیف	محدوده مطالعاتی / نام محصول	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
۱	گندم	۸۸۱	۴۷۵	۶۰	۴۶۰۰	۱۱۲۰	۵۱۹۱	۴۳۶۲	۸۴۶۰
۲	جو	۳۵۸	۱۸۵	۱۱	۸۷۴	۱۶۲	۱۰۲۵	۱۸۷۵	۲۱۱۹
۳	یونجه	۱۶۵۰	۳۳۰	۷۸	۷۸۷	۳۹۱	۲۱۸۱	۱۷۷۹	۵۳۵۷

۴	چغندرقند	۷۰	۲۳		۱۹۰۱	۲۴۹	۲۴۵۵	۸۳۹	۷۱۶
۵	گوجه فرنگی	۳۲	۱۰	۲۴	۱۳	۲۴	۳۴۳	۵۲	۲۲۵۵
۶	پیاز	۵۴	۲۱	۱۴		۲۸	۲۰۵	۴۱	۵۳۱
۷	جالیز	۲۷	۶۷	۱۰	۳۷	۶۸	۲۳۲	۲۱۶	۵۲۳
۸	ذرت دانه‌ای				۲۰	۲۰	۳۶۴	۲۸۸	
۹	سایر زراعت‌ها (لوبیا)			۱۰	۲۷۸		۲۵۹		۴۰۰
۱۰	ذرت علوفه‌ای				۱۵		۱۵		۱۳۰
۱۱	سیب درختی	۱۱۵۲	۴۱۷۸	۴۷۵۹	۲۲۵	۱۲۷	۱۵۰۸	۱۵۴۳	۲۷۵۳
۱۲	انگور	۳۰	۳۶۷۱	۳۲۹۳	۹۶	۶	۱۸۱	۴۱۰	۳۵۸۵
۱۳	هلو، شلیل	۳۰	۳۰	۱۳۲	۹۵	۴۴	۳۶۹	۳۰۸	۵۵۹
۱۴	آلو و گوجه	۱۰۰	۱۹۹	۱۸۵		۱۸	۲۰۰	۱۴۹	۷۴۵
۱۵	زردآلو	۴۵	۱۷۴	۲۵۸	۳۵		۳۵	۳۲	۷۰
۱۶	گردو	۳۵	۱۵۹	۵۳۸	۳۵	۴۵	۲۵	۵۵	۱۲۵
۱۷	بادام	۲۰	۵۵	۱۴۳	۷۸	۳۵	۱۵	۳۲	۳۰
۱۸	سایر باغ‌های میوه	۳۴	۱۱	۲۱۰		۱۰	۲۵	۲۵	۱۲۰
۱۹	درختان غیرمثمر						۱۰۵	۴۹۸	۸۷۹
	مجموع سطح زیرکشت زراعی	۶۲۴۰	۳۳۸۸	۲۰۷	۲۹۷۹۲	۲۰۶۲	۱۲۲۷۰	۹۴۵۲	۲۰۴۹۱
	مجموع سطح زیرکشت باغی	۵۹۰۱	۸۴۷۷	۹۵۱۸	۵۶۱	۵۳۳۴	۲۴۶۳	۳۰۵۲	۸۸۶۶
	جمع کل	۱۲۱۴۱	۱۱۸۶۵	۹۷۲۵	۳۰۳۵۳	۷۳۹۶	۱۴۷۳۳	۱۲۵۰۴	۲۹۳۵۷

منبع: داده‌های ستاد احیاء دریاچه ارومیه

راهکار اول: کاهش تخصیص و عرضه آب به بخش کشاورزی

تأثیر سیاست کاهش حجم منابع آب تخصیص داده شده به بخش کشاورزی طی ۳ سناریوی ۱) کاهش ۲۰٪ عرضه آب کشاورزی، ۲) کاهش ۳۰ درصدی عرضه آب کشاورزی، و ۳) کاهش ۴۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بررسی شده است. که نتایج آن در جداول ۱۷ الی ۲۰ گزارش شده است.

سناریوی ۲۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک کاهش ۲۰ درصدی عرضه آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف این محدوده در جداول ۹ و ۱۰ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت کاهش موجودی منابع آب قابل دسترس بخش کشاورزی به میزان ۲۰٪، سطح کشت محصولات غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای تقریباً در همه بازه‌های مطالعاتی کاهش یافته؛ در مقابل بر سطح زیر کشت محصولات نقدی مثل گوجه فرنگی، پیاز و چغندرقند افزوده می‌شود. دلیل این امر را می‌توان مقدار بالاتر ارزش خالص تولید این محصولات در مقایسه با مقدار آب مصرفی آنها نسبت به سایر محصولات از جمله غلات و یونجه است.

جدول ۹. نتایج اجرای سناریوی کاهش ۲۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بر الگوی کشت منطقه (منبع: داده‌های ستاد احیا)

بازه مطالعاتی	S1		S2		S3	S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۶۳۴	(۲۸,۱)	۴۷۵	(۰,۰۱)	(۰,۰۰۰۹)	۳۱۰۱	(۲۳,۸)	۷۶۹	(۳۱,۶)	۳۹۴۴	(۲۴,۰۳)	۲۹۵۹	(۳۲,۲)	۵۰۷۱	(۴۰,۱)
جو	۲۸۱	(۲۱,۷)	۱۸۵	(۰,۰۲)	(۰,۰۰۱)	۵۸۲	(۳۳,۸)	۱۱۱	(۳۱,۴)	۷۲۵	(۲۹,۳)	۱۲۵۵	(۳۳,۲)	۱۲۶۷	(۴۰,۲)
یونجه	۱۰۰۱	(۳۹,۳)	۳۳۰	(۰,۰۳)	۰,۰۰۰۵	۴۲۲	(۴۶,۶)	۲۲۲	(۴۳,۵)	۱۳۴۰	(۳۸,۵)	۹۵۳	(۴۶,۵)	۲۲۵۴	(۵۸,۰)
چغندرقند	۷۲	۲,۰۱	۲۳	(۰,۰۰۳)	–	۱۸۷۶	(۲)	۲۵۵	۱,۸	۲۱۴۱	(۱۲,۸)	۸۰۸	(۳,۹)	۶۷۶	(۵,۷)
گوجه فرنگی	۳۸	۱۸,۶	۱۰	۰,۰۰۸	۰,۰۰۰۲	۱۶	۵,۴	۳۳	۳۴,۷	۳۰۰	(۱۲,۶)	۶۰	۱۵,۳	۲۶۴۲	۱۶,۹
پیاز	۶۳	۱۵,۴	۲۱	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۱	–	–	۳۲	۱۴,۱	۱۹۰	(۷,۴)	۴۰	(۲,۹)	۵۷۱	۷,۳
جالیز	۳۵	۲۸,۷	۶۷	۰,۰۰۷	(۰,۰۰۰۱)	۴۶	۲۳,۹	۹۵	۳۷,۸	۲۱۰	(۹,۶)	۲۵۶	۱۸,۲	۶۱۵	۱۷,۳
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	۱۲	(۴۱,۵)	۱۳	(۳۴,۱)	۲۹۷	(۱۸,۵)	۲۰۴	(۲۹,۲)	–	–
سایر زراعت‌ها (لوبیا)	–	–	–	–	(۰,۰۰۰۱)	۲۸۷	۲,۲	–	–	۲۲۵	(۱۳,۲۹)	–	–	۴۰۶	۱,۴
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	۱۳	(۱۸,۲)	–	–	۱۴	(۸,۵)	–	–	۱۰۵	(۱۹,۳)
سیب درختی	۱۲۳۰	۶,۷	۴۱۷۸	(۰۰۰۳)	۰,۰۰۰۰۶	۲۴۴	۷,۷	۱۳۴	۵,۶	۱۴۳۳	(۵)	۱۶۰۶	۳,۹	۲۷۵۳	(۰,۱)
انگور	۳۶	۱۸,۴	۳۶۷۱	۰,۰۰۲	(۰,۰۰۰۰۷)	۱۲۱	۲۴,۱	۷	۹,۴	۱۷۲	(۵)	۴۷۰	۱۴,۲	۴۰۸۹	۱۳,۸
هلو، شلیل	۳۳	۸,۸	۳۰	(۰,۰۰۰۵)	(۰,۰۰۰۰۷)	۱۰۵	۱۰,۱	۵۱	۱۴,۶	۳۵۱	(۵)	۳۲۹	۶,۶	۵۸۸	۵,۱
آلو و گوجه	۱۰۶	۵,۷	۱۹۹	(۰,۰۰۰۹)	(۰,۰۰۰۰۸)	–	–	۲۰	۷,۶	۱۹۰	(۵)	۱۶۱	۷,۶	۷۸۸	۵,۸
زردآلو	۵۰	۱۰,۵	۱۷۴	۰,۰۰۳	(۰,۰۰۰۰۶)	۴۱	۱۵,۹	–	–	۳۴	(۵)	۳۴	۶,۱۱	۷۴	۴,۷
گردو	۳۶	۲,۵	۱۵۹	(۰,۰۰۱)	۰,۰۰۰۰۴	۳۵	(۰,۵)	۴۵	۰,۵	۲۴	(۵)	۵۵	(۰,۸)	۱۲۶	۰,۷
بادام	۲۰	(۱,۲)	۵۵	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۰۶	۸۰	۱,۸	۳۶	۰,۷	۱۵	(۵)	۳۳	۲,۶	۲۹	(۵)

سایر باغ‌های میوه	۳۵	۳,۰۷	۱۱	۰,۰۰۰۴	۲۱۰	(۰,۰۰۰۱)	–	–	۱۲	۱۲,۶	۲۴	(۵)	۲۵	۰,۴	۱۳۲	۹,۷
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۰	(۵)	۴۷۳	(۵)	۸۳۵	(۵)

در مجموع، در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۲۰۹ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۵٪ کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۵٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۲۰٪ در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، رابطه کاهش سود و اشتغال کشاورزی نسبت به کاهش تخصیص و عرضه آب کشاورزی یک رابطه یک به یک نیست، بدین معنی که با از دست دادن درصد اندکی از سود و اشتغال کشاورزی، می‌توان بخش قابل توجهی در مقدار آب مصرفی این بخش صرفه جویی نمود. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۲۲۴۲/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفه جویی ۲۰۹ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۲۸۷/۲ میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۳۷۴/۱ ریال برآورد می‌شود.

جدول ۱۰. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۲۰ درصد منابع آب بر روی سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیارد ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۳۴۳/۵	-۲۸۷/۲	-۵/۱
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/سال)	۱۴۵۷۹	۱۳۸۶۰	-۷۱۹	-۴/۹
۳	مقدار مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۸۳۵/۴۴	-۲۰۸/۸۶	-۲۰

منبع: داده‌های ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی ۳۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک کاهش ۳۰ درصدی عرضه آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف این محدوده در جداول ۱۱ و ۱۲ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت کاهش موجودی منابع آب قابل دسترس بخش کشاورزی به میزان ۳۰٪، مشابه سناریوی پیشین سطح کشت محصولات غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای تقریباً در همه بازه‌های مطالعاتی کاهش یافته است؛ در مقابل بر سطح زیر کشت محصولات نقدی مثل گوجه‌فرنگی، پیاز و چغندرقند افزوده می‌شود. با این تفاوت که در این سناریو نسبت به سناریوی قبلی، درصد کاهش در سطح زیرکشت غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای به دلیل

محدودیت بیشتر آب در این سناریو، بزرگتر پیش‌بینی شده و کشت چغندرقند نیز در اغلب بازه‌ها بر خلاف سناریوی قبل کاهش یافته است.

جدول ۱۱. نتایج اجرای سناریوی کاهش ۳۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بر الگوی کشت منطقه (منبع: داده‌های ستاد احیا)

محدوده مطالعاتی	S1		S2		S3	S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۵۴۰	(۳۸,۸)	۴۷۵	(۰,۰۱)	(۰,۰۰۰۹)	۶۰	۲۶۱۷	(۴۳,۳)	۶۵۲	(۴۲)	۳۲۸۸	(۳۶,۶)	۲۴۶۴	(۴۳,۷)	۴۰۶۳	(۵۲)
جو	۲۴۲	(۳۲,۳)	۱۸۵	(۰,۰۲)	(۰,۰۰۱)	۱۱	۴۷۷	(۴۵,۷)	۹۳	(۴۳)	۵۶۷	(۴۴,۶)	۱۰۰۰	(۴۶,۷)	۹۸۱	(۵۳,۸)
یونجه	۷۷۱	(۵۳,۳)	۳۳۰	(۰,۰۳)	۰,۰۰۰۵	۷۸	۳۱۳	(۶۰,۳)	۱۶۸	(۵۷,۱)	۸۹۹	(۵۸,۸)	۶۶۳	(۶۲,۸)	۱۳۶۵	(۷۴,۵)
چغندرقند	۶۷	(۴,۹)	۲۳	(۰,۰۰۳)	–	–	۱۷۱۰	(۱۰,۷)	۲۳۵	(۵,۹)	۱۹۷۶	(۱۹,۵)	۷۳۹	(۱۲)	۶۲۲	(۱۳,۲)
گوجه فرنگی	۳۶	۱۳,۱	۱۰	۰,۰۰۸	۰,۰۰۰۲	۲۴	۱۵	(۳,۶)	۳۰	۲۴,۹	۲۷۷	(۱۹,۲)	۵۵	۶	۲۴۳۲	۷,۶
پیاز	۶۰	۱۰,۵	۲۱	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۱	۱۴	–	–	۳۱	۹,۲	۱۸۲	(۱۱,۳)	۳۸	(۸)	۵۴۱	۱,۹
جالیز	۳۳	۲۳,۰۳	۶۷	۰,۰۰۷	(۰,۰۰۰۱)	۱۰	۴۳	۱۵,۵	۸۹	۲۸,۱	۱۹۸	(۱۴,۷)	۲۳۸	۱۰,۲	۵۶۶	۷,۹
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۰	(۵۲,۲)	۱۱	(۴۴,۲)	۲۶۱	(۲۸,۲)	۱۷۷	(۳۸,۴)	–	–
(لوبیا)	–	–	–	–	(۰,۰۰۰۱)	۱۰	۲۶۰	(۷,۲)	–	–	۲۰۷	(۲۰,۲)	–	–	۳۶۹	(۷,۸)
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۲	(۲۳,۳)	–	–	۱۳	(۱۳)	–	–	۹۸	(۲۴,۸)
سیب درختی	۱۱۷۵	۱,۹	۴۱۷۸	(۰,۰۰۳)	۰,۰۰۰۰۶	۴۷۵۹	۲۳۱	۲,۴	۱۲۶	(۰,۹)	۱۴۳۳	(۵)	۱۵۱۳	(۲)	۲۶۱۸	(۵)
انگور	۳۴	۱۳,۵	۳۶۷۱	۰,۰۰۲	(۰,۰۰۰۰۷)	۳۲۹۳	۱۱۳	۱۶,۸	۶	۱,۵	۱۷۲	(۵)	۴۴۲	۷,۵	۳۸۶۱	۷,۵
هلو، شلیل	۳۲	۶,۱	۳۰	(۰,۰۰۰۵)	(۰,۰۰۰۰۷)	۱۳۲	۱۰۱	۵,۹	۴۹	۱۰,۳	۳۵۱	(۵)	۳۱۵	۲,۲	۵۶۴	۰,۸
آلو و گوجه	۱۰۳	۲,۶	۱۹۹	(۰,۰۰۰۹)	(۰,۰۰۰۰۸)	۱۸۵	–	–	۱۹	۲,۶	۱۹۰	(۵)	۱۵۴	۳,۰	۷۵۸	۱,۷
زردآلو	۴۸	۶,۸	۱۷۴	۰,۰۰۳	(۰,۰۰۰۰۶)	۲۵۸	۳۹	۱۱,۶	–	–	۳۴	(۵)	۳۳	۱,۵	۷۰	۰,۱۸
گردو	۳۵	(۱,۲)	۱۵۹	(۰,۰۰۱)	۰,۰۰۰۰۴	۵۳۸	۳۳	(۵)	۴۳	(۴,۶)	۲۴	(۵)	۵۲	(۵)	۱۱۹	(۵)
بادام	۱۹	(۵)	۵۵	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۰۶	۱۴۳	۷۴	(۵)	۳۴	(۵)	۱۵	(۵)	۳۱	(۵)	۲۹	(۵)
سایر باغ‌های میوه	۳۴	(۰,۶)	۱۱	۰,۰۰۴	(۰,۰۰۰۰۱)	۲۱۰	–	–	۱۱	۱۰	۲۴	(۵)	۲۴	(۴,۶)	۱۲۵	۳,۹
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۰	(۵)	۴۷۳	(۵)	۸۳۵	(۵)

در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۳۱۳ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان حدود ۹/۴٪ و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۱۰/۳ درصد کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۹/۴٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۱۰٪ از کل اشتغال (مستقیم) کشاورزی منطقه، امکان صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در مصرف آب کشاورزی این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۴۱۱۵/۶ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفه‌جویی ۳۱۳/۳ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۵۲۷/۱ میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۶۸۲/۴ ریال برآورد می‌شود.

جدول ۱۲. تأثیر اجرای سناریوی کاهش۳۰ درصد منابع آب بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیارد ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۱۰۳/۶	-۵۲۷/۰۹	-۹/۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۳۰۸۴	-۱۴۹۵	-۱۰/۳
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۷۳۱	-۳۱۳/۳	-۳۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی ۴۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک کاهش ۴۰ درصدی عرضه آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی زون‌های مختلف این محدوده در جداول ۱۳ و ۱۴ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت کاهش موجودی منابع آب قابل دسترس بخش کشاورزی به میزان ۴۰٪، مشابه سناریوهای پیشین سطح کشت محصولات غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای تقریباً در همه بازه‌های مطالعاتی کاهش یافته، در مقابل بر سطح زیر کشت محصولات نقدی مثل گوجه‌فرنگی، پیاز و چغندرقند افزوده می‌شود. با این تفاوت که در این سناریو

نسبت به سناریوهایی قبلی، درصدهای کاهش در سطح زیرکشت غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای به دلیل محدودیت بیشتر آب در این سناریو، بزرگتر پیش‌بینی شده است.

جدول ۱۳. نتایج اجرای سناریوی کاهش ۴۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بر الگوی کشت منطقه میاندوآب (منبع داده‌ها: ستاد احیا)

منطقه	S1		S2		S3	S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۴۴۵	(۴۹/۵)	۴۷۰	(۱)	(۰/۰۰۰۹)	۲۱۲۷	(۵۳/۹)	۵۲۹	(۵۲/۹)	۲۶۳۲	(۴۹/۳)	۱۹۳۸	(۵۵/۶)	۲۹۸۵	(۶۴/۷)
جو	۲۰۴	(۴۳)	۱۸۳	(۱)	(۰/۰۰۱)	۳۷۰	(۵۷/۸)	۷۳	(۵۵/۲)	۴۱۰	(۶۰)	۷۳۰	(۶۱/۱)	۶۷۴	(۶۸/۲)
یونجه	۵۴۰	(۶۷/۲)	۳۲۴	(۱)	۰/۰۰۰۵	۲۰۴	(۷۴/۲)	۱۱۱	(۷۱/۴)	۴۵۷	(۷۹)	۳۵۴	(۸۰/۱)	۴۱۴	(۹۲/۲)
چغندرقند	۶۲	(۱۱/۷)	۲۳	(۰/۱)	–	۱۵۴۱	(۱۹/۴)	۲۱۵	(۱۴/۰۳)	۱۸۱۱	(۲۶/۲)	۶۶۷	(۲۰/۶)	۵۶۵	(۲۱/۳)
گوجه فرنگی	۳۵	۷/۷	۱۰	۰/۴	۰/۰۰۰۲	۱۳	(۱۲/۶)	۲۸	۱۴/۵	۲۵۵	(۲۵/۸)	۵۰	(۳/۸)	۲۲۰۸	(۲/۳)
پیاز	۵۷	۵/۵	۲۱	۰/۰۴	۰/۰۰۰۱	-	–	۲۹	۴/۰۶	۱۷۴	(۱۵/۳)	۳۶	(۱۳/۴)	۵۱۱	(۳/۸)
جالیز	۳۲	۱۷/۳	۶۸	۰/۳	(۰/۰۰۰۱)	۴۰	۶/۹	۸۲	۱۷/۸	۱۸۶	(۱۹/۷)	۲۲۰	۱/۷	۵۱۳	(۲/۱)
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	۸	(۶۳/۱)	۹	(۵۴/۸)	۲۲۶	(۳۸)	۱۴۹	(۴۸/۲)	–	–
لوبیا	–	–	–	–	(۰/۰۰۰۱)	۲۳۳	(۱۶/۸)	-	–	۱۸۹	(۲۷/۲)	–	–	۳۲۹	(۱۷/۹)
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	۱۱	(۲۸/۵)	-	–	۱۳	(۱۷/۴)	–	–	۹۰	(۳۰/۶)
سیب درختی	۱۱۱۶	(۲/۸)	۴۱۷۷	(۰/۰۱)	۰/۰۰۰۰۶	۲۲۰	(۳/۹)	۱۲۱	(۵)	۱۴۳۳	(۵)	۱۴۶۸	(۵)	۲۶۱۸	(۵)
انگور	۳۳	۸/۶	۳۶۷۵	۰/۰۹	(۰/۰۰۰۰۷)	۱۰۶	۹/۳	۶	(۵)	۱۷۲	(۵)	۴۱۳	۰/۴	۳۶۱۶	۰/۷
هلو، شلیل	۳۱	۳/۳	۳۰	(۰/۰۳)	(۰/۰۰۰۰۷)	۹۷	۱/۵	۴۷	۵/۷	۳۵۱	(۵)	۳۰۰	(۲/۴)	۵۳۸	(۳/۸)
آلو و گوجه	۱۰۰	(۰/۵)	۱۹۹	(۰/۰۵)	(۰/۰۰۰۰۸)	–	–	۱۸	(۲/۶)	۱۹۰	(۵)	۱۴۶	(۱/۸)	۷۲۶	(۲/۶)
زردآلو	۴۶	۳	۱۷۵	۰/۱۸	(۰/۰۰۰۰۶)	۳۸	۷/۳	–	–	۳۳	(۵)	۳۱	(۳/۴)	۶۷	(۴/۷)
گردو	۳۳	(۴/۹)	۱۵۹	(۰/۰۸)	۰/۰۰۰۰۴	۳۴	(۵)	۴۳	(۵)	۲۴	(۵)	۵۲	(۵)	۱۱۹	(۵)
بادام	۱۹	(۵)	۵۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۷۴	(۵)	۳۳	(۵)	۱۴	(۵)	۳۱	(۵)	۲۹	(۵)
سایر باغ‌های میوه	۳۳	(۴/۲)	۱۱	۰/۰۲	(۰/۰۰۰۱)	۲۱۰	–	۱۱	۷/۳	۲۴	(۵)	۲۴	(۵)	۱۱۷	(۲/۳)
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۰	(۵)	۴۳۷	(۵)	۸۳۵	(۵)

در مجموع، در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب حدود ۱۴/۴ و ۱۵/۴ درصد کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۱۴/۴ درصد از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن حدود ۱۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۴۰ درصد در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۶۳۲۰/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دست رفته) صرفه جویی ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۸۰۹/۵ میلیارد ریال می‌باشد که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آب به طور متوسط حدود ۱۹۳۸ ریال برآورد می‌شود.

جدول ۱۴. تأثیر اجرای سناریوی کاهش۴۰ درصد منابع آب بر روی سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (ریال)	۵۶۳۰/۷	۴۸۲۱/۲	-۸۰۹/۵	-۱۴/۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۲۳۳۴	-۲۲۴۵	-۱۵/۴
۳	ذخیره آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۶۲۶/۵۸	-۴۱۷/۷	-۴۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

راهکار دوم: افزایش راندمان آبیاری کشاورزی

تأثیر سیاست افزایش راندمان آبیاری بخش کشاورزی طی ۲ سناریوی ۱) افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۴۵٪، و ۲) افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۵٪ بررسی شده است که نتایج آن در جداول ۱۵ الی ۱۸ گزارش شده است.

سناریوی اول: افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۴۵٪

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک افزایش راندمان آبیاری کشاورزی از ۳۹ درصد به ۴۵ درصد در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی زون‌های مختلف این محدوده در جداول ۱۵ و ۱۶ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت افزایش راندمان آبیاری به میزان ۶٪، سطح کشت محصولاتی مانند یونجه، پیاز و گوجه فرنگی در اغلب بازه‌های مطالعاتی افزایش یافته است؛ در مقابل سطح زیر کشت غلات، جالیز و حبوبات اندکی کاهش یافته

است، هر چند این کاهش اندک می‌باشد. در واقع با افزایش راندمان آبیاری، محصولاتی که از آب بری بالاتری برخوردارند، مزیت تولیدشان اندکی بهبود می‌یابد.

جدول ۱۵. نتایج اجرای سناریوی افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۴۵٪ بر الگوی کشت منطقه میاندوآب (هکتار) (منبع داده‌ها: ستاد احیا)

محدوده مطالعاتی	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۷۹۸,۰۴	(۹,۴)	۴۶۰,۶	(۳,۰۳)	۵۱,۰۵	(۱۴,۹)	۴۵۹۹,۶	(۰,۳)	۱۱۱۹,۵	(۰,۳)	۴۸۱۰,۴	(۷,۳)	۴۳۶۱,۳	(۰,۱)	۸۴۶۰,۰۱	(۰,۰۸)
جو	۲۸۸,۴	(۱۹,۴)	۱۶۸,۸	(۸,۷)	۸,۸	(۱۹,۵)	۸۷۳,۹	(۰,۴۶)	۱۶۱,۳	(۰,۴)	۷۷۷,۹	(۲۴,۱)	۱۸۷۴,۹۸	(۰,۱)	۲۱۱۸,۶	(۰,۱)
یونجه	۱۸۵۴,۵	۱۲,۴	۳۶۹,۹	۱۲,۰۹	۸۴,۱	۷,۸	۷۸۶,۸	(۰,۴)	۳۹۰,۵	(۰,۳۷)	۲۸۸۷,۶	۳۲,۴	۱۷۷۸,۲	(۰,۱)	۵۳۵۶,۳	(۰,۱)
چغندرقند	۶۹,۷	(۰,۳۷)	۲۳,۳	۱,۵۳	–	–	۱۹۰۰,۸	(۰,۶۸)	۲۴۸,۴	(۰,۶۲)	۲۴۷۲,۲	(۰,۷)	۸۳۸,۴	(۰,۲)	۷۱۶,۰۸	(۰,۱)
گوجه فرنگی	۳۰,۰۴	(۶,۱)	۹,۷	(۲,۷)	۲۴,۶	۲,۸	۱۳,۴		۲۳,۶	(۱۰,۶)	۳۱۹,۳	(۱,۳)	۵۱,۸	(۰,۳)	۲۲۵۴,۳	(۰,۲۵)
پیاز	۵۱,۳۶	(۴,۹)	۲۱,۱	۰,۷	۱۴,۰۷	۰,۵	–	–	۲۷,۸	(۰,۶)	۱۹۸,۳	(۳,۲)	۴۰,۹	(۰,۱)	۵۳۰,۲	(۰,۱)
جالیز	۲۲,۹۷	(۱۴,۹۲)	۶۳,۷	(۴,۹)	۹,۶	(۳,۵)	۳۶,۶	(۱,۰)	۶۸,۰۷	(۱,۳)	۱۹۹,۲۵	(۱۴,۱)	۲۱۵,۳	(۰,۳۲)	۵۲۲,۶	(۰,۲۵)
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۹,۹۵	(۰,۲۴)	۱۹,۹۵	(۰,۲۴)	۳۹۳,۲	۸,۰۳	۲۸۷,۷۹	(۰,۰۷)	–	–
لوبیا	–	–	–	–	۹,۶۲	(۳,۷۵)	۲۷۷,۷	(۰,۸۲)	–	–	۲۳۷,۴	(۸,۳۲)	–	–	۳۹۹,۲	(۰,۰۳)
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۴,۹۷	(۰,۱۳)	–	–	۱۴,۴۶	(۳,۵۸)	–	–	۱۲۹,۹۵	(۰,۰۳)
سیب درختی	۱۱۱۶,۸۹	(۳,۰۴)	۴۲۰۰,۵۲	۰,۵۳	۴۸۰۹,۸۴	۱,۰۶	۲۲۴,۷۴	(۰,۵)	۱۲۶,۲۴	(۰,۶)	۱۴۵۹,۵۵	(۳,۲)	۱۵۴۲,۱۸	(۰,۲)	۲۷۵۲,۳۳	(۰,۱)
انگور	۲۸,۵	(۵,۰)	۳۶۴۵,۲۶	(۰,۷)	۳۲۵۳,۴۶	(۱,۲)	۹۶,۰۴	(۰,۱)	۵,۹۵	(۰,۷۵)	۱۷۱,۹۵	(۵,۰)	۴۰۹,۹۲	(۰,۲)	۳۵۸۴,۴۹	(۰,۲)
هلو، شلیل	۲۸,۸۰	(۳,۹۷)	۲۹,۹	(۰,۳)	۱۳۰,۲	(۱,۳۶)	۹۴,۵	(۰,۵)	۴۳,۷	(۰,۵۶)	۳۵۰,۹	(۵,۰)	۳۰۷,۵	(۰,۱)	۵۵۸,۴	(۰,۱)
آلو و گوجه	۹۷,۲۳	(۲,۸)	۱۹۸,۲	(۰,۳)	۱۸۲,۵	(۱,۳۵)	–	–	۱۷,۹	(۰,۵)	۱۹۰,۰	(۰,۵)	۱۴۸,۷	(۰,۲)	۷۴۴,۲	(۰,۱)
زردآلو	۴۳,۰۸	(۴,۲)	۱۷۰,۹	(۱,۱)	۲۵۵,۰۵	(۱,۷۲)	۳۴,۸	(۰,۶)	–	–	۳۳,۲۵	(۰,۵)	۳۱,۹۴	(۰,۲)	۶۹,۹۲	(۰,۱)
گردو	۳۴,۷۹	(۰,۶)	۱۶۰,۲	(۰,۷)	۵۴۱,۴	(۰,۶)	۳۴,۸	(۰,۶)	۴۴,۸	(۰,۴)	۲۵,۰	۰,۲	۵۴,۳	(۰,۱)	۱۲۴,۸	(۰,۱)
بادام	۲۰,۲	۱,۰	۵۴,۶	(۰,۶۳)	۱۴۴,۳	۰,۹۱	۷۷,۴	(۰,۷)	۳۴,۷	(۰,۶)	۱۴,۹	(۲,۷)	۳۱,۹	(۰,۲)	۲۹,۹۶	(۰,۱)

سایر باغ‌های میوه	۳۳,۴	(۱,۸)	۱۰,۹۲	(۰,۷)	۲۰۶,۲	(۱,۸)	–	–	۹,۹۶	(۰,۴)	۲۴,۳	(۲,۶)	۲۴,۹۶	(۰,۱)	۱۱۹,۸	(۰,۱)
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۵۳,۲	۴۵,۹	۴۹۷,۳	(۰,۱)	۸۷۸,۱	(۰,۱)

در مجموع، در این سناریو از افزایش بهره‌وری (حدود ۶٪ نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب ۸/۲ میلیارد ریال و ۵/۱۳ نفر-سال افزایش می‌یابد که در مقایسه با مقادیر متناظر پایه اختلاف چندانی ندارد. نتیجه اجرای این سیاست بر میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی حدود ۱۳/۳ درصد کاهش می‌باشد. به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۱۳/۳ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی وجود دارد. شایان ذکر است این نتیجه در شرایط محدودسازی الگوی PMP به سطح زیرکشت فعلی حاصل شده است که با افزایش راندمان آبیاری عملا امکانی برای افزایش سطح زیرکشت به بیش از سطح زیرکشت فعلی برای آن وجود ندارد. این موضوع تاکیدی است بر این که سیاست افزایش راندمان آبیاری (برای مثال مشابه آنچه در ایران از طریق سیاست تغییر روش آبیاری از غرقابی به تحت فشار اجرا می‌شود)، باید با کنترل‌ها و اخذ تعهدات لازم از کشاورزان و به طور کل از بخش کشاورزی در جهت عدم افزایش سطح زیرکشت همراه باشد تا هدف کاهش مصرف آب و در عوض پسانداز فراهم شود.

جدول ۱۶. تأثیر اجرای سناریوی افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۴۵٪ بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۶۳۸/۹	۸/۲	۰/۱۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۵۸۴/۱۴	۵/۱۳	۰/۰۰۳
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۹۰۴/۹	-۱۳۹/۴	-۱۳/۳

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی دوم: افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۵۵٪

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک افزایش راندمان آبیاری کشاورزی از ۳۹٪ به ۵۵٪ در میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی زون‌های مختلف این محدوده در جداول ۱۷ و ۱۸ گزارش شده است.

جدول ۱۷. نتایج اجرای سناریوی افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۵٪ بر الگوی کشت منطقه میاندوآب (منبع داده‌ها: ستاد احیا)

محدوده مطالعاتی	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۷۹۸,۰	۹/۴	۴۶۰,۵	(۳,۰۳)	۵۱,۰	(۱۴,۹)	۴۵۹۹,۶	(۰,۳۵)	۱۱۱۹,۵	(۰,۳۱)	۴۸۱۰,۴	(۷,۳)	۴۳۶۱,۲	(۰,۱)	۸۴۶۰,۰	(۰,۱)
جو	۲۸۸,۴	(۱۹,۴)	۱۶۸,۸	(۸,۷۲)	۸,۸	(۱۹,۵)	۸۷۳,۹	(۰,۴۶)	۱۶۱,۳	(۰,۴۰)	۷۷۷,۹	(۲۴,۱)	۱۸۷۴,۹	(۰,۱)	۲۱۱۸,۵۸	(۰,۱)
یونجه	۱۸۵۴,۴	۱۲,۴	۳۶۹,۸	۱۲,۰۹	۸۴,۱	۷,۸	۷۸۶,۷	(۰,۴۰)	۳۹۰,۵	(۰,۳۷)	۲۸۸۷,۶	۳۲,۴	۱۷۷۸,۲	(۰,۱)	۵۳۵۶,۲	(۰,۱)
چغندرقند	۶۹,۷	(۰,۳۷)	۲۳,۳	۱,۵۳	—	–	۱۹۰۰,۸	(۰,۶)	۲۴۸,۴	(۰,۶۲)	۲۴۷۲,۲	۰,۷	۸۳۸,۴	(۰,۱)	۷۱۶,۰	(۰,۱)
گوجه فرنگی	۳۰,۰۴	(۶,۱)	۹,۷	(۲,۷۰)	۲۴,۶	(۲,۸)	۱۳,۴	(۱۰,۶)	۲۳,۶	(۱,۳)	۳۱۹,۳	(۶,۹۱)	۵۱,۸	(۰,۳)	۲۲۵۴,۳	(۰,۲)
پیاز	۵۱,۳	(۴,۸)	۲۱,۱	۰,۷۲	۱۴,۰	۰,۵۴	–	–	۲۷,۸	(۰,۶)	۱۹۸,۳	(۳,۲)	۴۰,۹۵	(۰,۱)	۵۳۰,۳	(۰,۱)
جالیز	۲۲,۹۷	(۱۴,۹۲)	۶۳,۷	(۴,۰)	۹,۶	(۳,۵۷)	۳۶,۶	(۱,۰۶)	۶۸,۰	(۱,۳)	۱۹۹,۲	(۱۴,۱)	۲۱۵,۳	(۰,۳)	۵۲۲,۶	(۰,۲)
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۹,۹	(۰,۲۴)	۱۹,۹۵	(۰,۲)	۳۹۳,۲	۸,۰۳	۲۸۷,۸	(۰,۱)	–	–
لوبیا	–	–	–	–	۹,۶	(۳,۷۵)	۲۷۷,۷	(۰,۸۲)	–	–	۲۳۷.۴	(۸,۳)	–	–	۳۹۹,۲	(۰,۱)
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۴,۹	(۰,۱۳)	–	–	۱۴,۴	(۳,۵)	–	–	۱۲۹,۹	(۰,۱)
سیب درختی	۱۱۱۶,۸	(۳,۰۴)	۴۲۰۰,۵	۰,۵۳	۴۸۰۹,۸	۱,۰۶	۲۲۴,۷	(۰,۵۵)	۱۲۶,۲	(۰,۶)	۱۴۵۹,۵	(۳,۲)	۱۵۴۲,۲	(۰,۱)	۲۷۵۲,۳	(۰,۱)
انگور	۲۸,۵	(۵,۰)	۳۶۴۵,۲	(۰,۷)	۳۲۵۳,۴	(۱,۲۰)	۹۶,۰۴	(۰,۹۸)	۵,۹۵	(۰,۷)	۱۷۱,۹۵	(۵,۰)	۴۰۹,۹۲	(۰,۲)	۳۵۸۴,۵	(۰,۲)
هلو، شلیل	۲۸,۸	(۳,۹۷)	۲۹,۹	(۰,۳۴)	۱۳۰,۲	(۱,۳۶)	۹۴,۵	(۰,۵۰)	۴۳,۷	(۰,۵)	۳۵۰,۹	(۵,۰)	۳۰۷,۵	(۰,۱)	۵۵۸,۴	(۰,۱)
آلو و گوجه	۹۷,۲۳	(۲,۷۶)	۱۹۸,۲	(۰,۳۷)	۱۸۲,۵	(۱,۳۵)	–	–	۱۷,۹۱	(۰,۵)	۱۹۰,۰	(۵,۰)	۱۴۸,۷	(۰,۲)	۷۴۴,۲	(۰,۱)
زردآلو	۴۳,۰۸	(۴,۲)	۱۷۰,۹	(۱,۷۲)	۲۵۵,۰	(۱,۱۴)	۳۴,۷	(۰,۵۹)	–	–	۳۳,۲۵	(۵,۰)	۳۱,۹۴	(۰,۱)	۶۹,۹۲	(۰,۱)
گردو	۳۴,۷	(۰,۶)	۱۶۰,۱۹	۰,۷۵	۵۴۱,۴	۰,۶۳	۳۴,۸	(۰,۵۷)	۴۴,۸	(۰,۴)	۲۵,۰	۰,۲	۵۴,۹	(۰,۱)	۱۲۴,۸۴	(۰,۱)
بادام	۲۰,۲	(۱,۰۱)	۵۴,۶	(۰,۶۳)	۱۴۴,۳	۰,۹۱	۷۷,۴	(۰,۷۳)	۳۴,۷	(۰,۶)	۱۴,۵	(۲,۸)	۳۱,۹۲	(۰,۲)	۲۹,۹۶	(۰,۱)

سایر باغ‌های میوه	۳۳,۴	(۱,۸)	۱۰,۹۲	(۰,۷۱)	۲۰۶,۲	(۱,۸۱)	–	–	۹,۹۶	(۰,۴)	۲۴,۳	(۲,۶)	۲۴,۹۶	(۰,۱)	۱۱۹,۸۱	(۰,۱)
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۵۳,۲	۴۵,۹۱	۴۹۷,۳۴	(۰,۱)	۸۷۸,۱۲	(۰,۱)

جدول ۱۸. تأثیر اجرای سناریوی افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۵٪ بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۶۳۸/۹	۸/۲	۰/۱۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۵۸۴/۱۴	۵/۱۳	۰/۰۰۳
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۷۴۷/۰۶	-۲۹۷/۲۴	-۲۸

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

در این سناریو نیز به دلیل محدودسازی کل سطح زیرکشت الگو به مقدار موجود آن در سال پایه، در نتیجه افزایش راندمان آبیاری کل سطح زیرکشت افزایش نیافته، اما ترکیب کشت‌های موجود تغییر یافته است. با این حال، اثر اجرای این سیاست بر حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب ۸/۲ میلیارد ریال و ۵/۱۳ نفر-سال افزایش است که در مقایسه با مقادیر متناظر پایه اختلاف چندانی ندارد. نتیجه اجرای این سیاست بر میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی حدود ۲۸٪ کاهش است. به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۱۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۲۸٪ (۲۹۷/۲ میلیون مترمکعب) مصرف آب در بخش کشاورزی وجود دارد.

راهکار سوم: محدودسازی کشت برخی محصولات آب‌بر

تأثیر سیاست محدودسازی برخی محصولات پر مصرف به لحاظ نیاز آبی در ۲ سناریوی الف) محدودسازی کشت یونجه به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی، و ب) محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی بررسی و نتایج آن در جداول ۱۹ الی ۲۲ گزارش شده است.

سناریوی اول: محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به ۵۰٪ مقدار آن در شرایط فعلی

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از سیاست محدودسازی کشت یونجه به مقدار ۵۰٪ سطح موجود در منطقه میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف این محدوده در جداول ۱۹ و ۲۰ گزارش شده است. با کاهش سطح زیرکشت یونجه، سطح زیرکشت سایر محصولات

تقریبا در همه زون‌ها افزایش یافته و این افزایش بیشتر متوجه محصولاتی نظیر غلات، چغندرقند و محصولات باغی است.

جدول ۱۹. نتایج اجرای سیاست کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت یونجه (هکتار) بر الگوی کشت منطقه میاندوآب (منبع داده‌ها: ستاد احیا)

محدوده مطالعاتی	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۱۱۵۵٫۶	۳۱٫۲	۵۳۱٫۶	۱۱٫۹	۵۴٫۳	(۹٫۴)	۴۷۰۹٫۲	۲٫۰۱	۱۱۶۳٫۷	۳٫۶	۵۸۲۳٫۷	۱۲٫۱۸	۴۵۴۳٫۴	۴٫۰۶	۸۷۲۹٫۹۱	۳٫۱
جو	۴۷۰٫۹	۳۱٫۵	۲۰۸٫۵	۱۲٫۷	۹٫۷	(۱۱٫۸)	۹۰۱٫۱	۲٫۶	۱۶۹٫۶	۴٫۷	۱۰۷۴٫۹	۴٫۸	۱۹۹۱٫۲	۶٫۰۲	۲۲۱۲٫۱	۴٫۲
یونجه	۸۲۵٫۰	(۵۰٫۰)	۱۶۵٫۰	(۵۰٫۰)	۳۹٫۰	(۵۰٫۰)	۳۹۵٫۰	(۵۰٫۰)	۱۹۶٫۰	(۵۰٫۰)	۱۰۹۰٫۵	(۵۰٫۰)	۸۹۰٫۵	(۵۰٫۰)	۲۶۸۱٫۰	(۵۰٫۰)
چغندرقند	۸۵٫۳	۲۱٫۹	۲۳٫۷	۳٫۱	–	–	۱۹۸۸٫۶	۳٫۹	۲۶۸٫۲	۷٫۲	۲۶۶۱٫۲	۸٫۴	۹۰۰٫۵	۷٫۲	۷۵۱٫۶	۴٫۸
گوجه فرنگی	۳۸٫۰	۱۸٫۸	۹٫۷	(۲٫۹۸)	۲۴٫۶	۲٫۷	۱۴٫۳	(۴٫۱)	۲۷٫۶	۱۵٫۱	۳۵۲٫۱	۲٫۶	۵۸٫۵	۱۲٫۶	۲۴۷۴٫۱	۹٫۴
پیاز	۶۳٫۱	۱۶٫۹	۲۱٫۱	۰٫۵	۱۴٫۱	۰٫۷	–	–	۲۹٫۹	۶٫۹	۲۰۹٫۴	۲٫۲	۴۲٫۸	۴٫۴	۵۵۸٫۵	۵٫۱
جالیز	۳۲٫۶	۲۰٫۶	۶۵٫۳	(۲٫۵)	۹٫۸	(۲٫۰۱)	۳۹٫۲	۶٫۰۶	۷۹٫۷	۱۵٫۵	۲۲۲٫۸	(۳٫۹)	۲۴۱٫۹	۱۲٫۰۱	۵۷۴٫۴	۹٫۶
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۲۰٫۳	۱٫۳	۲۰٫۵	۲٫۸	۴۳۰٫۳	۱۸٫۲	۲۹۵٫۶	۲٫۶۴	–	–
لوبیا	–	–	–	–	۹٫۷	(۲٫۱)	۲۹۳٫۰	۴٫۶	–	–	۲۶۵٫۷	۲٫۶	–	–	۴۲۹٫۰	۷٫۲
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۵٫۱	۰٫۸	–	–	۱۵٫۵	۳٫۶	–	–	۱۳۱٫۶	۱٫۲
سیب درختی	۱۳۳۳٫۶	۱۵٫۷	۴۲۲۶٫۲	۱٫۱۵	۴۸۱۷٫۳	۱٫۲	۲۳۳٫۱	۳٫۱	۱۳۵٫۸	۶٫۹	۱۵۶۱٫۷	۳٫۵	۱۶۵۰٫۹	۶٫۸	۲۸۹۴٫۲	۵٫۰
انگور	۳۵٫۱	۱۷٫۱	۳۶۶۶٫۰	(۰٫۱۳)	۳۲۷۹٫۸	(۰٫۴)	۱۰۲٫۴	۵٫۶	۶٫۵	۸٫۸	۱۷۹٫۷	(۰٫۶۸)	۴۵۱٫۴	۹٫۸	۳۸۳۶٫۰	۶٫۸
هلو، شلیل	۳۲٫۸	۹٫۴	۳۰٫۲	۰٫۸۴	۱۳۱٫۰	(۰٫۷)	۹۷٫۷	۲٫۸	۴۶٫۸	۶٫۵	۳۷۱٫۰	۰٫۵	۳۲۶٫۰	۵٫۸	۵۸۱٫۳	۳٫۹
آلو و گوجه	۱۱۰٫۴	۱۰٫۴	۲۰۱٫۱	۱٫۰۹	۱۸۳٫۷	(۰٫۷)	–	–	۱۹٫۰	۵٫۸	۱۹۹٫۴	(۰٫۲۶)	۱۵۸٫۳	۶٫۲	۷۷۳٫۹	۳٫۸
زردآلو	۵۰٫۷	۱۲٫۷	۱۷۲٫۲	(۱٫۰۱)	۲۵۶٫۵	(۰٫۵۵)	۳۶٫۱	۳٫۳	–	–	۳۵٫۰	۰٫۱۲	۳۳٫۹	۵٫۹	۷۲٫۹	۴٫۱
گردو	۳۹٫۲	۱۲٫۰	۱۶۱٫۵	۱٫۵۹	۵۴۲٫۲	۰٫۷۸	۳۶٫۱	۳٫۲	۴۷٫۱	۴٫۷	۲۶٫۷	۶٫۸	۵۷٫۹	۵٫۳	۱۳۰٫۹	۴٫۷
بادام	۲۴٫۶	۲۳٫۰	۵۵٫۴	۰٫۷۶	۱۴۴٫۶	۱٫۱۳	۸۱٫۳	۴٫۲	۳۷٫۵	۷٫۲	۱۵٫۵	۳٫۶	۳۴٫۷	۸٫۵	۳۱٫۴	۴٫۸

سایر باغ‌های میوه	۳۸,۰	۱۱,۸	۱۱,۰	۰,۱۸	۲۰۸,۱	(۰,۸۶)	–	–	۱۰,۴	۴,۶	۲۵,۵	۱,۸	۲۶,۲	۵,۱	۱۲۶,۹	۵,۸
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۷۱,۷	۶۳,۶	۵۲۲,۵	۴,۹	۹۱۱,۹	۳,۷

جدول ۲۰. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت یونجه بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۵۱۶/۴	-۱۱۴/۳	-۲/۲۰
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۵۹۰/۸۹	۱۱/۸۹	۰/۰۸۲
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۹۸۱/۹	-۶۲/۴	-۵/۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

در مجموع، در این سناریو (کاهش ۵۰ درصدی سطح بونجه نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان به میزان ۱۱۴/۲میلیارد ریال کاهش (۲/۲ درصد نسبت به سال پایه) و میزان اشتغال اندکی (۰/۰۸ درصد) افزایش یافته است، هر چند که میزان این افزایش بسیار ناچیز است. با این حال نتایج نشان می‌دهد با کاهش ۵۰ درصدی سطح زیرکشت یونجه در منطقه میاندوآب، میزان ۶۲/۴ میلیون مترمکعب آب در بخش کشاورزی قابل صرفه‌جویی است که سهمی معادل ۵٪ از کل میزان مصرف آب در شرایط فعلی را تشکیل می‌دهد. چنانچه مقدار کاهش سودناخالص (۱۱۴/۳ میلیارد ریال) به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت حدود ۸۹۲/۵ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه‌جوییشده حدود ۱۸۳۱/۷ ریال برآورد می‌شود.

سناریوی دوم: محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند به ۵۰٪ مقدار آن در شرایط فعلی

نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از سیاست محدودسازی کشت چغندرقند به مقدار ۵۰٪ سطح موجود در منطقه میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف این محدوده در جداول ۲۱ و ۲۲ گزارش شده است.

جدول ۲۱. نتایج اجرای کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت چغندر قند بر الگوی کشت منطقه میاندوآب (منبع داده‌ها: ستاد احیا)

محدوده مطالعاتی	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۸۷۵٫۸	(۰٫۶)	۴۷۵٫۲	۰٫۰۵	۵۹٫۹۹	(۰٫۰۰۱)	۴۹۸۶٫۵	۸٫۰۲	۱۱۲۱٫۷	(۰٫۱۱)	۵۳۲۲٫۸	۲٫۵۴	۴۳۴۹٫۹	(۰٫۳۶)	۸۴۹۴٫۲	۳۲.
جو	۳۵۵٫۵	(۰٫۷)	۱۸۴٫۷	(۰٫۱۳)	۱۱٫۰	(۰٫۰۰۱)	۹۵۵٫۸	۸٫۸	۱۵۹٫۴	(۱٫۵۸)	۹۵۷٫۰	(۶٫۶)	۱۸۶۷٫۷	۰٫۵۴) (	۲۱۳۰٫۴	۴۴.
یونجه	۱۶۶۳٫۳	۰٫۸	۳۳۲٫۶	۰٫۸	۷۸٫۰	۰٫۰۰۱	۹۳۳٫۱	۱۸٫۱۱	۴۲۲٫۳	۷٫۷۱	۳۰۰۶٫۸	۳۷٫۸	۱۸۸۳٫۸	۵٫۷	۵۴۱۷٫۴	۱٫۰۳
چغندرقند	۳۵٫۰	(۵۰٫۰)	۱۱٫۵	(۵۰٫۰)	–	–	۹۵۷٫۰	(۵۰٫۰)	۱۲۵٫۰	(۵۰٫۰)	۱۲۲۷٫۵	(۵۰٫۰)	۴۲۰٫۰	۵۰٫۰) (	۳۵۸٫۵	(۵۰٫۰)
گوجه فرنگی	۳۲٫۹	۳٫۰۴	۱۰٫۰	۰٫۰۲	۲۴٫۰	۰٫۰۰۱	۲۲٫۱	۴۷٫۷	۳۴٫۶	۴۴٫۴	۳۸۰٫۸	۱۱٫۰۲	۶۲٫۱	۱۹٫۴۴	۲۳۳۲٫۷	۳٫۲
پیاز	۵۵٫۴	۲٫۶۶	۲۱٫۰	۰٫۱	۱۴٫۰	۰٫۰۰۱	-	–	۳۳٫۷	۲۰٫۴	۲۱۸٫۹	۶٫۸	۴۳٫۶	۶٫۴	۵۴۰٫۳	۱٫۷
جالیز	۲۷٫۹	۳٫۵۲	۶۶٫۹	(۰٫۵)	۱۰٫۰	(۰٫۰۰۱)	۵۹٫۲	۶۰٫۲	۹۸٫۹	۴۳٫۴	۲۴۱٫۱	۳٫۹	۲۵۳٫۵	۱۷٫۳۵	۵۴۰٫۲	۳٫۰۸
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۲۱٫۳	۶٫۸۵	۲۰٫۵	۲٫۷۸	۴۰۷٫۶	۱۱٫۹	۲۹۰٫۶	۰٫۹۲	–	–
لوبیا	–	–	–	–	۱۰٫۰	(۰٫۰۰۱)	۴۰۲٫۶	۴۳٫۸	–	–	۲۷۸٫۹	۷٫۷	–	–	۴۰۹٫۲	۲٫۲۸
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	–	۱۵٫۴	۲٫۶۵	–	–	۱۵٫۰	۰٫۴۵	–	–	۱۳۰٫۲	۰٫۱۵
سیب درختی	۱۱۷۳٫۳	۱٫۸	۴۱۸۳٫۶	۰٫۱۳	۴۷۵۹,	۰٫۰۰۱	۲۹۸٫۳	۳۱٫۹	۱۵۱٫۶	۱۹٫۴۳	۱۶۲۸٫۱	۷٫۹	۱۷۰۱٫۴	۱۰٫۱۲	۲۸۰۱٫۹	۱٫۶۶
انگور	۳۰٫۸	۲٫۷	۳۶۷۳٫۷	۰٫۰۷	۳۲۹۲٫۹	(۰٫۰۰۱)	۱۵۲٫۱	۵۶٫۸	۷٫۴	۲۴٫۵	۱۹۱٫۲	۵٫۶	۴۷۱٫۸	۱۴٫۸	۳۶۷۲٫۹	۲٫۲۸
هلو، شلیل	۳۰٫۴	۱٫۴	۳۰٫۰	۰٫۰۴	۱۳۲٫۰	(۰٫۰۰۱)	۱۲۲٫۶	۲۹٫۱	۵۲٫۱	۱۸٫۶	۳۸۶٫۰	۴٫۶	۳۳۴٫۷	۸٫۶	۵۶۶٫۴	۱٫۳۲
آلو و گوجه	۱۰۱٫۲	۱٫۳	۱۹۹٫۱	۰٫۰۵	۱۸۵٫۰	(۰٫۰۰۱)	–	–	۲۰٫۹	۱۶٫۴	۲۰۸٫۰	۴٫۰۱	۱۶۲٫۸	۹٫۳	۷۵۴٫۶	۱٫۳
زردآلو	۴۵٫۸	۱٫۸	۱۷۴٫۰	۰٫۰۳	۲۵۸٫۰	(۰٫۰۰۱)	۴۷٫۰	۳۴٫۳۶	–	–	۳۶٫۶	۴٫۵۶	۳۴٫۸	۸٫۹	۷۰٫۹	۱٫۴
گردو	۳۵٫۴	۱٫۳	۱۵۹٫۲	۰٫۱۲	۵۳۸٫۰	۰٫۰۰۱	۴۶٫۶	۳۳٫۲۵	۵۰٫۹	۱۳٫۲۳	۲۷٫۶	۱۰٫۵۳	۵۹٫۳	۷٫۸	۱۲۶٫۹	۱٫۶
بادام	۲۰٫۴	۲٫۰۵	۵۵٫۰	۰٫۰۸	۱۴۳٫۰	۰٫۰۰۱	۱۱۰٫۸	۴۲٫۰۴	۴۲٫۰	۲۰٫۰۷	۱۶٫۱	۷٫۶۸	۳۵٫۹	۱۲٫۳	۳۰٫۴	۱٫۶

سایر باغ‌های میوه	۳۴,۴	۱,۲۳	۱۱,۰	۰,۰۲	۲۱۰,۰	(۰,۰۰۱)	–	–	۱۱,۳	۱۲,۷	۲۶,۱	۴,۴۶	۲۶,۸	۷,۴	۱۲۲,۳	۱,۹
درختان غیرمثمر	–	–	–			–	–	–	–	–	۱۵۶,۳	۴۸,۸۶	۵۱۷,۷	۳,۹	۸۸۷,۰	۰,۹

نتایج الگو نشان می‌دهد با کاهش و محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند در محدوده مطالعاتی میاندوآب به نصف مقدار آن در سال پایه، حاشیه ناخالص کشاورزان مشابه سناریوی کاهش و محدودسازی سطح کشت یونجه به میزان ۱۱۲/۸میلیارد ریال کاهش یافته (۲ درصد نسبت به سال پایه)، اما بر خلاف سناریوی قبلی در این سناریو میزان اشتغال اندکی (۰/۱۶ درصد) کاهش یافته است. بر اساس نتایج الگو، در این حالت صرفاً امکان کاهش یا صرفهجویی آب به مقدار ۶/۵ میلیون مترمکعب آب (۰/۶ درصد) وجود دارد. چنانچه مقدار کاهش سود ناخالص (۱۱۲/۸ میلیارد ریال) به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت در منطقه مطالعات حدود ۸۸۰/۷ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفهجویی شده حدود ۱۷۳۵۳/۸ریال برآورد می‌شود. با توجه به ارقام هزینه‌های اقتصادی (فرصت کشت از دسترفته) و مقادیر آب صرفهجوییشده در دو سناریوی کاهش سطح زیرکشت یونجه و چغندر قند به نصف مقدار آنها در شرایط پایه، ملاحظه می‌شود که محدودسازی کشت یونجه در منطقه میتواند راهکار موثر و کم هزینه-تری نسبت به محدودسازی سطح کشت چغندرقند در الگوی کشت در راستای صرفه جویی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی باشد.

جدول ۲۲. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت چغندرقند بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه (۱۳۹۵)	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۵۱۷/۹	-۱۱۲/۸	-۲/۰۰۳
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۳۴۰/۸۵	-۲۳۸/۱۵	-۰/۱۶
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۱۰۳۷/۸	-۶/۵	-۰/۶

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

۵-۱۲ پیشنهاد شرایط بهینه تولید کشاورزی، تخصیص و مصرف آب در سناریوهای مختلف

یکی از راهکارهای ارائه‌شده توسط ستاد احیای دریاچه ارومیه، کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب به منظور افزایش رهاسازی آب برای تامین نیاز زیست‌محیطی دریاچه ارومیه است. در جدول ۲۳ میزان آب خروجی از محدوده مطالعاتی میاندوآب را طی سناریوهای مختلف و به تفکیک از دو خروجی رودخانه-های زرینه‌رود و سیمینه‌رود به دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. با افزایش در تقاضای نیاز زیست‌محیطی حوضه و با فرض ثبات سهم بخش‌های شرب و صنعت همانند شرایط پایه، کاهش سطح تخصیص آب به بخش کشاورزی تحمیل خواهد شد. پیامد این امر برای بخش کشاورزی شامل کاهش برداشت آب، افزایش کمیابی آب و لذا افزایش ارزش آب کشاورزی و در سطح کل محدوده، کاهش منافع خالص ارزیابی شده است.

جدول ۲۳. میزان آب ورودی به دریاچه ارومیه از محدوده مطالعاتی میاندوآب طی اجرای سناریو های افزایش حقابه زیست محیطی (میلیون مترمکعب) (یافته‌های پژوهش)

حجم آب خروجی	شرایط پایه	سناریو ۴۰ درصد
سیمینه‌رود	۳۷۲/۹	۵۲۲/۰۶
زرینه‌رود	۵۱/۵۷	۷۲/۲۰
کل آب خروجی	۴۲۴/۴۷	۵۹۴/۲۶

نتایج الگو برای متغیرهای مقدار برداشت آب و مازاد اقتصادی حاصل از آن در هر گروه مصرف و درصد تغییرات آنها نسبت به دوره پایه تحت اجرای سیاست فوق در جدول ۲۴ ارائه شده است. با توجه به فرض ثبات سهم تخصیص آب در بخش‌های شرب و صنعت مقادیر تخصیص یافته به این دو بخش بدون تغییر و در مقابل برداشت بخش کشاورزی کاهش یافته است. مازاد اقتصادی مصرف آب در سطح محدوده با اجرای سیاست فوق در سناریوی ۴۰ درصد افزایش حقابه زیست‌محیطی حدود ۱۰/۳ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش یافته است. به بیان دیگر کل ضرر اجتماعی ناشی از اجرای سیاست فوق حدود ۳۲۷۶ میلیارد ریال می‌باشد، که از مازاد اجتماعی بخش کشاورزی کاسته می‌شود و دولت باید این میزان را برای کشاورزان منطقه جبران نماید. جدول ۲۴ نتایج تخصیص آب بخش کشاورزی را به تفکیک بازه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد.

جدول ۲۴. آثار اقتصادی راهکارهای مختلف پیشنهادی برای تامین حقابه زیست محیطی دریاچه ارومیه (یافته‌های پژوهش)

راهکارهای پیشنهادی برای تامین حقابه زیست محیطی دریاچه	تخصیص آب (میلیون مترمکعب)		مازاد اقتصادی (میلیارد ریال)	
	مقدار	درصد تغییر	مقدار	درصد تغییر
شرایط پایه	۱۰۰۳/۷	۰	۳۱۷۴۶	۰
سیاست ۱: کاهش دستوری تخصیص آب	۸۳۹/۲	-۱۹/۰۷	۲۸۴۷۰	-۱۰/۳
سیاست ۲: افزایش ۱۵٪ راندمان آبیاری	۸۰۲/۲	-۲۰/۰۷	۳۱۷۰۱	-۰/۱۴
سیاست ۳: افزایش قیمت آب به میزان ۵۰٪	۹۲۹/۴	-۷/۴	۳۰۳۱۷/۴	-۴/۵

۵-۱۳ ارزیابی آثار اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی الگوی پیشنهادی (بهینه) در سطح حوضه آبریز

نتایج بخش‌های پیشین (۵-۱۰ الی ۵-۱۲) نشان می‌دهد چنانچه افزایش ۴۰ درصدی حقابه‌های زیست محیطی دریاچه ارومیه از طریق کاهش دستوری تخصیص آب به بخش کشاورزی اجرایی شود، این موضوع مستلزم کاهش حدود ۱۹٪ برداشت منابع آب توسط بخش کشاورزی حوضه خواهد بود که زیان رفاهی ناشی از آن بر بخش کشاورزی حدود ۳۲۷۶ میلیارد ریال (۱۰/۳- درصد) خواهد بود. مشاهده می‌شود که تناسب یک به یکی بین مقدار کاهش مقدار تخصیص به بخش کشاورزی و مقدار مازاد اقتصادی از دست رفته این بخش وجود ندارد بلکه مقدار زیان رفاهی به مراتب کمتر از مقدار کاهش در تخصیص آب به این بخش است. دلیل این موضوع، افزایش کمیابی منابع آب در بخش کشاورزی تحت این سناریو و در نتیجه تخصیص بهینه‌تر آب موجود بین کشت‌های با ارزش افزوده بالاتر توسط کشاورزان است. بر این اساس، تقریبا می توان گفت که به ازای هر یک درصد کاهش در مقدار تخصیص به بخش کشاورزی زیان رفاهی آن حدود ۰/۵ درصد کل مازاد اقتصادی ناش از مصرف آب در این بخش است. مقایسه نتایج این سناریو، با سیاست افزایش راندمان آبیاری در سطح دشت میاندوآب به میزان ۱۵ درصد نشان می‌دهد که سیاست افزایش راندمان آبیاری در سطح حوضه از دیدگاه ملاحظات اقتصادی سیاست کاراتری است چرا که مشاهده می‌شود، با افزایش ۱۵ درصد راندمان آبیاری امکان صرفه جویی ۲۰ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی با زیان اقتصادی ناجیزی امکان پذیر است به طوری که زیان رفاهی کشاورزان حوضه در این سیاست تنها ۰/۱۴ درصد بدست آمده است که تقریبا می‌توان گفت بدون تغییر نسبت به شرایط پایه است. بر این اساس، بدون از دست رفتن مازاد اقتصادی بخش کشاورزی سیاست افزایش راندمان آبیاری به میزان ۱۵ درصد قادر است حدود ۲۰ درصد کاهش مصرف در بخش

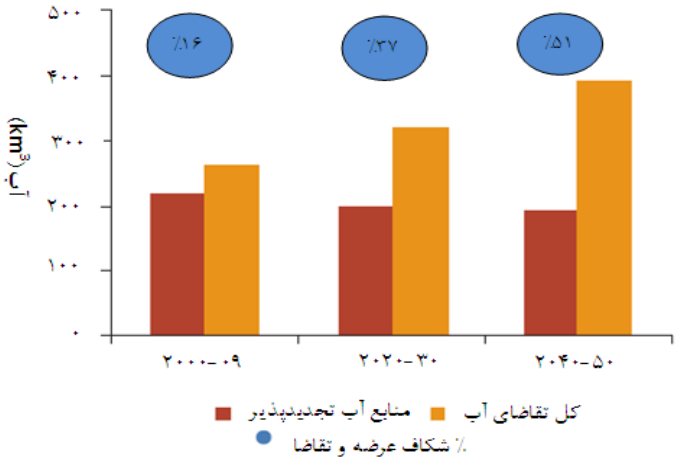
کشاورزی ایجاد نماید. در واقع نتایج این سیاست نشان می‌دهد که کاهش ۲۰ درصدی برداشت آب در بخش کشاورزی دشت میاندوآب در این حالت تنها ۴۵ میلیارد ریال بوده در حالی که همین میزان کاهش برداشت در بخش کشاورزی از طریق سیاست‌های دستوری کنترل عرضه ۳۲۷۶ میلیارد ریال می‌باشد. البته در تحلیل نتایج سناریوی افزایش راندمان آبیاری باید به دو نکته توجه شود. اول، این که در این سناریو فرض شده است که آب صرفه‌جویی شده صرف توسعه مجدد کشت نخواهد شد. این امر در عمل کمتر اتفاق می‌افتد و علی رغم اینکه بخش زیادی از هزینه‌های تغییر روش آبیاری سنتی به آبیاری نوین توسط دولت به عنوان کمک بلاعوض پرداخت می‌شود، لکن از کشاورزان تعهدی بابت انجام مسئولیت اجتماعی خود مبنی بر پس انداز و کاهش مصرف آب اخذ نمی‌شود. در این شرایط نتیجه افزایش راندمان آبیاری آنگونه که مورد نظر سیاست‌گذار از پرداخت یارانه برای سرمایه‌گذاری بر روی سیستم‌های نوین آبیاری است، به صرفه جویی آب منجر نخواهد شد. نکته دوم که باید در نظر گرفته شود، این است که افزایش راندمان آبیاری یک راهکار تطبیق دارای هزینه است. به عبارت دیگر، توسعه سامانه‌های نوین آبیاری مستلزم صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری و نگهداری است که این امر باید در مقایسه هزینه‌ها و منافع هر یک از راهکارهای مورد بررسی در نظر گرفته شود.

نتایج سناریو افزایش قیمت آب نیز نشان می‌دهد که این سیاست اگر چه قادر به کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی است لکن حساسیت کشاورزان به تغییر قیمت خیلی معنی‌دار نیست به طوری که با افزایش ۵۰ درصدی در قیمت آب تحویلی به کشاورز، مقدار مصرف آب تنها ۷/۴ درصد کاهش می‌یابد. چنانچه فرض شود، این رابطه به صورت خطی برای مقادیر بالاتر از قیمت آب نیز صادق باشد، ملاحظه می‌شود که برای کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب در بخش از طریق سیاست قیمت‌گذاری آب، شاید لازم باشد که قیمت آب در بخش کشاورزی دشت میاندوآب بیش از ۱۵۰ درصد افزایش یابد. با توجه به ملاحظات سیاست عمومی و مقاومت‌های سیاسی در برابر افزایش قیمت آب در بخش کشاورزی به نظر می‌رسد، اجرای این سیاست کار چندان آسان و سهل‌الوصولی نخواهد بود.

۵-۱۴ ارزیابی منافع و هزینه‌های اجرای الگوی بهینه پیشنهادی

در خصوص توجه به اصل منافع و هزینه نهایی در بازیابی حقابه‌های زیست محیطی دریاچه ارومیه، نگاهی به مطالعه بانک جهانی (۲۰۱۲) که در آن به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب کشورهای منطقه منا (خاورمیانه و شمال آفریقا) و شناسایی گزینه‌هایی برای سازگاری مدیریت این منابع تحت شرایط افزایش تقاضا برای آب در آینده پرداخته شده است، بسیار آموزنده است. در این گزارش بیان شده است که کشورهای منطقه منا در آینده (نیمه قرن حاضر) به دلیل واگرایی عرضه و تقاضای آب از یکدیگر با

کمبود جدی منابع آب داخلی و خارجی روبرو خواهند شد. در این گزارش پیش‌بینی شده است در کل منطقه منا تقاضا برای آب تا دهه ۳۰-۲۰۲۰ به میزان ۲۵٪ و تا دهه ۵۰-۲۰۴۰ به میزان ۶۰٪ افزایش یابد، در حالی که در همین دوره میزان عرضه آب به میزان ۱۰٪ کاهش خواهد یافت. پیامد این امر افزایش شکاف تقاضا و عرضه آب (تقاضای بدون پاسخ) از ۱۶٪ تقاضای فعلی به ۳۷٪ در دوره ۳۰-۲۰۲۰ و ۵۱٪ (معادل ۲۰۰ میلیارد مترمکعب) در دوره ۵۰-۲۰۴۰ خواهد بود (شکل ۸). با این حال حدود ۱۶ درصد از این کمبود به تغییر اقلیم نسبت داده شده و مابقی آن ناشی از روندهای اقتصادی-اجتماعی، رشد جمعیت و توسعه اقتصادی است.



شکل ۸. کل منابع آب تجدید پذیر در مقایسه با کل تقاضای آب در منطقه منا (کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا) تا سال ۲۰۵۰ (بانک جهانی، ۲۰۱۲)

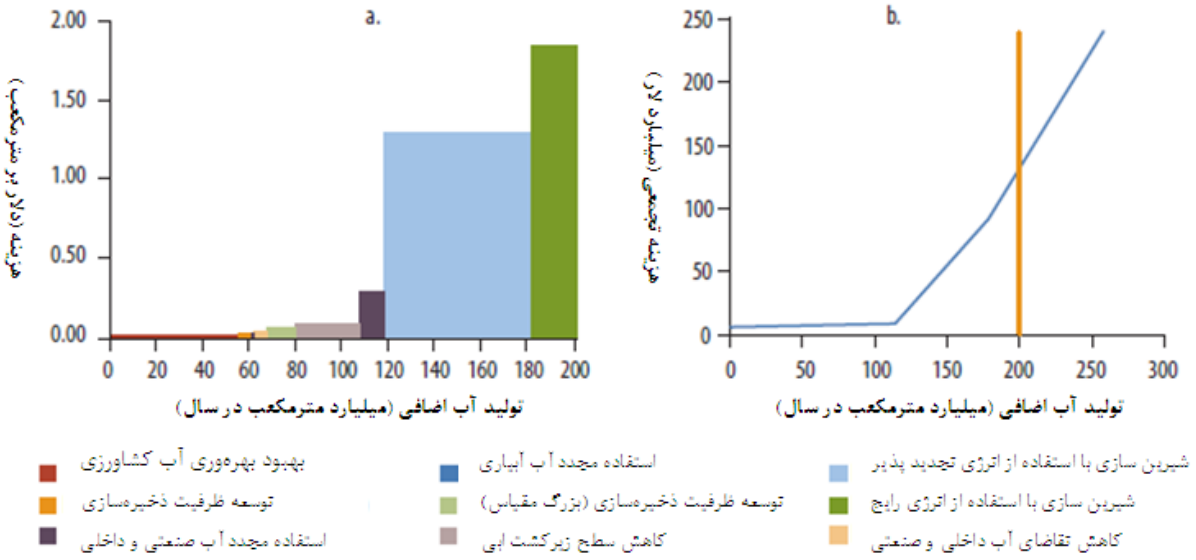
در این گزارش همچنین بیان شده است که عوامل مختلفی باید در انتخاب ترکیب بهینه راهبردهای سازگاری به این شرایط و کاهش شکاف عرضه و تقاضا برای آب با توجه به شرایط خاص و بسته به گزینه‌های سیاسی، اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی در نظر گرفته شوند. یکی از مهمترین ابزارها برای شناسایی ترکیب بهینه گزینه‌های فنی مطرح در خصوص کاهش شکاف عرضه و تقاضا، منحنی‌های هزینه نهایی اقتصادی آب هستند که با استفاده از آنها می‌توان پتانسیل و هزینه-اثربخشی گزینه‌های مختلف سازگاری را با هم مورد مقایسه قرار داد. این منحنی‌ها، رابطه بین مقدار عرضه آب و هزینه نهایی هر مترمکعب آب را نشان می‌دهند. در گزارش بانک جهانی (۲۰۱۲)، ۹ گزینه برای سازگاری به کمیابی منابع آب در منطقه منا مورد بررسی قرار گرفته (جدول ۲۵) و با ارزیابی هزینه هر یک از آنها، منحنی هزینه نهایی آب برای این منطقه تا افق ۲۰۳۰ ترسیم شده است (شکل ۹). هزینهٔ هر گزینهٔ سازگاری در واقع نشان‌دهنده بزرگی نیازهای مالی نسبی آن گزینه است. همانطور که در این شکل

ملاحظه می‌شود، هزینه شیرین‌سازی آب (۱/۸۵ دلار بر هر مترمکعب) به طور قابل ملاحظه‌ای از هزینهٔ اجزای گزینه‌های ذخیره‌سازی آب (کوچک مقیاس حدود ۰/۰۳ دلار بر مترمکعب و بزرگ مقیاس ۰/۰۵ دلار بر مترمکعب) که خود در مقایسه با گزینه‌های بهبود بهره‌وری آب دارای هزینه بیشتری می‌باشد، بالاتر است. بر این اساس، کم‌هزینه‌ترین راهکار سازگاری برای کاهش شکاف عرضه و تقاضا در این منطقه سرمایه‌گذاری بر روی فعالیت‌هایی است که بتواند بهره‌وری استفاده از منابع آب را بویژه در بخش کشاورزی افزایش دهد.

جدول ۲۵. هزینه معیارهای مختلف سازگاری در بخش آب در منطقه منا

گزینه‌های سازگاری	هزینه سازگاری	
	(US $/$m^3$)	(ریال/m^3)*
بهبود بهره‌وری کشاورزی	۰/۰۲	۷۰۰
توسعه ظرفیت ذخیره‌سازی (کوچک مقیاس)	۰/۰۳	۱۰۵۰
استفاده مجدد از آب مصرفی در صنایع و شهری	۰/۰۳	۱۰۵۰
استفاده مجدد از پساب آبیاری	۰/۰۴	۱۴۰۰
توسعه ظرفیت ذخیره‌سازی (بزرگ مقیاس)	۰/۰۵	۱۷۵۰
کاهش سطح زیرکشت آبی	۰/۱۰	۳۵۰۰
شیرین‌سازی آب با استفاده از انرژی تجدیدپذیر	۱/۳۰	۴۴۵۰۰
شیرین سازی آب با استفاده از انرژی‌های رایج	۱/۸۵	۶۴۷۵۰
کاهش تقاضای آب در بخش صنعت و شهری	۲/۰۰	۷۰۰۰۰

مأخذ: بانک جهانی، ۲۰۱۲ * با احتساب هر دلار آمریکا معادل با ۳۵۰۰۰ ریال ایران



شکل ۹. منحنی هزینه نهایی تامین آب برای منطقه منا (بانک جهانی، ۲۰۱۲)

منحنی هزینه نهایی آب در شکل ۹، دامنه انتخاب‌های منطقه منا را برای پر کردن شکاف بین عرضه و تقاضای آب تا افق ۵۰-۲۰۴۰ نشان می‌دهد. چنانچه ارزان‌ترین گزینه‌ها (بر اساس اصل هزینه-اثربخشی) برای پر کردن این شکاف (۱۹۹ میلیارد مترمکعب) انتخاب شود، اولویت با گزینه بهبود بهره‌وری آب در بخش کشاورزی است که امکان عرضهٔ حدود ۵۵ میلیارد مترمکعب آب اضافی از طریق صرفه‌جویی در این بخش و با هزینه حدود ۰/۰۲ دلار وجود دارد. به عبارت دیگر، با بهبود بهره‌وری استفاده از آب در بخش کشاورزی امکان کاهش ۲۵ درصد از کل شکاف عرضه و تقاضا با هزینه پایین وجود دارد. توسعه ظرفیت ذخیره‌سازی کوچک مقیاس با هزینه ۰/۰۳ دلار بر هر مترمکعب آب دومین گزینه‌ای است که باید برای پر کردن این شکاف مورد توجه قرار گیرد. از طریق این گزینه امکان تامین حدود ۱۲ میلیارد متر مکعب آب بیشتر (حدود ۶ درصد کل شکاف عرضه و تقاضا) وجود دارد. به لحاظ هزینه پس از این دو گزینه، استفاده مجدد از پساب‌های صنعتی و شهری و پساب‌های آبیاری به ترتیب با هزینه ۰/۰۳ و ۰/۰۴ دلار بر مترمکعب قرار دارند. در طرف مقابل، کاهش تقاضای آب در بخش صنعت و شهری و همچنین شیرین‌سازی آب گران‌ترین گزینه‌های ممکن برای پر کردن شکاف عرضه و تقاضای آب برای کشورهای منا در افق ۲۰۵۰ مطرح هستند به طوری که هزینه آن برای هر مترمکعب در گزینه کاهش تقاضای آب در بخش صنعت و شهری حدود ۲ دلار بر مترمکعب و در گزینه‌های شیرین‌سازی آب با استفاده از انرژی‌های رایج و تجدیدپذیر به ترتیب ۱/۸۵ و ۱/۳۰ دلار بر مترمکعب برآورد شده است. بنابراین چنانچه ارزانترین گزینه‌ها برای پر کردن شکاف عرضه و تقاضا انتخاب شود، هزینه کل

سالانه لازم برای آن در حدود ۱۰۴ میلیارد دلار برآورد شده است که این رقم چیزی در حدود ۰/۵۴ درصد از کل GDP این کشورها را شامل می‌شود.

لازم به توضیح است که هر دو بخش a و b شکل ۹ یک چیز را نشان می‌دهند و آن هزینه نهایی تامین آب برای پرکردن شکاف عرضه و تقاضا تا افق ۲۰۵۰ می‌باشد با این تفاوت که بخش a، شکل هیستوگرامی تابع عرضه یا همان منحنی هزینه نهایی است در حالی که قسمت b آن شکل خطی پیوسته آن را نشان می‌دهد که خود از برازش بر روی نقاط میانگین هزینه تامین آب گزینه‌های مختلف در قسمت a بدست آمده است. بر این اساس، متوسط هزینه سازگاری در بخش آب برای کل منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (منا) حدود ۰/۵۲ دلار بر هر مترمکعب (با احتساب هر دلار آمریکا معادل ۳۵۰۰۰ ریال ایران = ۱۸۲۰۰ ریال) خواهد بود. مقدار این هزینه در کشورهای مختلف از ۰/۰۲ دلار بر هر متر مکعب در الجزایر تا ۰/۹۸ دلار به ازای هر مترمکعب در کشور امارات متحده عربی متغیر است. به طور کلی در این گزارش هزینه سازگاری در بخش آب تا افق ۲۰۵۰ *برای کشورهای الجزایر، مصر، جمهوری اسلامی ایران، سوریه و تونس کمتر از ۰/۳۶ دلار بر هر مترمکعب* و برای کشورهای بحرین، اردن، کویت، عربستان سعودی، عمان، قطر و امارات متحده عربی و نوارغزه و کرانه باختری بیش از ۰/۶۴ دلار بر هر مترمکعب برآوردشده است.

۵-۱۵ بررسی نقش راهکارها و ابزارهای سیاستی (پرداخت مابه‌التفاوت، پرداخت یارانه، مالیات، قیمت‌گذاری آب و قیمت‌گذاری محصولات کشاورزی و...) به منظور ایجاد انگیزه در کشاورزان برای حرکت از وضعیت فعلی به شرایط بهینه طراحی‌شده

بر اساس آنچه در بخش‌های پیشین نتیجه‌گیری شد، راهکارها و ابزارهای سیاستی در اختیار است که با کمک آنها می‌توان نسبت به تصمیم‌گیری برای مدیریت بهینه منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه اقدام کرد. در مجموع آنچه از تحلیل‌های پیش‌گفته حاصل می‌شود این است که:

- ✓ با توجه به اولویت بالاتر تخصیص بخش‌های شرب و صنعت نسبت به کشاورزی در ترتیبات نهادی کشور، تلاش‌ها برای صرفه جویی آب در سطح حوضه دریاچه ارومیه باید بر کاهش برداشت و مصرف آب در بخش کشاورزی متمرکز شود.
- ✓ بین کاهش تخصیص آب به بخش کشاورزی و کاهش زیان رفاهی کشاورزان یک رابطه یک به یک وجود ندارد به طوری که برای مثال با کاهش ۲۰ درصد تخصیص آب به این بخش، مازاد اقتصادی مصرف کنندگان آب کشاورزی به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. این موضوع از دیدگاه پرداخت‌های جبرانی صورت گرفته توسط دولت در شرایطی که قرار است به دلیل تامین حقابه‌های زیست محیطی دریاچه، مقدار تخصیص منابع آب به بخش کشاورزی کاهش یابد، حائز اهمیت است.
- ✓ از بین سیاست‌های موجود، سیاست کنترلی تخصیص و افزایش راندمان آبیاری از پتانسیل بالاتری برای صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه برخوردارند با این حال، خسارت اقتصادی سیاست کنترلی کاهش عرضه بر جامعه کشاورزان بیش از سیاست افزایش راندمان آبیاری خواهد بود.
- ✓ پیشنهاد می‌شود برای جبران کسری حقابه‌های زیست محیطی دریاچه ترکیبی از سیاست‌های مختلف اجرا شود به طوری که بر اساس تابع هزینه نهایی، ابتدا به طور کامل از پتانسیل روش‌های کم هزینه‌تر برای پر کردن شکاف استفاده شود و پس از آن به راهکارهای پر هزینه‌تر بر جامعه مراجعه شود.
- ✓ در ارزیابی آثار اقتصادی راهکارهای مختلف باید کلیه هزینه‌ها و منافع اجرای این راهکارها و اثرات جمعی آن بر کل جامعه اعم از دولت و کشاورزان در نظر گرفته شود.

در گذشته، نگرش غالب در طراحی برنامه‌های توسعه اولویت دادن به رشد اقتصادی بوده که توسط شاخص‌های تولید ناخالص ملی (GNP) یا تولید ناخالص داخلی (GDP) مورد سنجش قرار می‌گیرد. در

این تفکر، هر بخشی از بخش‌های اقتصادی که بتواند به ازای هر ریال سرمایه‌گذاری، ارزش افزوده بیشتری در خود بخش و یا از طریق ارتباطات پسین و پیشین در سایر بخش‌ها ایجاد کند، به عنوان بخش کلیدی برای تحریک رشد اقتصادی شناخته می‌شود. به بیان دیگر، در این تفکر مبانی و مفاهیم مربوط به حساب‌های ملی و رشد اقتصادی تابع تعاریف ارائه شده از درآمد و ثروت است و هیچ جایی برای در نظر گرفتن محدودیت‌های سرمایه‌های طبیعی و زیان‌های ناشی از خسارات زیست محیطی در این حساب‌ها وجود ندارد. نتیجه چنین تفکری دستیابی به رشد اقتصادی قابل توجه در بسیاری از کشورها اما به قیمت تخریب و نابودی محیط زیست (برداشت بیش از ظرفیت تحمل اکوسیستم‌های طبیعی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، وارد شدن فشار بیش از حد به منابع محدود طبیعی (مثل آب) بوده است. امروزه محدودیت شدید منابع طبیعی ناشی از رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای این منابع از یک سو، تغییر اقلیم و تخلیه و تقلیل کیفی منابع پایه زیست محیطی (به ویژه منابع آب) از سوی دیگر، جهت‌گیری‌های توسعه را از الگوهای مبتنی بر رشد به الگوهای مبتنی بر توسعه پایدار سوق داده است. توسعهٔ پایدار به معنای«بیشینه کردن منافع خالص توسعه اقتصادی مشروط به حفظ خدمات و کیفیت محیط‌یست در طول زمان» است (آسافو، ۲۰۰۰). در این جهت‌گیری دغدغه اصلی سیاستگذار به توان استفاده دائم از ذخایر منابع طبیعی، قابلیت بازیابی آن در منابع تجدیدپذیر و همچنین بالابردن کارایی زیست محیطی نهاده‌های تولیدشده از این منابع در فرایند رشد اقتصادی است. توسعه اقتصادی پایدار، تلفیق شاخص‌های اقتصادی با معیارهای اثر اکولوژیکی را برای ایجاد پایه‌هایی برای سیاست-گذاری و تصمیم‌گیری بهتر ضروری می‌سازد. تلفیق معیارهای اکولوژیکی و اقتصادی در برنامه‌های ملی رفاهی و توسعه‌ای، از طریق بهبود کارایی و بهره‌برداری از مزیت‌های نسبی در راه رسیدن به رشد اقتصادی سبز، توسعه اقتصادی پایدار را تقویت می‌کند (اکینز، ۲۰۰۰). در این رهیافت از توسعه، بازسازی ساختارهای بخشی اقتصادی را بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

در ایران نیز مبنای اساسی جهت‌گیری‌ها توسعهٔ بخش‌های اقتصادی ایران نیز در گذشته معمولا" بر ایده اساسی رشد اقتصادی متکی بوده بدین معنی که بخش‌هایی که از ارتباطات پسین و پیشین بیشتری با سایر بخش‌های اقتصادی برخوردار بوده و به ازای هر یک ریال سرمایه‌گذاری بتوانند اثرات درآمدی بیشتری بر کل اقتصاد بگذارند به عنوان بخش‌های کلیدی معرفی شده‌اند. به عبارت دیگر این جهت گیری‌ها غالبا" بر اساس قدرت تحرک بخشی هر یک از این بخش‌ها به رشد اقتصادی کشور و ایجاد اشتغال صورت گرفته و کمتر به پیامدهای زیست محیطی و اکولوژیکی ناشی از آن (مثل فشار بیش از حد بر منابع آب) توجه شده است.

بر این اساس در سال‌های اخیر با اهمیت یافتن ملاحظات زیست محیطی و بحران ناشی از کمبود منابع آب در کشور، اهمیت بازنگری در سیاست‌های کلان اقتصادی کشور مبتنی بر معیارهای اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی نمود بیشتری پیدا کرده است. تصویب لایحه " اقتصاد کم کربن" توسط هیئت دولت و جهت‌گیری‌های مورد توجه در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران که در آن آب و محیط زیست به عنوان دو چالش اصلی کشور شناخته شده‌اند، نمونه‌های از برانگیخته شدن حساسیت مسئولین نسبت به ملاحظات زیست محیطی در برنامه‌ریزی‌های کلان توسعه اقتصادی کشور است. در اجلاس COP21 در پاریس نیز ایران متعهد به کاهش ۴ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای به صورت اجباری و کاهش ۱۲ درصدی آن به طور اختیاری شده است. پذیرش تعهدات کاهش انتشار به طور طبیعی نیازمند بازنگری در سیاست‌های رشد و توسعه اقتصادی در کشور است.

در این راستا چندین پرسش اساسی برای سیاستگذاران و برنامه‌ریزان کشور وجود دارد: ۲) کدام بخش‌های اقتصادی کشور پتانسیل بیشتری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سازگاری با کمیابی منابع آب با حداقل خسارت ممکن را دارا می‌باشند؟ ۳) چه ترکیب بهینه‌ای از فعالیت‌های اقتصادی در سطح کلان می‌تواند به طور همزمان اهداف کارایی اقتصادی (بیشینه‌سازی ارزش تولید) و پایداری زیست محیطی (حداقل‌سازی مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای) را تامین نماید، به عبارت دیگر تحت محدودیت‌های ناشی از تعهدات کاهش انتشار و اثرات نامطلوب تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، چه راهبردها و الگویی از توسعه اقتصادی باید دنبال شود تا بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی پایدار باشد؟

در راستای پاسخ به این پرسش‌ها، در این بخش از گزارش یک الگوی داده-ستانده تعمیم یافته، توسعه داده شده و با تلفیق آن در یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی، ترکیب بهینه ساختار فعالیت‌های اقتصادی کشور مبتنی بر اصول کارایی اقتصادی و پایداری زیست محیطی در شرایطی که هم کشور باید به تعهدات کاهش انتشار خود عمل نماید و هم اقتصاد کشور به دلیل کاهش منابع آب از تغییر اقلیم متاثر می‌شود، تعیین شده است. به عبارت دیگر، تغییر در ساختار کلان اقتصادی و ترکیب فعالیت بخش‌های اقتصادی در آن، متناسب با تغییرات اقلیمی و تعهدات کاهش گازهای گلخانه‌ای بررسی شده است. در اینجا لازم به یادآوری است که به دلیل عدم وجود جداول داده-ستانده استانی، در مقطع فعلی امکان انجام این تحلیل در سطح حوضه‌های آبریز کشور از جمله حوضه آبریز دریاچه ارومیه وجود ندارد. بنابراین در اینجا بر تحلیل ملی بسنده شده لکن با توجه به فروض مترتب بر جدول داده-ستانده، انتظار

می‌رود نتایج آن قابل تعمیم به کل مناطق کشور و از جمله حوضه دریاچه ارومیه (البته با پذیرش برخی خطاهای جمعی‌سازی) باشد.

از جمله راه‌های تحلیل ساختار تولید و شناسایی بخش‌های کلیدی اقتصاد، استفاده از پیوندهای پیشین و پسین[1] است که اولین بار توسط راسموسن (۱۹۵۶) معرفی شده‌اند. این پیوندها در جداول داده-ستانده که با توجه به ارتباطات زنجیره‌ای بخش‌های اقتصادی با یکدیگر حاصل می‌شوند، امکان ارزیابی بخش‌های کلیدی و تعیین جایگاه بخش‌های مختلف را در اقتصاد به لحاظ نقش در تولید ناخالص به نحو مطلوبی فراهم می‌کنند. از این رو در مطالعات متعددی از این شاخص‌ها برای تعیین جایگاه بخش‌های مختلف در اقتصاد در سطوح ملی و منطقه‌ای استفاده شده است (ریملر و همکاران، ۲۰۰۰؛ آروکا، ۲۰۰۱؛ هان و همکاران، ۲۰۰۴؛ لنزن و همکاران، ۲۰۰۳؛ کواک و همکاران، ۲۰۰۵). در ادبیات الگوی داده-ستانده، پیوند پیشین به شاخص "قدرت انتشار[2]" و پیوند پسین به " حساسیت انتشار[3]" معروفند. اگر برای برخی بخش‌ها مقدار هر دوی این شاخص‌ها بزرگتر از یک باشد، بیانگر نقش مهم آن بخش در توسعه اقتصادی کشور است و در عوض کوچکتر از یک بودن آنها نشان می‌دهد نه تنها این بخش با رشد بخش‌های دیگر توسعه نمی‌یابند، بلکه سرمایه‌گذاری در توسعه و تولید آنها نیز اثر کمی بر اقتصاد دارد. فرمول محاسباتی معیارهای قدرت انتشار و حساسیت انتشار و نیز ضریب تغییرات مرتبط با آن برای هر بخش به شرح زیر می‌باشد:

- قدرت انتشار (پیوندهای Backward)

$$U_{\bullet j} = \frac{B_{\bullet j}}{\bar{b}}$$

که در آن $B_{\bullet j} = \frac{\sum_{i=1} b_{ij}}{N}$ بوده و b_{ij} همان عناصر ماتریس معکوس لئونتیف ستونی در مدل داده-ستانده مشتق شده از طرف تقاضا است. $\bar{b}$ نیز برابر است با $\frac{\sum_{ij} b_{ij}}{N^2}$. بر این اساس، قدرت انتشار یا همان پیوند پیشین برای یک بخش با دیگر بخش‌ها، میانگین پیوندهای پیشین بخش آب با همه بخش‌های دیگر است.

- حساسیت انتشار (پیوندهای Forward)

1 - Forward and Backward Linkages
2 - Power of dispersion
3 - Sensitivity of dispersion

$$U_{i\bullet} = \frac{B_{i\bullet}}{\bar{b}}$$

که در آن $B_{i\bullet} = \frac{\sum_{j=1}^{N} \vec{b}_{ij}}{N}$ و $\vec{b}_{ij}$ همان عناصر ماتریس معکوس لئونتیف ردیفی در مدل داده-ستانده مشتق شده از طرف عرضه است. بر اساس شاخص‌های فوق، یک بخش زمانی یک بخش کلیدی در اقتصاد است که هر دو شاخص قدرت انتشار ($U_{\bullet j}$) و حساسیت انتشار ($U_{i\bullet}$) بزرگتر از یک باشد و در عین حال ضریب تغییرات این شاخص‌ها برای آن بخش نیز نسبتا" پایین باشد. در این پژوهش دو شاخص مذکور برای همه بخش‌های اقتصادی در جدول داده-ستانده محاسبه شده است تا ضمن شناسایی ساختار ارتباطات مستقیم و غیرمستقیم هر بخش با دیگر بخش‌های اقتصادی، مبنایی برای رتبه‌بندی بخش‌های اقتصادی بر اساس یکی از معیارهای مورد نظر توسعه پایدار (بیشینه‌سازی رشد اقتصادی) بدست دهد.

ساختار اساسی جدول داده-ستانده تعمیم یافته زیست محیطی دقیقا مشابه ساختار جدول داده-ستانده استاندارد است با این تفاوت که یک یا چند سطر به صورت حساب‌های فیزیکی از آب، انرژی و آلودگی به جدول داده-ستانده افزوده می‌شود. این حساب‌ها اطلاعاتی را در رابطه با استفاده از انرژی و مواد به عنوان نهاده در فرایند تولید (برای مثال در اینجا آب) و میزان انتشار آلودگی در سطح صنعت فراهم می‌سازد. هر بخش از اقتصاد برای تولید کالای خود به مقداری آب به عنوان نهاده اولیه نیاز دارد (استفاده مستقیم آب[1]) و در عوض آلودگی خود را در محیط زیست تخلیه می‌کنند. دیگر نهاده‌های هر بخش نیز یا به صورت اولیه است مانند نیروی کار یا از تولید دیگر بخش ها(به عنوان کالای واسطه‌ای) تامین می‌گردد. از آنجا که بخش‌های دیگر نیز برای تولید خود نهاده آب را به کار گرفته‌اند، مجموع آب استفاده شده برای کالای واسطه‌ای که به بخش مورد نظر به عنوان نهاده وارد می‌شود آب غیر مستقیم[2] گفته می‌شود. مجموع دو آب مستقیم و غیر مستقیم در واقع کل آب استفاده شده (یا محتوی برای تولید کالا و خدمات در بخش مورد نظر) است که آب مجازی نامیده می‌شود. همین طور در اثر تولید هر بخش اقتصادی، مقداری آلودگی به طور مستقیم به محیط زیست تخلیه می‌شود (اثر مستقیم) لکن از آنجا که در بخش‌های دیگر اقتصادی نیز که تولیدات آنها به عنوان نهاده در فرایند تولید یک بخش مصرف می‌شوند، خود انتشار آلودگی دارند، مجموع انتشار آلودگی ناشی تولید کالاهای واسطه‌ای که در بخش مورد نظر به عنوان نهاده واسطه‌ای مصرف می‌شود، انتشار غیرمستقیم محسوب می‌شوند.

1 Direct water
2 Indirect water

بنابراین ردپای آب[1] در تولید هر محصول (فعالیت تولیدی)، مجموع آب مستقیم و غیرمستقیم مصرفی و به همین نحو ردپای کربن[2] در تولید هر محصول (فعالیت تولیدی) مجموع مقدار انتشار CO_2 به صورت مستقیم و غیرمستقیم است. با هدف بررسی نقش بخش کشاورزی و زیر بخش‌های آن اقتصاد کلان کشور با احتساب نظرات کارشناسان و سیاست گذاران در مورد وزن هریک از معیارهای اقتصادی، کاهش مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای یک پرسشنامه تهیه و تدوین گردید. با توجه به جدول ۲۶ با استفاده از اعداد ۱ تا ۹ و مقایسه دو به دو هرکدام از این اهداف می‌توان به یک به معیار وزنی از میزان برتری هرکدام از این اهداف نسبت به یکدیگر دست پیدا کرد. عدد ۱ به عنوان برابر بودن نقش هرکدام از اهداف در توسعه اقتصادی کشور است و اگر تمایل اعداد از عدد ۱ به سمت راست باشد به معنی اهمیت میزان اهداف سمت راست بوده و اگر تمایل و جهت‌گیری اعداد به سمت چپ جدول باشد به معنی اهم بودن اهداف سمت چپ می‌باشد.

جدول ۲۶. تعیین وزن هر یک از معیارهای اقتصادی، کارایی مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای در توسعه

اهداف	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	اهداف
میزان تحریک‌پذیری رشد اقتصادی																		کاهش مصرف آب
میزان تحریک‌پذیری رشد اقتصادی																		انتشار گاز گلخانه‌ای
کاهش مصرف آب																		انتشار گاز گلخانه‌ای

1 Water footprint
2 Carbon footprint

بررسی نقش هر یک از بخش‌های اقتصادی در تحرک بخشی به رشد اقتصادی

پیوندهای پسین و پیشین معیارهایی برای سنجش نیازمندی سایر بخش‌ها به ستانده یک بخش خاص و بر عکس می‌باشند. لذا هر چه مقدار این شاخص‌ها برای یک بخش بزرگتر باشند، سرمایه‌گذاری در آن بخش از اولویت بالاتری برخوردار بوده و توسعه آن بخش، محرکی برای توسعه سایر بخش‌ها به شمار می‌آید. همانطور که از نتایج جدول ۲۷ بر می‌آید، ملاحظه می‌شود که تولید محصولات غذائی و آشامیدنی، توتون و تنباکو دارای بالاترین میزان نیازمندی به ستانده سایر بخش‌ها و در مقابل استخراج نفت خام و گاز طبیعی، استخراج سایر معادن دارای کمترین نیازمندی به ستانده سایر بخش‌ها می‌باشند. رتبه فعالیت زراعت و باغداری بر اساس این شاخص ۱۰ و رتبه فعالیت پرورش دام ۴ می‌باشد، به این مفهوم که بخش پرورش دام نسبت به زراعت و باغداری دارای میزان نیازمندی بیشتری به ستاندهٔ سایر بخش‌ها می‌باشد. ضریب پیوند پسین فعالیت‌های زراعت و باغداری، و پرورش دام به ترتیب ۱/۷۱ و ۱/۴۹ بوده که بدین لحاظ به ترتیب در جایگاه ۹ و ۱۲ قرار گرفته‌اند. بر این اساس، توسعه این زیربخش-های کشاورزی بیش از آن که موجب توسعه تولیدات سایر بخش‌ها شود، به تولیدات سایر بخش‌ها به عنوان نهاده وابسته‌اند. مبنای رتبه‌بندی در اینجا به این صورت است که بیشترین مقادیر ضرایب پیوندهای پسین و پیشین، بالاترین رتبه یعنی ۱ و کمترین مقادیر ضرایب پیوندهای پسین و پیشین، پایین‌ترین رتبه یعنی ۱۷ را به خود گرفته است.

جدول ۲۷. ضرایب پسین و پیشین و رتبه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی کشور

	عنوان فعالیت	ضرایب پیوند پیشین	رتبه بخش	ضرایب پیوند پسین	رتبه بخش
۱	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)	۱/۸۰	۱۰	۱/۷۱	۹
۲	پرورش حیوانات	۲/۲۴	۴	۱/۴۹	۱۲
۳	جنگلداری و قطع اشجار	۱/۱۶	۱۶	۴/۰۴	۲
۴	ماهیگیری	۱/۷۵	۱۲	۱/۵۱	۱۱
۵	استخراج نفت خام و گاز طبیعی، استخراج سایر معادن	۱/۰۵	۱۷	۱/۵۶	۱۰
۶	تولید محصولات غذائی و آشامیدنی، توتون و تنباکو	۲/۶۱	۱	۱/۳۸	۱۴
۷	تولید منسوجات، پوشاک، چرم و محصولات چرمی	۱/۹۸	۷	۱/۳۵	۱۵
۸	تولید چوب و محصولات چوب و کاغذ	۱/۷۹	۱۱	۲/۱۱	۶
۹	تولید فراورده های نفتی (پالایشگاه ها)، فرآورده های حاصل تصفیه نفت	۱/۹۶	۸	۱/۹۹	۸
۱۰	تولید مواد و محصولات شیمیائی، لاستیک و پلاستیک، کانی غیرفلزی	۲/۰۹	۵	۲/۵۳	۵

۱۱	تولیدفلزات اساسی، محصولات فلزی فابریکی	۲/۰۲	۶	۳/۴۲	۳
۱۲	تولید ماشین آلات و تجهیزات، وسایل ارتباطی	۲/۳۴	۳	۵/۴۶	۱
۱۳	تولید و توزیع و انتقال برق، تصفیه و توزیع آب	۲/۳۵	۲	۲/۷۲	۴
۱۴	ساختمان خصوصی، ساختمان دولتی	۱/۹۴	۹	۱/۲۱	۱۷
۱۵	بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی، هتل و رستوران	۱/۳۷	۱۴	۱/۳۰	۱۶
۱۶	حمل و نقل	۱/۷۰	۱۳	۲/۰۳	۷
۱۷	سایر خدمات	۱/۳۰	۱۵	۱/۴۸	۱۳

ماخذ: جدول داده – ستانده مرکز آمار ایران برای سال پایه ۱۳۸۵

بر اساس ضریب پیوند پیشین نیز زیربخش‌های کشاورزی در مجموع به جزء پرورش دام از رتبه پایینی (رتبه ۱۰ برای زراعت و باغبانی، رتبه ۱۶ برای جنگل‌داری و قطع اشجار، و رتبه ۱۲ برای ماهیگیری) برخوردارند. مقدار ضریب پیوند پیشین ۱/۸۰ برای زیربخش زراعت و باغبانی، نشان می‌دهد، به ازای هر ۱ ریال ارزش افزوده ایجاد شده در این بخش‌ها، با ضریب ۱/۸ ارزش افزوده سایر بخش‌هایی که از تولیدات آن به عنوان نهاده در فرایند تولید خود استفاده می‌کند را تحریک می‌کند. بالاتر بودن ضریب پیوند پیشین برای زیربخش‌های صنایع غذایی (۲/۶۱) و پرورش دام (۲/۲۴) به دلیل وابستگی بالای آنها به تولیدات زیربخش‌های زراعت و باغبانی به عنوان نهاده تولید (برای مثال علوفه برای دام) است.

بررسی محتوای آب مجازی و ردپای مصرف آب هر یک از بخش‌های اقتصادی

محتوای آب مجازی و ردپای مصرف آب به تفکیک فعالیت‌های اقتصادی در جدول ۲۸ محاسبه شده است. از طریق تقسیم میزان کل مصرف آب توسط هر یک از فعالیت‌های اقتصادی بر کل ارزش تولید آنها، محتوی آب مجازی یا در واقع همان ضریب مستقیم مصرف آب (سهم هر بخش از کل ارزش تولید داخلی) در هر یک از فعالیت‌ها به دست آمد. در ستون سوم جدول ۲۸ محتوای آب مجازی (میلیارد مترمکعب) ناشی از تولید یک هزار میلیارد ریال محصول توسط هر یک از بخش‌های اقتصادی گزارش شده است. برای نمونه در بخش کاشت محصولات (زراعت و باغداری)، برای تولید محصولات به ارزش یک هزار میلیارد ریال در سال ۱۳۸۵ حدود ۰/۸۶۲۲ میلیارد متر مکعب آب به طور مستقیم مصرف شده است. این مقدار مقدار مصرف آب برای تولید محصولات با همین ارزش در بخش پرورش حیوانات حدود ۰/۰۰۴۳ میلیارد متر مکعب، بخش جنگلداری ۱/۷۷۲۱ میلیارد متر مکعب و بخش ماهیگیری ۰/۰۰۳۴ میلیارد متر مکعب برآورد شده است. مقدار این ضریب برای بخش استخراج نفت خام، گاز

طبیعی و سایر معادن حدود ۰/۰۰۳۶ میلیارد مترمکعب، در تولید محصولات غذایی و آشامیدنی ۰/۰۰۴۹ میلیارد مترمکعب و برای محصولات منسوجات و چوب و کاغذ به ترتیب ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۲۶ میلیارد متر مکعب به دست آمد. به طور کل بیشترین شدت مصرف آب در بین فعالیت‌های مختلف اقتصادی مربوط به بخش کشاورزی و زیربخش‌های آن بوده و با کنار گذاشتن بخش جنگلداری به دلیل دخیل بودن آب سبز در محاسبه آن، بخش کاشت محصولات بیشترین شدت مصرف آب مستقیم را دارا می‌باشد.

ستون چهارم جدول نیز نشان دهنده میزان مصرف غیر مستقیم آب در فعالیت‌های اقتصادی کشور است. ستون پنجم، نمایانگر ردپای مصرف آب (مصرف مستقیم+مصرف غیرمستقیم) هر یک از فعالیت‌های اقتصادی است. برای مثال ضریب ردپای آب ۰/۹۵۳۱ بدست آمده برای بـخش کاشت محصولات نشان می‌دهد که در این سال به ازای تولید محصولات کشاورزی به ارزش یک هزار میلیارد ریال حدود ۰/۹۵۳۱ میلیارد مترمکعب به طور مستقیم و غیر مستقیم آب مصرف شده و دارای رتبه ۱۶ام در جدول می‌باشد. بیشترین مقدار ردپای مصرف آب مربوط به فعالیت‌های بخش کشاورزی و زیربخش‌های آن بوده که بخش جنگلداری به دلیل دخیل بودن آب سبز در مقدار ردپای آن با رتبه ۱۷ام جدول به میزان ۱/۷۷۴۱ میلیارد مترمکعب است. پس از آن با ۰/۴۴۰۴ میلیارد مترمکعب ردپای مصرف آب مربوط به فعالیت‌های بخش تولید محصولات غذایی و آشامیدنی است.

جدول ۲۸. ضرایب مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب و ردپای آب در فعالیت‌های مختلف اقتصادی کشور

ردیف	عنوان فعالیت اقتصادی	ضرایب مصرف آب (میلیارد مترمکعب به هزار میلیارد ریال)			
		مستقیم	غیرمستقیم	ردپای آب	رتبه‌بندی هر بخش
۱	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)	۰/۸۶۲۲	۰/۰۹۰۸	۰/۹۵۳۱	۱۶
۲	پرورش حیوانات	۰/۰۰۴۳	۰/۲۳۰۹	۰/۲۴۵۲	۱۴
۳	جنگلداری و قطع اشجار	۱/۷۷۲۱	۰/۰۰۲۱	۱/۷۷۴۱	۱۷
۴	ماهیگیری	۰/۰۰۳۴	۰/۰۳۰۱	۰/۰۳۳۵	۱۰
۵	استخراج نفت خام و گاز طبیعی، استخراج سایر معادن	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۴۳	۱
۶	تولید محصولات غذائی و آشامیدنی، توتون و تنباکو	۰/۰۰۴۹	۰/۴۳۸۳	۰/۴۴۰۴	۱۵
۷	تولید منسوجات، پوشاک، چرم و محصولات چرمی	۰/۰۰۰۳	۰/۱۶۹۲	۰/۱۶۹۴	۱۳
۸	تولید چوب و محصولات چوب و کاغذ	۰/۰۰۲۶	۰/۰۶۱۳	۰/۰۶۳۹	۱۲
۹	تولید فراورده های نفتی (پالایشگاه‌ها)	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۹۲	۵

۱۰	تولید مواد و محصولات شیمیائی، لاستیک و پلاستیک، کانی غیرفلزی	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۹۵	۹
۱۱	تولیدفلزات اساسی، محصولات فلزی	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۱۴	۷
۱۲	تولید ماشین آلات و تجهیزات، وسایل ارتباطی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲۵	۰/۰۱۲۶	۸
۱۳	تولید و توزیع و انتقال برق، تصفیه و توزیع آب	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۳۷	۰/۰۳۳۴	۱۱
۱۴	ساختمان خصوصی، ساختمان دولتی	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۰۵	۰/۰۱۱۲	۶
۱۵	بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی، هتل و رستوران	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۷۰	۲
۱۶	حمل و نقل	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۸۳	۳
۱۷	سایر خدمات	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۸۶	۴
کل اقتصاد		۰/۰۴۰	۰/۰۳۴	۰/۰۷۵	-

میزان مصرف آب غیر مستقیم بخش محصولات غذایی و آشامیدنی و بخش تولید منسوجات و پوشاک به ترتیب ۰/۴۳۸۳ و ۰/۱۶۹۲ میلیارد متر مکعب به دست آمده که این میزان از مصرف مستقیم آب برای این دو بخش بیشتر می‌باشد. دلیل این امر این است که این بخش‌ها نیاز به تولیدات یک‌سری از بخش‌های آب‌بر به عنوان نهاده تولید در بخش خود دارند. به عنوان مثال، این دو بخش از تولیدات بخش‌های زراعت و پرورش حیوانات به عنوان نهاده در تولید خود استفاده می‌کنند که خود دارای محتوی آب زیادی هستند. عکس این اتفاق نیز امکان پذیر است، به این صورت که یک بخش ممکن است ضریب مستقیم مصرف آب بالایی داشته باشد در حالی که ضریب غیر مستقیم مصرف آب آن پایین است مانند بخش زراعت و باغداری که در این بخش نهاده‌هایی که از بخش‌های دیگر وارد این بخش می‌شوند، تولیدات و محصولات آب‌بری نیستند. مبنای رتبه‌بندی در اینجا به این صورت است که کمترین ضریب ردپای مصرف آب برای هر بخش، بالاترین رتبه یعنی ۱ و بیشترین ضریب ردپای مصرف آب پایین‌ترین رتبه یعنی ۱۷ را به خود گرفته است.

بررسی ردپای انتشار گازهای گلخانه‌ای هر یک از بخش‌های اقتصادی

از تقسیم میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط هر یک از فعالیت‌های اقتصادی بر کل ارزش تولید آنها، شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای یا در واقع همان ضریب مستقیم انتشار هر یک از فعالیت‌ها محاسبه شد. در ستون سوم جدول ۲۹ مقدار انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای (بر حسب میلیون تن) ناشی از تولید یک هزار میلیارد ریال محصول توسط هر یک از بخش‌های اقتصادی گزارش شده است. برای نمونه در بخش کاشت محصولات زراعی و باغی، برای تولید محصولات به ارزش یک هزار میلیارد ریال در سال

۱۳۸۵ حدود ۰/۰۸۰میلیون تن معادل دی اکسید کربن گاز گلخانه‌ای به طور مستقیم منتشر شده است. این مقدار برای تولید محصولات به همین میزان ارزش در بخش استخراج نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن حدود ۰/۱۳۴ میلیون تن، در تولید محصولات غذایی و آشامیدنی ۰/۰۶۵ میلیون تن و برای محصولات منسوجات و چوب و کاغذ به ترتیب ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۸ میلیون تن برآورد شده است. بیشترین شدت مصرف انرژی در بین فعالیت‌های مختلف اقتصادی مربوط به بخش حمل و نقل بوده به طوری که در این بخش به ازای هر یک هزار میلیارد ریال ارزش تولید حدود ۰/۴۶۶ میلیون تن دی اکسید کربن به طور مستقیم تولید شده است. در مجموع، شدت انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای در کل اقتصاد کشور در این سال معادل ۰/۰۹۷ میلیون تن دی اکسید کربن به ازای هر یک هزار میلیارد ریال ارزش تولید منتشر شده است. ستون چهارم جدول ۲۹ نیز ردپای دی‌اکسید کربن (انتشار مستقیم+انتشار غیرمستقیم) هر یک از فعالیت‌های اقتصادی را نشان می‌دهد. برای مثال ردپای انتشار گاز گلخانه‌ای ۰/۱۴۵ بدست آمده بـرای بـخش کاشت محصولات زراعی وباغی نشان می‌دهد که در این سال به ازای تولید محصولات کشاورزی به ارزش یک هزار میلیارد ریال حدود ۰/۱۴۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن به طور مستقیم و غیر مستقیم تولید شده است، که از این میزان ۰/۰۸۰ میلیون تن به هزار میلیارد ریال مربوط به انتشار مستقیم خود آن بخش بوده است و ۰/۰۶۵ میلیون تن به هزار میلیارد ریال آن مربوط به انتشار ناشی از مصرف تولیدات سایر بخش‌ها که در بخش زراعت و باغبانی به عنوان نهاده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بیشترین میزان ردپای گاز گلخانه‌ای در زیربخش کشاورزی متعلق به بخش پرورش حیوانات و به میزان ۰/۲۰۶ میلیون تن به هزار میلیارد ریال دی‌اکسید کربن براورد شده است و دارای رتبه ۱۳ام در جدول می‌باشد که این امر نشان دهنده بالا بودن میزان انتشار در این بخش است. مبنای رتبه‌بندی در اینجا به این صورت است که کمترین ضریب ردپای انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر بخش بالاترین رتبه یعنی ۱ و بیشترین ضریب ردپای انتشار گازهای گلخانه‌ای پایین‌ترین رتبه یعنی ۱۷ را به خود گرفته است.

جدول ۲۹. ضرایب مستقیم و غیرمستقیم و ردپای انتشار گازهای گلخانه‌ای فعالیت‌های اقتصادی کشور

ردیف	عنوان فعالیت اقتصادی	ضرایب انتشار (میلیون تن به هزار میلیارد ریال)			
		مستقیم	غیرمستقیم	ردپای انتشار	رتبه‌بندی هر بخش
۱	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)	۰/۰۸۰	۰/۰۶۵	۰/۱۴۵	۱۰
۲	پرورش حیوانات	۰/۰۱۳	۰/۱۹۴	۰/۲۰۶	۱۳
۳	جنگلداری و قطع اشجار	۰/۰۷۴	۰/۰۰۷	۰/۰۸۱	۲
۴	ماهیگیری	۰/۰۸۴	۰/۰۵۳	۰/۱۳۷	۸
۵	استخراج نفت خام و گاز طبیعی، استخراج سایر معادن	۰/۱۳۴	۰/۰۰۵	۰/۱۳۹	۹
۶	تولید محصولات غذائی و آشامیدنی، توتون و تنباکو	۰/۰۶۵	۰/۱۵۷	۰/۲۲۳	۱۴
۷	تولید منسوجات، پوشاک، چرم و محصولات چرمی	۰/۰۳۲	۰/۰۹۳	۰/۱۲۴	۵
۸	تولید چوب و محصولات چوب و کاغذ	۰/۰۲۸	۰/۰۷۵	۰/۱۰۳	۴
۹	تولید فراورده های نفتی (پالایشگاه‌ها)	۰/۰۹۰	۰/۰۳۶	۰/۱۲۶	۶
۱۰	تولید مواد و محصولات شیمیائی، لاستیک و پلاستیک، کانی غیرفلزی	۰/۱۶۹	۰/۱۲۲	۰/۲۹۱	۱۶
۱۱	تولیدفلزات اساسی، محصولات فلزی	۰/۱۰۶	۰/۱۲۱	۰/۲۲۷	۱۵
۱۲	تولید ماشین آلات و تجهیزات، وسایل ارتباطی	۰/۰۸۰	۰/۰۹۲	۰/۱۷۲	۱۱
۱۳	تولید و توزیع و انتقال برق، تصفیه و توزیع آب	۰/۰۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۳۴	۷
۱۴	ساختمان خصوصی، ساختمان دولتی	۰/۰۴۲	۰/۱۵۴	۰/۱۹۶	۱۲
۱۵	بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی، هتل و رستوران	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳	۰/۰۸۵	۳
۱۶	حمل و نقل	۰/۴۴۶	۰/۰۶۵	۰/۵۳۱	۱۷
۱۷	سایر خدمات	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۶۹	۱
کل اقتصاد		۰/۰۹۷	۰/۰۷۲	۰/۱۶۹	-

ماخذ: یافته‌های پژوهش

وزن معیارهای اقتصادی، کاهش مصرف آب و انتشار در فرایند توسعه کشور

پس از جمع‌بندی نظرات کارشناسی از طریق پرسشنامه در ارتباط با توسعه بخش‌های مختلف اقتصادی کشور برای اولویت‌بندی سه معیار اقتصادی، کاهش مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای وزن هرکدام از این سه معیار بدست آمد. نقش تحریک پذیری رشد اقتصادی بر اساس مجموع نظرات ۴۵ درصد، کاهش مصرف آب ۳۲ درصد و انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۳ درصد به دست آمد (جدول ۳۰).

جدول ۳۰. رتبه و وزن نهایی هر یک از معیارهای اقتصادی، کاهش مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای

تحرک بخشی در رشد اقتصادی			مصرف آب (محتوای آب مجازی	انتشار گازهای گلخانه‌ای	رتبه نهایی	
وزن سیاستی/ رتبه بخش	پیشین ٪۲۲/۵	پسین ٪۲۲/۵	٪۳۲	٪۲۳	امتیاز جمعی	رتبه
کاشت محصولات (زراعت و باغداری)	۱۰	۹	۱۶	۱۰	۱۱/۷	۱۷
پرورش حیوانات	۴	۱۲	۱۴	۱۳	۱۱/۱	۱۵
جنگلداری و قطع اشجار	۱۶	۲	۱۷	۲	۱۰	۱۱
ماهیگیری	۱۲	۱۱	۱۰	۸	۱۰/۲	۱۲
استخراج نفت خام و گاز طبیعی، استخراج سایر معادن	۱۷	۱۰	۱	۹	۸/۵	۷
تولید محصولات غذائی و آشامیدنی، توتون و تنباکو	۱	۱۴	۱۵	۱۴	۱۱/۴	۱۶
تولید منسوجات، پو شاک، چرم و محصولات چرمی	۷	۱۵	۱۳	۵	۱۰/۳	۱۳
تولید چوب و محصولات چوب و کاغذ	۱۱	۶	۱۲	۴	۸/۶	۸
تولید فراورده های نفتی (پالایشگاه‌ها)	۸	۸	۵	۶	۶/۶	۳
تولید مواد و محصولات شیمیائی، لاستیک و پلاستیک	۵	۵	۹	۱۶	۸/۸	۹
تولیدفلزات اساسی، محصولات فلزی	۶	۳	۷	۱۵	۷/۷	۴
تولید ماشین آلات و تجهیزات، وسایل ارتباطی	۳	۱	۸	۱۱	۶	۱
تولید و توزیع و انتقال برق، تصفیه و توزیع آب	۲	۴	۱۱	۷	۶/۵	۲
ساختمان خصوصی، ساختمان دولتی	۹	۱۷	۶	۱۲	۱۰/۵	۱۴
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی، هتل و رستوران	۱۴	۱۶	۲	۳	۸/۱	۶
حمل و نقل	۱۳	۷	۳	۱۷	۹/۴	۱۰
سایر خدمات	۱۵	۱۳	۴	۱	۷/۸	۵

ماخذ: یافته‌های پژوهش

همانطور که در جدول فوق ملاحظه می‌شود، در یک جمع بندی کلی بر اساس رتبه‌های بدست آمده برای فعالیت‌های اقتصادی می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که به طور کلی بخش کشاورزی به همراه زیر بخش‌های آن با رتبه‌های بالاتر از ۱۰ و همچنین به دلیل دخیل بودن ملاحظات زیست محیطی از جمله مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین ضرایب پیوندهای پسین و پیشین نمی‌تواند به عنوان بخش پیشرو در توسعه اقتصادی در نظر گرفته شود. اما در درون بخش کشاورزی اولویت سرمایه گذاری با دو زیر بخش جنگلداری و ماهیگیری به ترتیب با رتبه‌های ۱۱ و ۱۲ و در نهایت بخش پرورش

حیوانات با رتبه ۱۵ می‌باشد. از نظر زنجیره‌های مکملی پس از تولید نیز، بخش تولید محصولات غذائی و آشامیدنی با رتبه ۱۶ نسبت به زیربخش زراعت و باغداری می‌تواند تحرک پذیری بیشتری به رشد اقتصادی داشته باشد.

تعیین ساختار اقتصادی بهینه کشور تحت شرایط کم آبی و چالش‌های زیست محیطی

نتایج الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفی به تفکیک برای یک هدفه (بیشینه‌سازی ارزش تولید)، دو هدفه (بیشینه‌سازی ارزش تولید و حداقل سازی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای) و سه هدفه (بیشینه‌سازی ارزش تولید، حداقل‌سازی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین حداقل‌سازی میزان مصرف آب) در جدول ۳۱ گزارش شده است. نتایج هر یک از این الگوها در واقع نشان‌دهنده ترکیب و تنوع بهینه فعالیت‌های اقتصادی کشور تحت هدف یا اهداف مورد نظر است. در ستون سوم این جدول، میزان ارزش تولید فعالیت‌های اقتصادی در جداول داده-ستانده نشان داده شده که مبنایی برای مقایسه نتایج هر یک از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی با مقدار متناظر آن در سال است. همانطور که ملاحظه می‌شود، نتایج الگوی تک هدفه بیشینه‌سازی ارزش تولید مطابق انتظار همان مقادیر سطح ارزش تولید (حساب‌های اقتصادی) در جداول داده-ستانده در سال پایه می‌باشد که ارزش سایه‌ای قیود مربوط به هر هدف آن معادل با ضرایب فزاینده مربوط به هر فعالیت است. در الگوی دو هدفی که در آن افزون بر بیشینه‌سازی ارزش تولید، حداقل‌سازی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز مورد نظر است، ملاحظه می‌شود که ترکیب بهینه فعالیت‌های اقتصادی تحت این شرایط نسبت به شرایط پایه و الگوی تک هدفی دچار تغییراتی شده است به طوری که با توجه به محدودیت آرمانی انتشار گازهای گلخانه‌ای سطح فعالیت (ارزش تولید) همه حساب‌های اقتصادی کاهش یافته با این حال نسبت کاهش سطح فعالیت در بین فعالیت‌های مختلف یکسان نیست. بیشترین مقدار تغییر در ارزش تولید متوجه بخش حمل و نقل (با ۹/۶ درصد کاهش) بوده و پس از آن مربوط به تولید چوب و کاغذ و محصولات کاغذی با (۷/۰۹ درصد کاهش) و تولید منسوجات، پوشاک و چرم (با ۵/۹۳ درصد کاهش) است. دو ستون آخر جدول ۳۱ ترکیب بهینه حساب‌های اقتصادی کشور و درصد تغییرات آن را نسبت به شرایط پایه برای شرایطی که اهداف مختلف اقتصادی (بیشینه‌سازی ارزش تولید حساب‌های اقتصادی) و اکولوژیکی (حداقل‌سازی مصرف آب و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای) توسط سیاستگذار مورد تعقیب است، را نشان می‌دهد.

جدول ۳۱. ترکیب بهینه فعالیت‌های اقتصادی تحت اهداف مختلف (بیشینه‌سازی ارزش تولید، حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای و حداقل سازی مصرف آب)

ردیف	فعالیت اقتصادی	سطح فعالیت (هزار میلیارد ریال)	الگوی یک هدفه- (بیشینه‌سازی ارزش تولید)		الگوی دو هدفه- (بیشینه‌سازی ارزش تولید+ حداقل سازی انتشار)		الگوی سه هدفه (بیشینه‌سازی ارزش تولید+حداقل سازی انتشار+حداقل سازی مصرف آب)	
			مقدار	درصد کاهش	مقدار	درصد کاهش	مقدار	درصد کاهش
۱	کشاورزی، پرورش حیوانات، جنگلداری و ماهیگیری	۱۸۲/۴	۱۸۲/۴	۰	۱۸۱/۱	-۰/۷۱	۱۵۵/۷	-۱۴/۶۴
۲	استخراج نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن	۳۱۶/۵	۳۱۶/۵	۰	۳۱۳/۹	-۰/۸۳	۲۸۸/۸	-۸/۷۶
۳	تولید محصولات غذائی، آشامیدنی/ توتون و تنباکو	۷۷/۶	۷۷/۶	۰	۷۷/۴	-۰/۳۵	۶۶/۱۹	-۱۴/۷۴
۴	تولید منسوجات، پوشاک، چرم و محصولات چرمی	۴۲/۶	۴۲/۶	۰	۴۰/۰۸	-۵/۹۳	۴۲/۵	-۰/۲۵
۵	تولید چوب و کاغذ، محصولات چوبی و کاغذی	۲۵/۵	۲۵/۵	۰	۲۳/۶۴	-۷/۰۹	۲۳/۳	-۸/۴۶
۶	تولید فرآورده‌های نفتی و تصفیه نفت	۷۸/۲	۷۸/۲	۰	۷۴/۴۶	-۴/۸۱	۶۷/۲	-۱۴/۱
۷	تولید مواد شیمیایی، پلاستیک و سایر کانی غیرفلزی	۱۲۵/۶	۱۲۵/۶	۰	۱۲۳/۴۶	-۱/۶۷	۱۲۱/۹۹	-۲/۸۴
۸	تولبد فلزات اساسی و محصولات فلزی	۱۱۴/۶	۱۱۴/۶	۰	۱۱۳/۹۷	-۰/۵۲	۱۱۳/۱	-۱/۲۸
۹	تولید ماشین‌آلات، وسایل ارتباطی، تجهیزات ..	۲۰۳	۲۰۳	۰	۲۰۱/۲	-۰/۹۱	۲۰۱/۵	-۰/۷۶
۱۰	تولید، انتقال و توزیع برق، آب و گاز	۷۴	۷۴	۰	۷۳/۱۶	-۱/۱۷	۷۱/۹	-۲/۸۷
۱۱	ساختمان (خصوصی و دولتی)	۲۸۵/۵	۲۸۵/۵	۰	۲۸۴/۹۲	-۰/۲۲	۲۸۴/۶	-۰/۳۲
۱۲	بازرگانی، هتل و رستوران	۲۶۴/۹	۲۶۴/۹	۰	۲۶۲/۴	-۰/۹۳	۲۶۳/۶	-۰/۴۸
۱۳	حمل و نقل	۱۷۱	۱۷۱	۰	۱۵۴/۶	-۹/۶۰	۱۶۷/۰۸	-۲/۳۰
۱۴	سایر خدمات	۵۴۲/۴	۵۴۲/۴	۰	۵۳۵/۹۵	-۱/۲۰	۵۳۷/۲	-۰/۹۷

در واقع نتایج این الگو، نشان‌دهنده یک ساختار اقتصادی پایدار است که به طور همزمان اهداف اقتصادی و اکولوژیک در آن تلفیق شده است و با بده-بستان بین اهداف مختلف، الگوی بهینه‌ای از توسعه فعالیت‌های اقتصادی ارائه کرده است. همانطور که ملاحظه می‌شود با ورود محدودیت آرمانی مصرف آب ساختار الگوی اقتصادی نسبت به شرایط پایه و حتی نسبت به الگوی دو هدفه (بیشینه‌سازی ارزش تولید+حداقل‌سازی میزان انتشار) دچار تغییرات گسترده‌تری شده است به طوری که در این الگو عمده تغییرات متوجه بخش‌های با آب‌بری بالاتر مثل فعالیت‌های بخش کشاورزی (با ۱۴/۶۴ درصد کاهش نسبت به پایه)،تولید صنایع غذایی و آشامدینی‌ها (با ۱۴/۷۴ درصد کاهش) و استخراج نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن (با ۸/۷۶ درصد کاهش) بوده است. در جدول ۳۲ سه ساختار اقتصادی مبتنی بر توابع هدف مختلف بر اساس میزان ارزش کل تولید، مقدار کل مصرف آب، و انتشار گازهای گلخانه‌ای مقایسه شده است.

جدول ۳۲. جمع بندی نتایج الگوهای برنامه‌ریزی توسعه چند هدف

الگوی	مقدار ارزش کل تولید (هزار میلیارد ریال)	مقدار کل انتشار دی اکسید کربن (هزار تن)	مقدار کل مصرف آب (میلیون مترمکعب)
۱.تک هدفی (بیشینه‌سازی ارزش تولید)	۲۵۰۳/۹	۲۲۲۵۷۵/۳	۱۱۷۵۷۸/۷
۲.دو هدفی (بیشینه‌سازی ارزش تولید+حداقل سازی انتشار گاز گلخانه‌ای)	۲۴۶۰/۳	۲۱۳۶۶۹/۳	۱۱۷۰۹۳/۳
۳.سه هدفی(بیشینه‌سازی ارزش تولید+حداقل سازی انتشار گاز گلخانه‌ای+ حداقل سازی مصرف آب)	۲۴۰۴/۷	۲۱۳۶۶۹/۳	۱۰۰۱۷۱/۷
درصد تغییرات الگوی ۲ به الگوی ۱	-۱/۷۴	-۴	-۰/۴۱
درصد تغییرات الگوی ۳ به الگوی ۱	-۳/۹	-۴	-۱۴/۸
درصد تغییرات الگوی ۳ به الگوی ۲	-۲/۲۴	۰/۰	-۱۴/۵

بر اساس نتایج این جدول، چنانچه انتخاب ترکیب ساختار اقتصادی کشور تنها مبتنی بر بیشینه‌سازی ارزش تولید باشد (شرایط پایه)، کل اقتصاد با منابع موجود قادر است سالانه به میزان ۲۵۰۳/۹ هزار میلیارد ریال ارزش تولید ایجاد نماید. نتیجه این میزان تولید، مصرف سالانه ۱۱۷۵۷۸/۷ میلیون مترمکعب آب و تخلیه ۲۲۲۵۷۵/۳ هزارتن گاز دی‌اکسید کربن به طور سالانه در جو خواهد بود. چنانچه ساختار اقتصادی دوم مورد تعقیب قرار گیرد، در این صورت اگر چه ۱/۷۴ درصد از ارزش

تولید در مقایسه با الگوی اول از دست می رود اما میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای آن به میزان ۴ درصد کمتر بوده و در عین حال میزان مصرف آب آن نیز ۰/۴ درصد کمتر می‌باشد. در نهایت نتایج این جدول برای ساختار اقتصادی سوم نشان می‌دهد که با انتخاب ساختار اقتصادی بهینه منتج از نتایج الگو تحت اهداف سه‌گانه اقتصادی و اکولوژیکی، اگر چه مقدار ارزش تولید اندکی در مقایسه با الگوی دو هدفه به میزان بیشتری (۲/۲۴ درصد) کاهش می‌یابد اما در سطح یکسانی از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای قادر است میزان مصرف آب فعالیت‌های اقتصادی کشور را به میزان قابل توجهی (۱۴/۵ درصد) کاهش دهد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد دستیابی به یک هدف خاص به طور طبیعی نیازمند بده-بستان با سایر اهداف است. برای مثال کاهش ممکن است هزینه تعقیب سیاست کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یا کاهش مصرف آب از دست دادن بخشی از ارزش تولید باشد. بر این اساس سیاستگذار باید ترکیبی از اهداف مختلف و پیامدهای ناشی از آن دست به انتخاب بزند. جمع‌بندی اهم نتایج حاصل از این بخش مطالعه را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- ✓ زیر بخش زراعت و باغداری بر اساس پیوندهای پیشین و پسین به تریبت دارای رتبه ۱۰ و۸ بوده ولی از لحاظ مصرف آب دارای کمترین رتبه و با جایگاه ۱۶ام جدول، بیشترین میزان ضریب ردپای مصرف آب یعنی حـدود ۰/۹۵۳۱ میلیارد مترمکعب به طور مستقیم و غیر مستقیم در این بخش بعد از زیر بخش جنگلداری آب مصرف شده است.
- ✓ بر اساس وزن‌های به دست آمده از تحلیل نظرات سیاست‌گذاران و کارشناسان به طور کل بخش کشاورزی به همراه زیر بخش‌های آن با رتبه‌های بالاتر از ۱۰ و همچنین به دلیل دخیل بودن ملاحظات زیست محیطی از جمله مصرف آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین ضرایب پیوندهای پسین و پیشین، نمی‌تواند به عنوان بخش محرک رشد اقتصادی (محور توسعه پایدار) در نظر گرفته شود.
- ✓ با تحمیل محدودیت‌های ناشی از تعهدات کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش مصرف آب، ساختار الگوی اقتصادی نسبت به شرایط پایه و حتی نسبت به الگوی دو هدفه دچار تغییرات گسترده‌تری شده است به طوری که در این الگو عمده تغییرات متوجه بخش‌های با آب‌بری بالاتر مثل فعالیت‌های بخش کشاورزی (با ۱۴/۶۴ درصد کاهش نسبت به پایه) و تولید صنایع غذایی و آشامیدنی‌ها (با ۱۴/۷۴ درصد کاهش) بوده است.
- ✓ با انتخاب ساختار اقتصادی بهینه منتج از نتایج الگو تحت اهداف سه‌گانه اقتصادی و اکولوژیکی، اگر چه مقدار ارزش تولید اندکی در مقایسه با الگوی دو هدفه به میزان بیشتری (۲/۲۴ درصد)

کاهش یافته، اما در سطح یکسانی از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای قادر است میزان مصرف آب فعالیت‌های اقتصادی را به میزان قابل توجهی (۱۴/۵درصد) کاهش دهد. به عبارت دیگر، با تغییر ساختار اقتصادی متناسب با نتایج جدول ۳-۳۶ می‌توان با حداقل هزینه (از دست دادن ۲/۲ درصد از کل تولید ناخالص داخلی) کاهش ۱۴/۵درصدی مصرف آب در کشور و همچنین کاهش ۴ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای را محقق ساخت.

- ✓ بر اساس نتایج محاسبه شاخص‌های پیوند پیشین و پسین، ردپای آب و ردپای انتشار گازهای گلخانه‌ای و رتبه‌بندی زیربخش‌های مختلف کشاورزی نسبت به آنها، می‌توان بیان کرد که تقویت بخش دامپروری و شیلات و همچنین توسعه صنایع غذایی وابسته به بخش کشاورزی از اولویت بیشتری در مقایسه با توسعه فعالیت‌های زیربخش زراعت و باغبانی برخوردار است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در فرایند توسعه پایدار به تکمیل زنجیره‌های پس از تولید بخش کشاورزی اهمیت بیشتری داده شود.
- ✓ چنانچه در مواجه با کمبود منابع آب قرار باشد در سیاست‌های بین بخشی تخصیص آب، تغییری ایجاد شود، نه تنها باید بر بهره‌وری مصرف آب (محتوی آب مسقیم) در تولید بخش‌های توجه شود، بلکه باید بر آب‌بری غیرمسقیم و ردپای آب مجازی و همچنین اثرات تکاثری که تولید هر بخش بر کل اقتصاد از طریق پیوندهای پیشین و پسین می‌گذارد، نیز توجه شود. بر این اساس، اعمال محدودیت یا کاهش تولید در بخش‌های اقتصادی که دارای ردپای بالاتر مصرف آب و در عوض ضرایب تکاثری اقتصادی پایین‌تری هستند، در اولویت قرار دارند.
- ✓ بر اساس نتایج پژوهش، با تجدید نظر در ساختار اقتصادی کشور منطبق با اصول توسعه پایدار، امکان دستیابی به کاهش مصرف منابع آب در کشور (تا حدود ۱۵ درصد) و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سطح ۴ درصد (تعهد اجباری ایران در COP21) در مقابل از دست دادن بخش اندکی از ارزش تولید اقتصاد امکان‌پذیر است. این امر مستلزم تعریف دوباره نقش بخش‌های مختلف در فرایند سیاستگذاری و برنامه‌های توسعه کشور و انجام بدهبستان بین اهداف مختلف است.

۵-۱۷ ارائه یک برنامه عملیاتی برای پیاده‌سازی شرایط بهینه پایدار کشاورزی در حوضه آبریز ارومیه شامل جهت‌گیری‌ها، ابزارها و راهکارهای سیاستی/ و معرفی الزامات فنی/اقتصادی/ قانونی/ نهادی مورد نیاز و

۵-۱۸ ارائه راهکار برای بهبود بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی

نتایج الگوی برنامه‌ریزی ریاضی PMP در خصوص آثار راهکارهای مختلف کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی محدوده مطالعاتی دشت میاندوآب در جدول ۳۳ جمع‌بندی شده است. این نتایج می‌تواند ضمن ارزیابی آثار اجرای هر یک از راهکارهای پیشنهادی بر الگوی کشت، درآمد کشاورزان، وضعیت اشتغال کشاورزی و همچنین مقدار مصرف و صرفه‌جویی آب در منطقه، راهنمایی برای انتخاب موثرترین و در عین حال کمهزینه‌ترین راهکار اجرایی برای رسیدن به هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی باشد. افزون بر این، در صورت اجرای الگوی مشابهی برای سایر مناطق در حوضه دریاچه ارومیه، یکی دیگر از کاربردهای این نتایج می‌تواند شناسایی محدوده‌ها و بازه‌های مطالعاتی باشد که اجرای هر یک از راهکارهای پیشنهادی در آنها می‌تواند از اثربخشی بیشتری در کاهش مصرف آب و در عین حال با آثار اقتصادی-اجتماعی کمتر نسبت به سایر محدوده‌ها همراه باشد.

با توجه به نتایج جدول ۳۳، در سناریوهای کاهش عرضه منابع آب بخش کشاوزی بیشترین کاهش سطح متوجه محصولاتی نظیر غلات، علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندر قند است و در مقابل در سناریوی ۲۰٪ کاهش منابع آب سطح محصولاتی نقدی مثل سبزی و صیفی، و محصولات باغی مثل میوه‌های هسته‌دار و انگور افزایش می‌یابد. دلیل این امر درآمد بالاتر این محصولات نسبت به آب مصرفی آنها در مقایسه با سایر محصولات است. با افزایش کمیابی منابع آب و کاهش عرضه آن به میزان ۳۰ و ۴۰٪ مشاهده می‌شود که سطح اغلب محصولات کاش یافته است. در مجموع چنانچه مقدار عرضه آب بخش کشاورزی محدوده میاندوآب به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ کاهش یابد کل سطح اراضی کشاورزی این منطقه به ترتیب ۱۷، ۲۴/۵ و ۶/۴ درصد و کل بازده ناخالص فعالیت‌های زراعی و باغی منطقه به ترتیب ۵/۱، ۹/۴ و ۱۴/۴ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش می‌یابد. رابطه بین کاهش سطح موجودی منابع آب و کاهش حاشیه ناخالص یک رابطه متناظر و یک به یک نیست، بدین معنی که کاهش حاشیه ناخالص در مقایسه با درصد کاهش منابع آب بسیار پایین‌تر است. این امر به دلیل این است که با افزایش کمیابی منابع آب در دسترس کشاورز، ارزش کمیابی منبع افزایش یافته و کشاورز را به تخصیص آب به مصارف با ارزش بالاتر اقتصادی و در مقابل کاهش تخصیص آب به مصارف با ارزش پایین‌تر اقتصاد وادار می‌کند.

کاهش متناظر در اشتغال فعالیت‌های زراعی تحت این سناریوها نیز به ترتیب حدود ۵، ۱۰/۳ و ۱۵/۴ درصد برآورد شده است. بر این اساس، هزینه تعقیب سیاست کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی چنانچه این امر از طریق کاهش عرضه آب به این بخش انجام شود، حدود ۱۴/۴ درصد از کل ارزش خالص تولیدات کشاورزی منطقه و از دست رفتن حدود ۱۵٪ اشتغال مستقیم ناشی از فعالیت‌های زراعی و باغی خواهد بود.

بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دسترفته کشاورزان) حاصل از اجرای راهبرد کاهش عرضه منابع آب به بخش کشاورزی به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به ترتیب حدود ۲۷۸/۲، ۵۲۷/۱ و ۸۰۹/۵ میلیارد ریال برآورد می‌شود که مقدار آن به ازای هر هکتار کشت به ترتیب معادل ۲۲۴۲/۵، ۴۱۱۵/۶ و ۶۳۲۰/۵ هزارریال است. همچنین هزینه اقتصادی صرفه‌جویی هر مترمکعب آب در هر یک از این سناریوها به طور متوسط به ترتیب حدود ۱۳۷۴/۱، ۱۶۸۲/۴ و ۱۹۳۸ ریال بر مترمکعب خواهد بود. ملاحظه می‌شود، با افزایش مقدار هدف‌گذاری شده برای صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی، هزینه اقتصادی صرفه‌جویی هر مترمکعب آب (منافع فرصت از دسترفته) به تدریج به طور فزاینده افزایش می‌یابد.

جدول ۳۳. درصد تغییرات الگوی کشت، بازده ناخالص کشاورزان و مصرف منابع (آب و اشتغال) در میاندوآب تحت راهکارهای مختلف حفاظت از دریاچه ارومیه (منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه)

	راهکار حفاظتی ۱: کاهش تخصیص آب کشاورزی			راهکار حفاظتی ۲: افزایش راندمان آبیاری کشاورزی		راهکار حفاظتی ۳: محدودیت یا جایگزینی برخی محصولات آب‌بر	
	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۶	٪۱۶	کاهش ٪۵۰ یونجه	کاهش ٪۵۰ چغندرقند
غلات	-۳۲/۵	-۴۲/۵	-۵۸/۵	-۲/۶	-۲/۶	۶/۳	۱/۷
محصولات علوفه‌ای	-۴۷	-۶۳/۰	-۸۳/۸	۷/۵	۷/۵	-۴۹/۳	۹/۳
ذرت دانه‌ای	-۲۴	-۳۳/۷	-۴۳/۴	۴/۲	۴/۲	۱۰/۸	۶/۹
چغندرقند	-۶/۴	-۱۴/۱	-۲۲/۹	۰/۳	۰/۳	۶/۸	-۵۰
سبزیجات	۱۱/۲	۳/۳	-۷/۵	-۱/۰	-۱/۰	۸/۰	۴/۹
صیفی جات	۱۳/۱	-۵/۴	-۵/۲	-۳/۶	-۳/۶	۷/۳	۱۰
سایر زراعی	-۲/۰	-۱۰/۷	-۱۹/۶	-۲/۴	-۲/۴	۵/۳	۱۶/۲
جمع زراعی	-۲۸/۶	-۳۹/۴	-۰/۵۵	۰/۱	۰/۱	-۵/۹	-۱/۵
سیب	۰/۶	-۱/۳	-۸/۹	-۰/۱	-۰/۱	۳/۷	۲/۸

میوه‌های هسته دار	۳/۲	۰/۷	-۶/۶	-۱/۳	-۱/۳	۲/۸	۳/۷
انگور	۵/۲	۲/۸	۰/۱	-۰/۷	-۰/۷	۲/۵	۲
گردو و بادام	۰/۳	-۱/۵	-۵/۴	۰/۲	۰/۲	۲/۹	۵/۱
سایر میوه‌ها	-۳/۱	-۳/۷	-۷/۷	۲/۱	۲/۱	۷/۱	۴/۵
جمع باغات	۲/۱	۰/۱	-۵/۵	-۰/۳	-۰/۳	۳/۴	۲/۸
جمع زیرکشت کشاورزی	-۱۷/۰	-۲۴/۵	-۳۶/۴	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۲/۳۶	۰/۰۹
حاشیه ناخالص کل	-۵/۱	-۹/۴	-۱۴/۴	۰/۱۴	۰/۱۴	-۲/۲	-۲/۰
اشتغال کل کشاورزی	-۴/۹	-۱۰/۳	-۱۵/۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۸	-۰/۱۶
مقدار کل مصرف آب	-۲۰	-۳۰	-۴۰	-۱۳/۳	-۲۸	-۵/۰	-۰/۶
بازده اقتصادی آب	۲/۳	۱۱/۶	۲۳/۰۴	۱۵/۶	۳۹/۹	۴/۱۹	-۱/۴

در راهکار حفاظتی افزایش راندمان آبیاری که تحت دو سناریوی افزایشی ۶٪ (از ۳۹٪ به ۴۵٪) و ۱۶٪ (از ۳۹٪ به ۵۵٪) بررسی شده است. نتایج گویای آن است که در هر دوی این سناریوها سطح کشت و اشتغال کشاورزی نسبت به شرایط پایه تغییر چندانی نخواهد داشت، اما به ترتیب پتانسیل افزایش ۱۳/۳ و ۲۸ درصدی در کاهش مصرف آب در این سناریوها وجود دارد. همچنین با بهبود راندمان آبیاری نیز مشاهده می‌شود که بازده اقتصادی آب کشاورزی نیز افزایش قابل توجهی می‌یابد. با این حال باید توجه داشت برای تحقق کاهش واقعی مصرف آب از طریق سیاست افزایش راندمان آبیاری (برای مثال مشابه آنچه در ایران از طریق سیاست تغییر روش آبیاری از غرقابی به تحت فشار اجرا می‌شود)، نیازمند انجام اقدامات کنترلی و اخذ تعهدات لازم از کشاورزان و به طور کل از بخش کشاورزی، در جهت عدم افزایش سطح زیرکشت پس از افزایش راندمان آبیاری است. در صورت عدم وجود اقدامات کنترلی، انگیزه اقتصادی کشاورزان حکم می‌کند که برای کسب منافع بالاتر، آب پسانداز‌شده از طریق افزایش بهره‌وری را به کشت محصولات جدید از طریق افزایش و توسعه سطح زیرکشت تخصیص مجدد دهند.

نتایج الگو برای سناریوهای کاهش و محدودسازی سطح زیرکشت دو محصول یونجه و چغندرقند به عنوان محصولاتی با نیاز آبی بالا در منطقه نشان می‌دهد که اجرای این سیاست حدود ۲٪ از سود ناخالص بخش کشاورزی را کاهش خواهد داد، اما اثر معنی‌داری بر میزان اشتغالزایی فعالیت‌های کشاورزی منطقه نخواهد داشت. با محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به میزان ۵۰٪ سطح زیرکشت آن در شرایط فعلی، به طور متوسط حدود ۵٪ صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی وجود دارد. این پتانسیل برای سیاست محدودسازی کشت چغندر قند به سطح ۵۰٪ مقدار موجود تنها ۰/۶ درصد برآورد شده است. چنانچه مقدار کاهش سود ناخالص به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی

در نظر گرفته شود، هزینه متوسط سیاست محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به ازای هر هکتار کشت حدود ۸۹۲/۵ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه جوییشده حدود ۱۸۳۱/۷ ریال و مقادیر متناظر این ارقام برای سناریوی محدودسازی کشت چغندر قند به ترتیب حدود ۸۸۰/۷ و ۱۷۳۵۳/۸ریال برآورد می‌شود. با توجه به ارقام هزینه‌های اقتصادی (فرصت کشت از دسترفته) و مقادیر آب صرفه-جوییشده در دو سناریوی کاهش سطح زیرکشت یونجه و چغندر قند به نصف مقدار آنها در شرایط پایه، ملاحظه می‌شود که محدودسازی کشت یونجه در منطقه راهکار موثر و کم هزینه‌تری نسبت به محدودسازی سطح کشت چغندرقند در الگوی کشت در راستای صرفه جویی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی است.

۶

شناسایی محصولات جایگزین کشاورزی با توجه به شرایط تعیین شده با هدف کاهش وابستگی به آب

۶-۱ بررسی و شناسایی گیاهان جدید (زراعی، دارویی، و...) و فراموش‌شدهٔ قابل کشت در حوضه آبریز ارومیه

امکان‌سنجی بهره‌برداری از گیاهان دارویی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

تولید گیاهان دارویی به منزلهٔ به‌کارگیری و فعال‌سازی ظرفیت‌های نهفته در کشور و استفاده از توان سرزمینی نهفته است. استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان اولین نسخهٔ تجویزی در طب سنتی، استفاده آن به صورت گسترده در بهداشت و سلامت و افزایش ایمنی و درمان، استفاده از گیاهان دارویی در صنایع بهداشتی و آرایشی، صنایع متنوع غذایی، رنگ‌های طبیعی، سموم آلی گیاهی، تهیه داروهای دام، طیور، آبزیان و زنبورعسل، در تولید علوفه، در کنترل فرسایش و رسوب و همچنین نقشی که گیاهان دارویی در تناوب زراعی و اصلاح گیاهان زراعی و همچنین حاصلخیزی خاک و حفظ آب دارند، قابل توجه است و از منظر نقش پیشرانی این گروه گیاهان برای برخی از صنایع نیز حائز اهمیت هستند.

گیاهان دارویی به طور متوسط نسبت به سایر محصولات زراعی کم‌آببر هستند و میتوان با شناسایی گروههای کم‌آب‌بر و متناسب با اقلیم آنها، از این گروه به عنوان جایگزینی برای اشتغال و معیشت پرآب‌بر در حوزه کشاورزی استفاده کرد. با توجه به شرایط ویژهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه و معیشت کشاورزان و جوامع روستایی و تلاش برای رفع موانع و شکستهای زنجیره، میتوان با تکیه بر مردم و کمک به بخش خصوصی و استفاده از توان و ظرفیت آنها، بهبود فرآیند تولید و سایر بخشهای زنجیره ارزش گیاهان دارویی به سمت تغییر کشت بخشی از اراضی تحت کشت محصولات پرآب‌بر در این حوضه آبریز و حرکت به سمت گونه‌ها و ارقام کم‌آببر گیاهان دارویی پیش رفت، به ویژه این که بازار

روبه رشد گیاهان دارویی در داخل و خارج از کشور نشانهٔ مثبت و چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای برای امکان

تعاریف و اصطلاحات

بخش گیاهان دارویی شامل کلیه نهادها و عوامل دخیل در امر بهرهبرداری از گیاهان دارویی و اسانسدار و فناوریهای تولید فراورده‌های دارویی- غذایی- بهداشتی با منشأ گیاهی است.

گیاه دارویی به گیاهی که بهطور مستقیم یا غیرمستقیم تمام یا اجزایی از آن به صورت تازه یا خشکشده و یا مواد مؤثره استخراجی از آن برای اثرات بهداشتی، پیشگیری و درمانی در بدن انسان، حیوانات و دیگر گیاهان به کار میرود، گیاه دارویی گفته میشود.

داروی گیاهی هرگونه فراوردهٔ دارویی که منحصراً، از نظر اجزای متشکلهٔ فعال، شامل یک یا چند مادهٔ گیاهی فرآوری‌نشده یا یک یا چند ترکیب گیاهی فرآوری‌شده و یا ترکیبی از هر دو با فرمولاسیون گوناگون برای عرضه در بازار دارویی جهت تشخیص، پیشگیری، کمک به اعمال فیزیولوژیک، درمان و حفظ بهداشت بدن انسان، حیوانات و سایر گیاهان به کار میرود.

فراوردههای گیاهی مواد گیاهی که به‌صورت خام و یا فرآوری‌شده به منظور کاربرد در پزشکی، دامپزشکی و گیاهپزشکی و نیز کاربردهای تجاری، صنعتی، غذایی و بهداشتی استفاده میشوند و شامل داروهای گیاهی، فراوردههای طبیعی و مکمل با منشأ گیاهی، افزودنیهای غذایی و طعم‌دهنده‌ها، رنگ‌دهنده‌ها، عرقیات و عصارهها و اسانسها، فراورده‌های آرایشی و بهداشتی و کنترل‌کنندهٔ آفات و

اسانس اسانسها یا روغنهای فرّار از جمله مواد مؤثره گیاهان هستند که شامل مخلوط پیچیده‌ای از مواد شیمیایی آلی، مثل ترپینوئیدها، آلدئیدها، الکلها و ... هستند. اسانسها نوعی ترکیبات فرّار بوده که از تقطیر مواد فرّار موجود در اندامهای مختلف گیاهان تازه یا خشک همراه با بخار آب به دست میآید.

عرقیات آبهای مقطر معطری هستند که محلولهای اشباع‌شده از اسانسهای فرار یا دیگر مواد معطر در آب بوده و از تقطیر مواد فرار موجود در اندامهای مختلف گیاهان تازه یا خشک به دست میآیند.

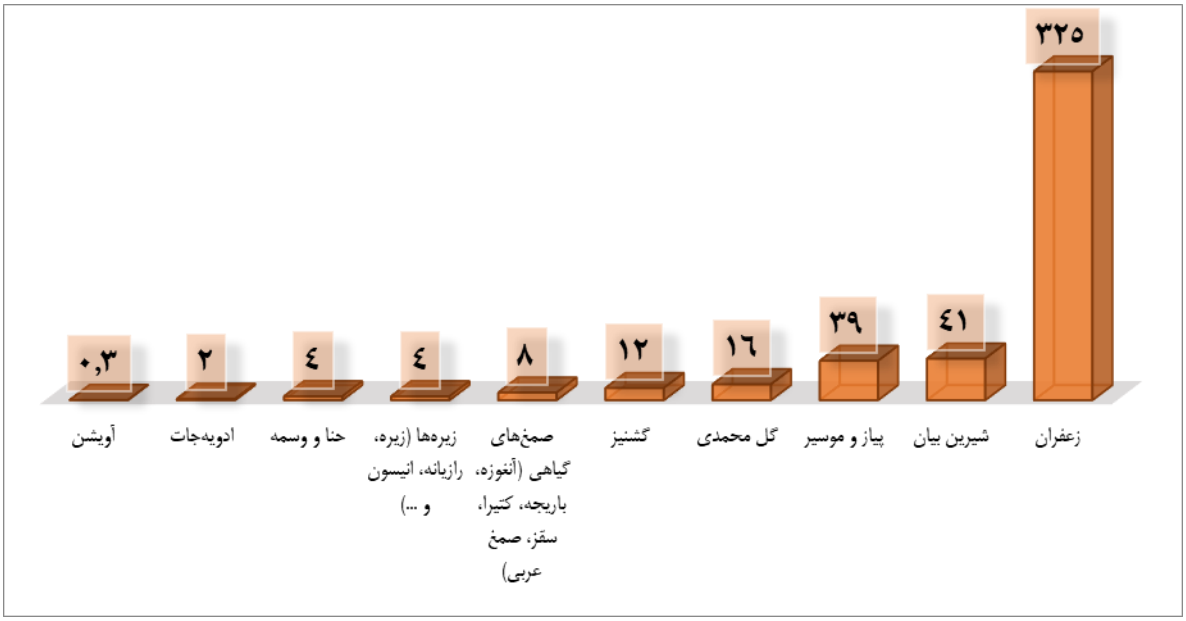
عصاره فرآورده‌هایی هستند که به صورت جامد، نیمه جامد و مایع وجود داشته و به طورکلی از استخراج مواد تام گیاهی و حیوانی و یا غیرتام به وسیلهٔ حلّالهای مناسب به دست میآیند.

بازار جهانی و کشورهای پیشتاز در تجارت گیاهان دارویی

به گزارش اسناد پشتیبان «طرح ملی گیاهان دارویی» که در مرداد ۱۳۹۷ تدوین و منتشر شده است، وضعیت کلی بازار جهانی و داخلی گیاهان دارویی به شرح زیر است:

حجم تجارت جهانی گیاهان دارویی در سال ۲۰۱۷ معادل ۱۲۰ میلیارد دلار بوده است که در مقایسه با سال ۲۰۱۶ از رشدی ۱۵/۵ درصدی برخوردار بوده است. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که حجم تجارت گیاهان دارویی در سال ۲۰۲۵ به ۴۵۰ میلیارد دلار و در سال ۲۰۵۰ به پنج‌هزار میلیارد دلار افزایش یابد. در سال ۲۰۱۷، بزرگ‌ترین صادرکنندگان گیاهان دارویی عبارت بوده‌اند از چین، هند، مصر، آلمان و ایالات متحده. مهم‌ترین واردکنندگان گیاهان دارویی نیز عبارتند از آلمان، ایالات متحده، فرانسه، کره جنوبی و ژاپن.

بر اساس داده‌های طرح ملی گیاهان دارویی، صادرات گیاهان دارویی ایران در سال ۱۳۹۶ از مرز ۴۵۰ میلیون دلار تجاوز کرده است (شکل ۱) که ۳۲۵ میلیون دلار آن متعلق به زعفران بوده است. پس از زعفران، شیرین‌بیان، پیاز و موسیر، گل محمدی و گشنیز مهم‌ترین اقلام صادراتی گیاهان دارویی و معطر ایران را تشکیل داده‌اند.



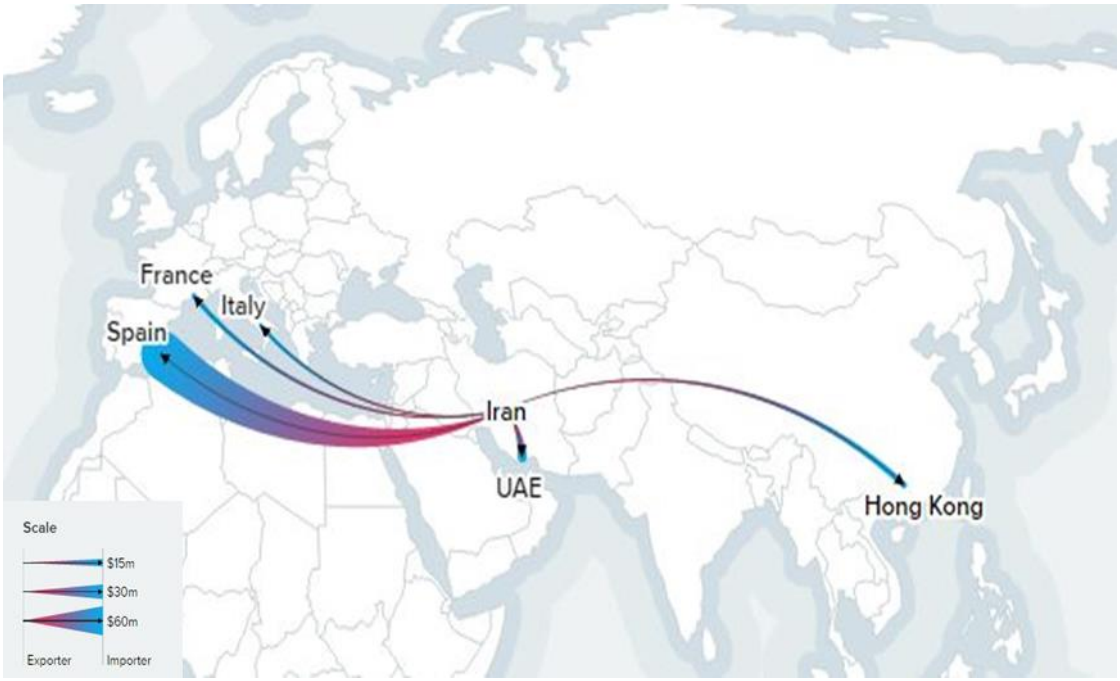
شکل ۱. آمار صادرات گیاهان دارویی کشور در سال ۱۳۹۶ (میلیون دلار) (طرح ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۷).

بر اساس همین گزارش و طبق داده‌های گمرک جمهوری اسلامی، ایران در سال ۱۳۹۶ کشور بیش از ۱۸۰ میلیون دلار واردات گیاهان و فراورده‌های دارویی داشته است که اسانس‌های روغنی و ادویه‌جات ۹۵٪ این واردات را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. واردات گیاهان و فراورده‌های دارویی ایران در سال ۱۳۹۶ (گمرک جمهوری اسلامی)

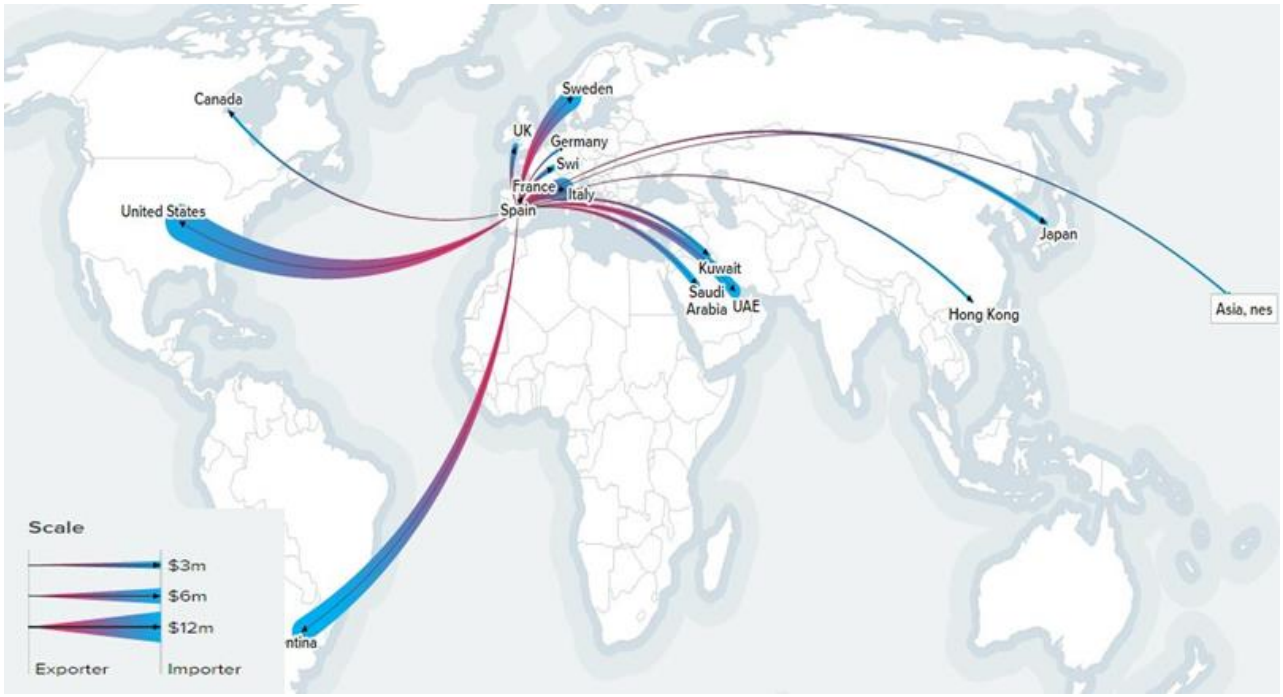
ردیف	عنوان	ارزش وزنی (تن)	ارزش (میلیون دلار)	سهم (٪)
۱	اسانس‌های روغنی	۱۰۵۷۰	۱۲۸	۷۱
۲	ادویه‌جات	۲۸۱۳۲	۴۳	۲۴
۳	زعفران	۱۸۲۴	۳/۶	۲
۴	شیرین‌بیان	۵۱۳۲	۲/۲	۱
۵	صمغ‌ها	۴۹۰	۱/۵	۱
۶	سایر	۸۳۴۳	۲/۳	۱
	جمع کل	**۴۷۰۵۳**	**۱۸۰/۶**	**۱۰۰**

در مورد صادرات گیاهان دارویی ایران روندی مشاهده می‌شود که کاملاً مشابه و همسو با سایر کالاها و خدمات صادراتی ماست: ردیابی صادرات زعفران ایران و دو رقیب اصلی صادراتی آن، یعنی اسپانیا و امارات گویای این مسالهٔ قدیمی است که در حالی که ما تولیدکنندهٔ بیش از ۹۰٪ زعفران جهان هستیم، رقبای صادراتی ما از ما در بازاریابی و بازارسازی زعفران و فراورده‌های مربوط به آن بسیار موفق‌تر از ما عمل کرده‌اند و سهم عمده‌تری از تجارت جهانی زعفران را در اختیار دارند (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

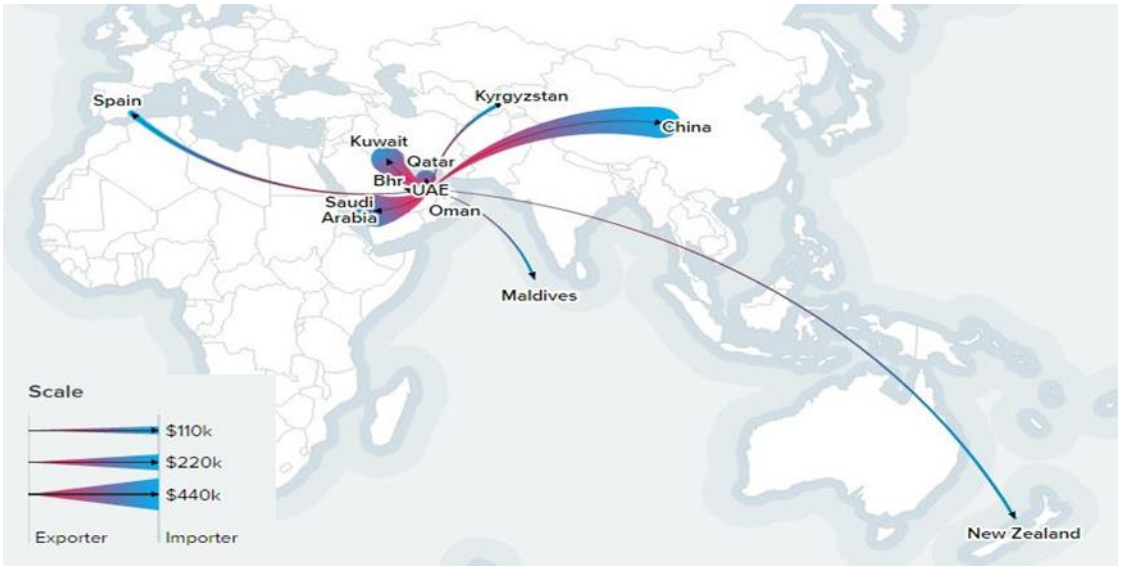


شکل ۲. مسیرهای عمدهٔ صادرات زعفران ایران در سال ۲۰۱۶ (طرح ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۷).

گزارش‌های سازمان تجارت جهانی بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ نشان میدهد که چین بزرگترین صادرکننده و ایالات متحده بزرگترین واردکنندهٔ گیاهان دارویی جهان است و بهطورکلی ایالات متحده، آلمان، چین (هنگکنگ) و هند مراکز اصلی تجارت گیاهان دارویی در جهان هستند. در این بازهٔ زمانی ده‌ساله، حجم صادرات چین تقریباً ۴ برابر، هند۴/۵ برابر، مکزیک ۶ برابر، مصر ۱۰/۶ برابر و آلمان ۱۴/۵ برابر ایالات متحده بوده است.



شکل ۳. مسیر و کانال‌های صادراتی زعفران اسپانیا در سال ۲۰۱۶ (طرح ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۷)



شکل ۴. مسیر و کانال‌های صادراتی زعفران امارات در سال ۲۰۱۶ (طرح ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۷)

حجم و ارزش واردات و صادرات گیاهان دارویی ایالات متحده در جدول ۲ نشان داده شده که نشان میدهد حجم واردات این کشور ۴/۵ برابر صادرات آن است، ولی با این حجم صادرات معادل نصف ارزش

کل مواد خام وارداتی درآمدزایی داشته است. ایالات متحده با اینکه بازار هدف خوبی برای تجار گیاهان دارویی است، ولی به دلیل صنایع فرآوری پیشرفته توانسته درآمدزایی خوبی نیز داشته باشد.

جدول ۲. میانگین سالانهٔ واردات و صادرات گیاهان دارویی کشورهای پیشتاز (۲۰۱۳-۲۰۰۴)

کشور	میانگین واردات سالانه		میانگین صادرات سالانه	
	حجم (تن)	ارزش (دلار)	حجم (تن)	ارزش (دلار)
ایالات متحده	۶۳۰۰۰	۲۶۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۱۸/۰۰۰/۰۰۰
آلمان	۵۲۰۰۰	۱۷۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۹۰۰۰	۱۱۶/۰۰۰/۰۰۰
چین	۴۱۰۰۰	۷۵۲/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۵۶۲/۰۰۰/۰۰۰
هند	۲۳۰۰۰	۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۵۲۰۰۰	۱۲۸/۰۰۰/۰۰۰
هنگ‌کنگ	۵۶۰۰۰	۲۵۳/۰۰۰/۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸۳/۰۰۰/۰۰۰
ژاپن	۲۸۰۰۰	۱۶۷/۰۰۰/۰۰۰	۱۰۵	۳/۰۰۰/۰۰۰

منبع: طرح ملی گیاهان دارویی (۱۳۹۷)

آلمان یکی از خریداران عمدهٔ گیاهان دارویی محسوب میشود و ارزش صادرات آن طی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ افزایش ۱۰۰درصدی داشته است (جدول ۱). مهمترین کشورهای تأمینکنندهٔ گیاهان دارویی آلمان عبارتند از لهستان، مصر، بلغارستان، ایالات متحده، هند، شیلی، چین و ترکیه. ایران با میانگین صادرات ۱۷۰ تن در سال و سهم ۰/۳ درصدی در تأمین گیاهان دارویی آلمان، جایگاه ۳۸ام را بین تأمینکنندگان گیاهان دارویی این کشور تصاحب کرده است.

چین بهعنوان بزرگ‌ترین تأمینکننده و صادرکنندهٔ گیاهان دارویی جهان محصولات خود را به ۱۰۳ کشور صادر میکند و حجم صادرات آن طی این بازه زمانی دهساله ۱۵٪ رشد داشته است. ایران سالانه بهطور متوسط ۹۲ تن گیاه دارویی از چین وارد کرده و با صدور بهطور میانگین ۴۴/۷ تن گیاه دارویی به چین (۰/۱ درصد واردات این کشور) ۴۴امین تأمینکنندهٔ گیاهان دارویی مورد نیاز چین است. هند دومین تامین‌کنندهٔ بزرگ گیاهان دارویی جهان است که طبق گزارش‌های سازمان تجارت جهانی سالانه حدود ۵۲ هزار تن گیاه دارویی به ارزش ۳۲ میلیون دلار را به ۱۳۹ کشور جهان صادر می‌کند.

ساختار قیمت‌گذاری گیاهان دارویی و فراورده‌های آنها

همواره یکی از دغدغه‌های اصلی افراد علاقمند ورود به تجارت گیاهان دارویی، نبود اطلاعات کافی و محکم در مورد قیمت‌های جهانی است. در مورد نرخ فروش گیاهان دارویی در بازارهای جهانی نکته مهم این است که به دلیل تفاوت در کمیت مواد موثره یا نوع استاندارد و درصد خلوص، نوسان قیمت قابل توجهی در بازار جهانی مشاهده می‌شود. به طور مثال، در مورد اسفرزه، با تغییر درصد خلوص از ۹۹ به ۸۵، قیمت حدود ۴۰٪ کاهش می‌یابد؛ یا ریشهٔ سرخارگل با استاندارد فارماکوپهٔ آمریکا قیمت بالاتری از محصول تحت استاندارد اروپا دارد. قیمت سیر تولیدی چین ۲ برابر محصول هند است؛ عصارهٔ خشک‌شدهٔ جینگوی تولیدی چین ۶ تا ۱۰ برابر ارزان‌تر از نمونهٔ آمریکایی است، در حالی که تفاوت قیمت بین گشنیز تولیدی هند و کانادا ناچیز است. این موارد همگی حاکی از آن است که قیمت‌گذاری گیاهان دارویی تحت تاثیر عوامل مختلف کمّی و کیفی قرار دارد و با راهبرد صحیح ورود به بازار می‌توان به سودآوری مناسب دست یافت.

طرح ملی گیاهان دارویی (مصوب ۱۳۹۷)

در ایران و با توجه به مجموعه ظرفیت‌ها و توانمندی‌های موجود، طرح ملی گیاهان دارویی در مرداد سال ۱۳۹۷ تدوین و مصوب شد که مشتمل بر مجموعه‌ای از اهداف اصلی و خرد به شرح زیر می‌باشد:

اهداف کلان طرح ملی گیاهان دارویی

- ✓ مدیریت بهینهٔ مصرف آب با توسعه کشت گیاهان دارویی و اصلاح الگوی کشت کشاورزی
- ✓ افزایش تولید، فرآوری و بهرهمندی از مزایای گیاهان دارویی در عرصههای زراعی و منابع طبیعی
- ✓ توسعه سلامت و بهداشت عمومی از طریق توسعه مصرف گیاهان دارویی
- ✓ حضور موثر در بازارهای بینالمللی با تولید استاندارد و توسعه نشانهای تجاری با هدف افزایش تجارت به منظور ایجاد ارزش افزوده و ارزآوری
- ✓ احیاء و توسعه رویشگاههای گیاهان دارویی(منابع طبیعی)
- ✓ توسعهٔ اشتغال و کارآفرینی با توسعه کشت و فراوری و تجارت گیاهان دارویی.

اهداف خُرد

- ✓ توسعه کشت گیاهان دارویی بومی دارای اولویت مشخصشده در برنامه اقتصاد مقاومتی تا سطح ۲۵۰هزار هکتار در افق ۱۴۰۰
- ✓ تقویت برند و جلوگیری از تخریب برند دو گونه مهم زعفران و گل محمدی با ایجاد شبکههای تجاری بینالمللی در برنامه میانمدت سه ساله (۱۳۹۸)
- ✓ ایجاد برند بینالمللی برای گونههای مزیتدار ۱۰گانهٔ قابل کشت دیم و زراعی که در برنامه اقتصاد مقاومتی مشخص شدهاند تا پایان برنامه ششم توسعه در سال ۱۴۰۰
- ✓ اصلاح الگوی تولید گیاهان دارویی و تقویت ساختارهای پایینددستی و بالادستی گیاهان دارویی با رویکرد شبکههای کسبوکار برای ۳۰ گونه اولویتدار طی دو برنامه زمانی ۳ و ۱۰ ساله
- ✓ تقویت ساختارهای ارتباطی بین بخش تولید و بخشهای دارویی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی طی برنامههای یکساله، سه ساله و ۱۰ ساله چشمانداز ترسیمشده.

- ✓ شناسایی و جلوگیری از انقراض گونههای بومی در معرض خطر و تجاریسازی آنها با رویکرد کشت زراعی و دیم (گونههای در معرض انقراض باید شناسایی شود).

بر اساس آنچه در طرح ملی گیاهان دارویی کشور آمده است برنامه توسعه گیاهان دارویی ایران در سال ۱۳۹۷ و مقایسه آن با سال ۱۳۹۶ در جدول ۳ نشان داده شده است که طبق این برنامه، مقرر است سطح زیر کشت از ۱۸۳ هزار به ۲۰۰ هزار هکتار و تولید از ۲۰۸ هزار تن به ۲۳۰ هزار تن افزایش یابد.

جدول ۳. برنامه توسعهٔ گیاهان دارویی کشور در سال ۱۳۹۷ در مقایسه با سال قبل از آن

		سطح زیر کشت (هکتار)	افزایش (هکتار)	تولید (تن)	افزایش (تن)
گل محمدی	1396	19419	1035	37589	2396
	1397	22052	2633	38624	1035
زعفران	1396	106640	1371	343.739	7.325
	1397	109315	2675	347.166	3.427
سایر گیاهان دارویی	1396	57248	5637	170228	17629
	1397	67801	10553	189853	19625

طبق همین طرح ملی، گیاهان دارویی اولویت‌دار کشور که بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی، تناسب اراضی، بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی و از همه مهم‌تر سود اقتصادی و ظرفیت‌های ایجاد زنجیره‌های تولید و ارزش برای گیاهان و فراورده‌های دارویی در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵. گیاهان دارویی اولویت‌دار کشور احصاشده در طرح ملی گیاهان دارویی (۱۳۹۷).

در طرح ملی گیاهان دارویی، گونه‌های منتخب در شکل ۵ در مناطق مختلف کشور جانمایی و امکان‌سنجی تولید، فراوری و ایجاد زنجیره‌های ارزش شده‌اند؛ بر این اساس، کشور از نظر اقلیمی و توانمندی‌های فنی و اقتصادی به ۹ قطب تقسیم شده است و گیاهان دارویی مناسب برای هر قطب شناسایی و تعیین شده است که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. جانمایی گیاهان دارویی اولویت‌دار کشور در قطب‌های نُه‌گانهٔ مصوب طرح ملی گیاهان دارویی کشور (۱۳۹۷)

قطب	استان	گیاهان دارویی پیشنهادی
شمال	گلستان	گل گاوزبان، بادرنجبویه، گزنه، بنفشه معطر، گل ساعتی
	مازندران	
	گیلان	
شمال شرق	خراسان جنوبی	زعفران، زیره سبز، تخم شربتی، خاکشیر، زنیان، خارشتر
	خراسان رضوی	
	خراسان شمالی	
	سمنان	
شمال غرب	آذربایجان شرقی	گل محمدی، کدوی تخم کاغذی، مرزه، ترخون، آویشن، بابونه
	آذربایجان غربی	
	اردبیل	
البرز میانی	تهران	ختمی، بومادران، گزنه، همیشه بهار، کدوی تخم کاغذی، سرخارگل، ترخون، مریم گلی
	البرز	
	قزوین	
	زنجان	
غرب	همدان	سیاهدانه، گشنیز، رازیانه، سیاهدانه، موسیر
	کردستان	
	کرمانشاه	
مرکز	قم	گل محمدی، زیره سبز، سیاهدانه، بابونه، کاسنی، ختمی، بومادران، باریجه
	مرکزی	
	اصفهان	
	یزد	
زاگرس میانی	لرستان	موسیر، کلوس، مرزه، زرین گیاه، آویشن، آنغوزه
	چهارمحال و بختیاری	
	کهکیلویه و بویراحمد	
	ایلام	
	خوزستان	
جنوب	بوشهر	گل محمدی، شیرین بیان، آنغوزه، بابونه، آویشن شیرازی، آلوئهورا
	فارس	
	هرمزگان	
جنوب شرق	کرمان	گل محمدی، شیرین بیان، چای ترش، حنا، وسمه، خارشتر
	جنوب کرمان	
	سیستان و بلوچستان	

گیاهان دارویی مناسب برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه

بر اساس آنچه در جدول ۴ ارائه شده است و بنا بر امکان‌سنجی و جانمایی انجام‌شده در طرح ملی گیاهان دارویی که در مرداد ۱۳۹۷ به تصویب رسیده است، گیاهان دارویی زیر از نظر تناسب اقلیمی و پهنه‌بندی برای کشت و بهره‌برداری در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه توصیه شده‌اند:

- ✓ گل محمدی
- ✓ کدوی تخم کاغذی
- ✓ مرزه
- ✓ ترخون
- ✓ آویشن
- ✓ بابونه
- ✓ سیاهدانه
- ✓ گشنیز
- ✓ رازیانه
- ✓ موسیر

در ادامه و برای نمونه در این بخش، هدف‌گذاری طرح ملی گیاهان دارویی برای ۲ گیاه دارویی راهبردی زعفران و زیرهٔ سبز تا پایان برنامهٔ ششم توسعه در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده ا ست. لازم به ذکر است هر دوی این گیاهان هم‌اکنون در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استقبال از سوی کشاورزان و بهره‌برداران روبرو شده است، به طوری که اقبال به کشت زعفران در مناطق مختلف این حوضه گسترده بوده است. هرچند نباید از نظر دور داشت که کشت و بهره‌برداری از این گیاهان باید بر اساس اصول پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و مبتنی بر تناسب اراضی صورت گیرد و همچنین جنبه‌های اقتصاد خرد و کلان در توسعه کشت این گیاهان، به ویژه گیاهان ارزشمندی مانند زعفران و زیره مورد توجه قرار بگیرد، به این معنی که توسعهٔ بی‌رویهٔ کشت این محصولات ممکن است موجب کاهش شدید قیمت بازار و ایجاد چالش‌ها و مشکلات جدید برای کشاورزان گردد. بنابراین صرف نیاز پایین این محصولات به آب و یا ارزش اقتصادی فعلی آنها در بازار (داخلی و بین‌المللی) نمی‌تواند و نباید به عنوان ملاک انتخاب و توصیه و توسعه کشت آنها در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و دیگر مناطق کشور شود.

جدول ۵. اهداف طرح ملی گیاهان دارویی برای توسعهٔ کشت، فراوری و تولید زعفران طی برنامه ششم

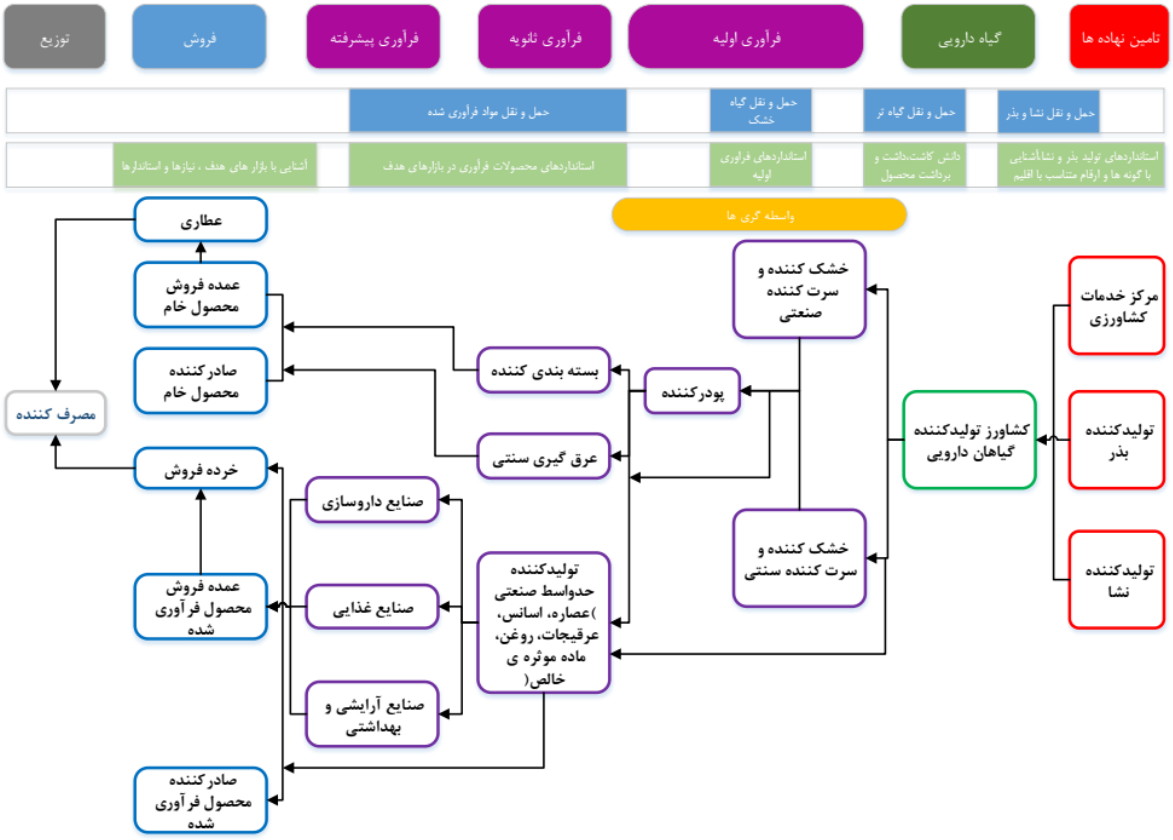
R	عنوان هدف	واحد	میزان رشد	وضعیت موجود	سالهای برنامه ششم					وضعیت مطلوب
					۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	
۱	افزایش سطح زیرکشت	هکتار	۱۶۷۵۰	۱۰۵۲۷۰	۱۰۸۲۰۰	۱۱۱۰۵۰	۱۱۴۳۰۰	۱۱۸۰۵۰	۱۲۲۵۰۰	۱۲۲۵۰۰
۲	افزایش میزان تولید	تن	۱۶۴	۳۳۶	۳۶۵	۳۹۵	۴۲۴	۴۵۶	۵۰۰	۵۰۰
۳	افزایش عملکرد	کیلوگرم/ هکتار	۲/۷	۳/۳	۳/۸	۴/۴	۴/۹	۵/۴	۶	۶
۴	ارتقاء کمی و کیفی مکانیزاسیون	دستگاه	۵۰۰	۱۰ (آزمایشگاهی)	۱۱۰	۲۱۰	۳۱۰	۴۱۰	۵۱۰	۵۱۰
۵	افزایش رقم ارزی صادرات زعفران	میلیون دلار	۱۲۱۴	۲۸۶	۳۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۱۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰

جدول ۶. اهداف طرح ملی گیاهان دارویی برای توسعهٔ کشت، فراوری و تولید زیرهٔ سبز طی برنامه ششم

ردیف	عنوان هدف	واحد	میزان رشد	وضعیت موجود (سال ۱۳۹۵)	سالهای برنامه ششم					وضعیت مطلوب
					۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	
۱	افزایش سطح زیرکشت	هکتار	۲۴۴۷۶	۱۵۵۲۴	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰
۲	افزایش میزان تولید	تن	۱۹۱۰۰	۱۰۹۰۰	۱۵۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۳۰۰۰	۲۸۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۳	افزایش عملکرد	کیلوگرم/هکتار	۲۰۰	۸۰۰	۸۴۰	۸۸۰	۹۲۰	۹۸۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۴	ارتقاء کمی و کیفی مکانیزاسیون	دستگاه	۹۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵	افزایش رقم ارزی صادرات زیره سبز	میلیون دلار	۴/۱۷	۶/۲	۵	۹	۱۴	۱۸	۲۰	۲۰

زنجیره ارزش گیاهان دارویی

یکی از مفاهیم پرکاربرد در شناخت و مطالعه مجموعه فعالیتهای صنعتی بهمپیوسته، که ریشه و چگونگی شکلگیری یک محصول را از مراحل آغازین آن تا زمان مصرف و پس از مصرف توصیف میکند **زنجیره ارزش** است. بر این اساس میتوان ابزاری کارآمد برای تحلیل وضعیت و موفقیت این مجموعه فعالیتها فراهم آورد. زنجیرهٔ ارزش گیاهان دارویی در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶ زنجیره ارزش گیاهان دارویی (طرح ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۷)

منظور از نهادهها در حلقه اول زنجیره برای تولید هر گیاه آمادهسازی زمین، وسایل و تجهیزات کشت و آبیاری، کود و آفتکش مورد نیاز و تهیه بذر یا نشاء گیاه برای کشت است. در حلقهٔ بعدی کشاورز قرار دارد که با تهیهٔ نهادهها به کمک مؤسسات و سازمانهای مربوط اقدام به کشت گیاه میکند و پس از انجام مراحل داشت و برداشت محصول خود را بهصورت مستقیم یا از طریقه واسطه به واحدهای فرآوری میفروشد. شرکتهای فرآوری یا بهصورت مستقیم با کشاورز در ارتباط هستند و خرید میکنند، که معمولاً در قالب کشاورزی قراردادی انجام میشود و یا این که خرید محصول توسط واسطهها انجام میشود و شرکتها، عمدهفروشان و خردهفروشان خرید خود را از واسطه انجام میدهند. در اینجا واسطه نقش تسهیلکنندگی در برقراری ارتباط بین کشاورز و واحد فرآوری و بهبود شرایط نقدینگی را بر عهده دارد؛ البته ممکن است در صورت حرفهای نبودن واسطهها ایفای این نقش با شکستهایی در زنجیره،

ابتدایی‌ترین فرآوری که روی یک گیاه انجام میگیرد عمل خشک و سورتینگ اندام مدنظر گیاه است. گفتنی است معمولاً گیاه تر جابه‌جا نمیشود؛ لذا حلقهٔ خشک کردن اهمیت خاصی دارد. این عمل میتواند به صورت ساده و در مزرعه نیز انجام شود. برای مثال، در آذربایجان غربی معمولاً کشاورزان گیاهان تولیدی خود را سایه‌خشک میکنند و با توجه به اینکه رطوبت در منطقه کم است این کار کیفیت گیاه را کاهش نمیدهد و حتی به عقیده برخی کارشناسان این روش بهتر از خشک کردن با دستگاه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. برای برخی گیاهان بعد از این مرحله، پودر شدن گیاه نیز صورت میگیرد. سپس گیاه مورد نظر بسته‌بندی شده و دو مسیر پیش روی آن قرار میگیرد: یا وارد بازار داخل و یا صادرات شده و یا برای تولید حدواسطهای صنعتی به واحدهای فرآوری پیشرفته‌تری تحویل داده میشود. محصول این واحدها برای استفاده در صنایع پیشرفته‌تر (صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی) ارسال میشود. لازم به ذکر است که اگر هدف تولید عرقیجات باشد گیاه تر تحویل گرفته‌شده، سورت شده وعرق‌گیری صورت میگیرد. در زنجیره گیاهان دارویی، صرفاً فعالیتها و فعالان مشخص شده‌اند، ولی هر بنگاه میتواند مرزهای مختلفی از فعالیت‌ها را شامل شود. برای مثال، یک کارخانه میتواند طیفی از فعالیتها شامل تهیه گیاه، فرآیند خشک، پودر و بسته‌بندی (که شامل دمنوشهای

گیاهان دارویی پس از برداشت از مزرعه در سه شاخهٔ زنجیره میتوانند وارد شوند: دسته اول به صورت خام خرید و فروش شده و به دست صادرکنندگان مواد خام گیاهی، عمدهفروشان و عطاریها میرسد. دسته دوم تحت فرآیندی ساده فراوری شده، مانند پودرکردن یا تقطیر و پس از بسته‌بندی به شکل چای و دمنوشهای کیسهای یا عرقیجات به فروش میرسد؛ در دسته سوم تحت فرآیندی پیشرفته‌تر حدواسطهای صنعتی مانند عصاره، اسانس، روغن و ... تولید میشود و در صنایع دارویی، بهداشتی آرایشی و غذایی به کار میرود.

عصاره، اسانس، اوله‌اورزین، روغن، ماده مؤثر طبیعی و عرقیجات از مشتقات گیاهان دارویی است که طی فرآیندهای پیشرفته به دست می‌آید و به آنها حدواسطهای صنعتی میگویند. عصاره خود انواع مختلفی مانند عصارهٔ روغنی، آبی، گلیسیرینی و الکلی دارد. در فرآوری عصاره از حلّال استفاده میشود، اما اسانس را صرفاً تحت فشار بالا از گیاه بیرون میکشند. عصاره و عرقیجات حدود ۷۰٪ سهم بازار را به خود اختصاص میدهد. حدود ۱۴٪ سهم بازار را اسانس، ۱۴٪ روغن، ۰/۹ درصد اوله‌اورزین و ۱/۰درصد را ماده مؤثره تشکیل میدهند. اسانس بسیار غلیظ‌تر و به همین ترتیب گرانتر از عصاره بوده و از ارزش افزودهٔ بالاتری برخوردار است. حدواسطهای صنعتی به جز عرقیجات، غالباً به صنایع داروسازی، غذایی

و آرایشی بهداشتی راه میبابند و مستقیم وارد بازار نمیشوند. حدواسطهایی مانند اسانس و عصاره انواع

۲- مسائل زنجیره ارزش گیاهان دارویی

۲-۱ مسائل حلقهها

در این بخش وضعیت موجود در کشور و و منطقه در هر یک از حلقهها و مسائل و مشکلات شناساییشده در هریک از حلقههای زنجیره ارزش گیاهان دارویی به تفکیک در قسمت نهادهها، تولید، فرآوری و صادرات بررسی میشوند.

نهادهها

نهادههای مورد نیاز برای کشت گیاهان دارویی مانند سایر محصولات کشاورزی شامل زمین، آب، بذر و نشا، نیروی کار ماهر،کود و آفت‌کش و تجهیزات و فناوری کاشت و داشت و برداشت است؛ دانش مورد نیاز برای فعالیت در این بخش نیز از نهادههای مهم و تأثیرگذار است، از این موارد فناوری و دانش بهصورت جداگانه همراه با سایر حلقهها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

بذر و نشاء استاندارد و تجاری گیاهان دارویی

در مورد نوع بذر و نشاء مورد استفاده در کشت گیاهان دارویی درمیان صاحب نظران اتفاق نظری وجود ندارد؛ برخی به کشت گونههای بومی منطقه و عدم کشت گونههای خارج از منطقه تاکید دارند و مزیت نسبی منطقه را در کشت گونههای انحصاری خود میدانند و برخی کشت گونههای تجاری را تنها راه اقتصادی شدن و دستابی به بازار جهانی گیاهان دارویی میدانند، چرا که فراوریکنندگان بر اساس گونههای تجاری موجود خرید سالانه خود را انجام میدهند و این تغییر به گیاهان بومی، حتی اگر از نظر برخی مشخصات بهینه باشند از نظر اقتصادی به صرفه نیست و بازاریابی برای گیاه را دشوارتر میسازد. به عنوان مثال، این دسته از متخصصان اسطوخودوس فرانسوی را به اسطوخودوس ایرانی یا آویشن باغی را به آویشن شیرازی برای کشت و توسعه ارجح میدانند؛ به نظر میرسد هر یک از این انواع انتخابها مزیتها و مخاطراتی در پی دارد که با توجه به اولویتهای کاری و بینشی میتوان یکی از آنها را

برگزید؛ پسندیده‌تر آن که در مورد هر گیاه راهبرد متفاوتی برای انتخاب استاندارد بذر و نشا مورد استفاده برای کشت به کار گرفت. نکته دیگر در مورد بذر و نشا استاندارد استفاده از بذر و نشای وارداتی است که با مشکلاتی برای واردکنندگان مواجه است. به طورخلاصه مسائل مربوط به تولیدکنندگان بذر

- ✓ کشت ارقام و گونههای تجاری از اولین مسائل کشت گیاهان دارویی است که متأسفانه میتوان گفت ارقام و گونههای تجاری تائیدشدهٔ اندکی در دسترسند، بدین معنا که بررسی نشده است که کدام گیاه یا برای هر گیاه کدام ارقام با منطقه سازگاری بیشتری دارند.
- ✓ یکی از مشکلات مربوط به نهادهها زمانبر و پردردسر بودن واردات بذرهای مناسب است، از جمله این که وزارت جهاد کشاورزی برای جلوگیری از ورود آلودگی به کشور، تولیدکنندهٔ بذر در کشور مبدأ را ملزم به استفاده از آفتکشهایی میکند که استفاده از آنها در جوامع بینالمللی نه تنها رایج نبوده بلکه در مواردی ممنوع نیز هست.
- ✓ تولید بذر و نشای استاندارد و با عملکرد مناسب بومی باید از طریق مؤسسات تحقیقاتی و با بودجههای تحقیقاتی انجام شود که این سیاست در کشور دنبال نمیشود. این فرایند زمانبر و هزینهبر است که پس از تکمیل در مراحل تحقیقاتی نیز با توجه به نیاز بازار و تقاضا قابل توسعه است. مؤسسات تحقیقاتی به دلیل عدم وجود کشش در بازار برای نهادههای مرغوب و استاندارد چندان تمایلی به صرف منابع در این حوزه ندارند. این امر نیازمند برنامه مدون توسعه و درآمدزایی پس از تکمیل تحقیقات است.
- ✓ شرکتهای تولیدکننده بذر و نشای محدودی در سطح کشور وجود دارد که اغلب بذر مرغوب مورد نیاز خود را از طریق واردات تأمین میکنند و چندان به اجرای طرحهای بهنژادی و تولید ارقام متناسب و بومی هر منطقه توجهی ندارند.
- ✓ استفاده از کود و آفتکشهای استاندارد و عدم آلودگی شیمیایی گیاهان دارویی بسیار مهم است. این گیاهان به دلیل منشأ طبیعی و مقاومت نسبت به تنشهای مختلف بهطورکلی نیاز کمتری به نهادههای شیمیایی در مراحل رشد دارند و گاهی کاربرد کود حتی از کیفیت مواد مؤثره آنها میکاهد یا تأثیر مثبت قابل توجهی بر عملکرد آنها نمیگذارد. همچنین اهمیت سالم یا ارگانیک بودن محصولات در این حوزه نسبت به سایر حوزههای کشاورزی، بهویژه برای صادرات محصول خام یا حتی حدواسطهای صنعتی تولیدشده از محصول بسیار زیاد است و استانداردهای سختگیرانهای توسط شرکتهای خریدار در این حوزه وجود دارد.

- ✓ گیاهان دارویی از نظر مصرف آب بهطور متوسط از سایر گیاهان زراعی کمآببرتر هستند، البته برخی گونههای گیاهان دارویی مصرف آب زیادی دارند که توجه به میزان آببری، امکان کشت دیم و کمآب گونهها و ارقام منتخب در برنامههای توسعه کشت در احیای مراتع یا کشت دیم و آبی باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

کشت و تولید

در جمعبندی مسائل مربوط به حلقه کشت گیاهان دارویی باید به نکات زیر اشاره کرد:

- ✓ کیفیت بذر از نکات مهم و درخور توجه است. برای درک اهمیت کیفیت بذر به کشت آزمایشی صورت گرفته در استان آذربایجان غربی روی سنبلالطیب اشاره میشود؛ در این آزمایش سنبلالطیب در دو قطعه زمین مجاور، مشابه و هم مساحت، یکی با بذر اف یک (بذری که از بذر مادر گرفته میشود و نتیجهٔ اولین کشت بذر مادر است) کشت شد و ۳۵۰ کیلوگرم محصول (ریشه) در هکتار تولید شد، در تیمار دیگر، بذر بومی موجود کشت شد که ۱۵۰کیلوگرم در هکتار محصول تولید شد.
- ✓ در مرحله برداشت هم نبود مکانیزاسیون مطرح است که این موضوع ضمن افزایش جدی هزینههای نیروی انسانی، کیفیت را کاهش میدهد. بهعنوان نمونه برداشت دستی منجر به طولانی شدن دورهٔ برداشت میشود که با این اتفاق گیاه بیشتر در مزرعه مانده و کیفیت خود را از دست میدهد.
- ✓ دانش ناکافی کشاورزان در روشهای حفظ کیفیت و ماده مؤثره گیاهان دارویی در زمان ایجاد تنشهای مختلف آبوهوایی باعث میشود در اثر افت کیفیت محصول، بهرهوری اقتصادی کشاورزان کاهش یابد.
- ✓ کشت در ابعاد کوچک یکی از مهمترین عوامل عدم بهرهبرداری بهینه از عوامل تولید و بالا بردن قیمت تمامشده محصول بهویژه در گیاهان دارویی است؛ با وجود این که ترویج کشت گیاهان دارویی در اراضی شیبدار و درجه دو و بهعنوان محصول جانبی کشاورزان جزء راهبردهای جهاد کشاورزی و منابع طبیعی جهت توسعه معیشت و اقتصاد خانوارهای کشاورزی است، ولی درصورتی که کشت گیاهان دارویی بهعنوان محصول اصلی و معیشت جایگزین مورد توجه باشد، توجه به ابعاد فنی اقتصادی زمینها با توجه به قیمت بازار جهانی باید مورد توجه قرار گیرد

فرآوری

از مسائل و مشکلات مربوط به حلقه فرآوری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ قدیمی و بهروز نبودن فناوری خشک و سورت کردن. خشککردن باید در دما و شرایط مناسب انجام گیرد تا کیفیت گیاه را تحت تأثیر قرار ندهد و مواد مؤثرهٔ موجود گیاه را تخریب نکند.
- ✓ آلودگیهای میکربی در روشهای سنتی خشک کردن بزرگترین چالش است که با استانداردسازی روش سنتی خشک کردن میتوان آن را بهبود داد.
- ✓ بعد از مرحلهٔ خشک و سورت کردن نوبت به استریلیزه کردن میرسد. این فرآیند به کمک گرما، پرتو و ... مواد را استریلیزه میکند. در این قسمت نیز نبود فناوری چالش اصلی است. با وجود این که گیاه خشک میشود در قسمت حمل مشکلات اساسی وجود دارد. مثلاً گیاه را در کیسههای غیراستاندارد حمل میکنند که باعث کپکزدگی و افت کیفیت میشود. بهطورکلی نبود روشهای حمل مناسب کیفیت محصول را کاهش میدهد. در حمل گیاه تر نیز عدم رعایت اصول و در برخی مواقع حمل غیراستاندارد محصول تر باعث افت شدید کیفیت و از بین رفتن محصول میشود.
- ✓ در تولید حد واسطهای صنعتی و حتی در قسمت صنایع نیز از فناوریهای مدرن استفاده نمیشود؛ این موضوع باعث میشود مواد مؤثره بهخوبی استخراج نشوند و از کیفیت لازم برخوردار نباشند.
- ✓ واحدهای تولید عرقیات سنتی با هزینه تمامشده بسیار پایینتر به علت حذف برخی مراحل کنترل کیفی و هزینه سربار و با توجه به این که از نظر کیفی و نظارت بر سلامت و کیفیت محصول اغلب در جایگاه پایینتری هستند و گاهی هیچ کنترل کیفی روی آنها نیست، تولید عرقیات استاندارد و باکیفیت صنعتی را به مخاطره انداخته است. در حال حاضر واحدهای صنعتی کشور عموماً با کمتر از نصف ظرفیت فعالیت میکنند.

بازار

مسائل قابل توجه در حلقه بازار صادرات گیاهان دارویی عبارتند از:

- ✓ قیمت: به دلیل قیمت تمامشدهٔ بالا نسبت به رقبا، امکان رقابت وجود ندارد. همانطور که پیشتر اشاره شد هزینههای تولید بالا است که این امر خود منجر میشود قیمت تمامشده تا حد زیادی از رقیبان خارجی بالاتر باشد.

- ✓ کیفیت گیاهان تولیدشده به دلیل عدم آگاهی تولید، مناسب نبودن روشها و مکانیزه نبودن مراحل تولید تا فرآوری پایین است.
- ✓ استفاده از سموم در مرحله تولید خریداران و واحدهای فرآوری را از خرید منصرف میکند؛ به دلیل استفاده از این گیاهان در محصولات دارویی و آرایشی بهداشتی استاندارد بودن محصول از نظر باقیمانده سموم بسیار حائز اهمیت است.

عدم تمرکز و ضعف در توانمندیهای صادراتی

مشکل شرکتهای تولیدکننده این حوزه در عدم توان کسب بازارهای خارجی، عدم تمرکز و توان پایین آنها در حلقه صادارت است. صادرات موضوعی تخصصی است که نیازمند سرمایهگذاری، تمرکز، تخصص و ریسک است؛ شرایطی که عموماً مورد پذیرش و استقبال بنگاههای تولیدی نیست. در حال حاضر، مشکلات عدیدهای را میتوان بهعنوان دلایل ضعف این زنجیره در ورود محصولات خود به بازارهای جهانی قلمداد نمود، مشکلاتی مانند عدم توانایی برندسازی، ضعف در بستهبندی محصولات، تخصص و تجربه محدود تجارت بینالملل و قیمتهای بعضاً غیرقابل رقابت محصولات از عمده آنها هستند. اما ریشه تمامی این مشکلات مربوط به توان تولیدکنندگان جهت ورود به بازارهای جهانی است. غالب بنگاههای صنعتی فعال در صنعت گیاهان دارویی و فراوردههای طبیعی، از نوع بنگاههای متوسط و کوچک محسوب میگردند، که اصلیترین ویژگی چنین بنگاههایی، عدم تطابق مالی، فنی و تخصصی جهت فعالیت صحیح در تمامی حلقههای مورد نیاز برای موفقیت است، درحالی که باید تمرکز این

در کنار این مجموعهها، باید نهادهای تخصصی ارائهکنندهٔ خدمات کسبوکار در حلقههای مختلف زنجیره ارزش تشکیل گردد و خدماتی را متناسب با نیازهای موجود ارائه نماید. واحدهای کوچک و متوسط معمولاً به دلیل پیچیدگی امر صادرات و عدم توان خطرپذیری بالا، از ورود به این حوزه واهمه دارند و نیازمند مجموعههای ارائهکنندهٔ خدمات کسب و کار مرتبط هستند. از سویی میتوان با قاطعیت اعلام نمود توسعه پایدار و همهجانبه این صنعت بدون تأمین یک بازار مطمئن و با تقاضای ثابت و بالا امکانپذیر نخواهد بود که این امر در توجه و تمرکز ویژه به بازارهای جهانی و صادرات محقق خواهد گردید. به عبارت دیگر قبل از ساماندهی صادرات در این بخش توسعه همهجانبهٔ سایر حلقهها نتیجهای جز شکست در بر نخواهد داشت.

فعالیت مؤثر در بخش صادرات نیازمند شرکت در رویدادهای مختلف صادراتی بهصورت هدفگذاریشده است؛ بدین منظور علاوه بر تقویت زیرساختهای صادراتی، مانند اقلام تبلیغاتی، راهاندازی دفاتر نمایندگی در بازارهای هدف، شرکت در نمایشگاههای بینالمللی، حضور در هیئتهای تجاری از نیازهای شرکتهایی است که به فعالیت صادراتی میپردازند.

بازار داخلی

به اذعان قریب به اتفاق بازیگران زنجیره ارزش گیاهان دارویی، مشکل اصلی توسعهٔ گیاهان دارویی ایران در بازار است و ریشهٔ مشکلات بازار نیز در بخش نهادهها و تولید است و در صورت حل این مشکلات حلقههای میانی تحت تأثیر حرکت ابتدا و انتهای زنجیره به سمت بهبود پیش میروند.

واسطهها و خریداران محصولات از کشاورزان به بهانههای مختلفی مانند پایین بودن ظرفیت فرآوری و عدم نیاز به حجم بالای محصولات قیمت خرید را پایین میآورند. کشاورز نیز در این میان قدرت چانهزنی نداشته و برای فروش محصول خود ناچار بهتوافق است. از طرف دیگر کشاورز توان ریسک نداشته و در صورتی که از فروش محصول خود مطمئن نباشد اقدام به کشت نمیکند. این دو مسئله منجر به عدم تمایل کشاورزان به کاشت وسیع گیاهان دارویی میشود. انجام معامله و بستن قرارداد با تعداد زیاد کشاورزان برای واحدهای فرآوری بهصرفه نبوده و به همین جهت واحد فرآوری نمیتواند بهطور مستقیم وارد معامله با کشاورزان شود. از طرف دیگر کشاورزان معمولاً نیاز به تصفیه حساب فوری دارند که برای کارخانهداران مقدور نیست. همچنین به دلیل نبودن سازوکار یا سازمان مشخصی برای قیمتگذاری گیاهان دارویی، قیمتها ثبات ندارند که این موضوع نیز خود مشکلات بازار را تشدید میکند.

امروزه در زمینهٔ گیاهان دارویی در کشورهای توسعهیافته با استفاده از فناوری و کشت گونهها و ارقام اصلاحشده ضمن ارتقای کیفیت محصول، بهبود قابل توجهی در عملکرد حاصل شده است. همچنین در حلقههای بعدی با اتکا به فناوریهای مدرن با حفظ کیفیت محصول، فرآوریهای متنوعی با ارزش افزودهٔ بالا صورت میگیرد. با توجه به اطلاعات مربوط به بازار جهانی، به نظر میآید افزایش حجم فرآوری و توسعهٔ شاخهٔ پایین زنجیره، یعنی تولید و فرآوری حد واسطهای صنعتی ضروری است. همچنین در صادرات ماده خام معمولاً هزینهٔ تمامشده بالاست و نمیتوان در بازار جهانی رقابت کرد ولی هرچه به انتهای زنجیره نزدیک میشویم به دلیل افزایش ارزش افزوده، اثر قیمت بالای محصول خام کاهش مییابد و این امر صادرات و رقابت در بازار جهانی را بهبود میبخشد.

۳- قوانین و سیاست‌گذاری‌ها

در حوزه برداشت از منابع طبیعی و در جهت حفظ مراتع قوانینی که وجود دارد که بهطورکلی حمل و نقل و صادرات گیاهان دارویی را در برخی مواقع با مشکلاتی مواجه میکند. ضمن برداشت گیاهان دارویی از مراتع و مزارع باید کارشناس سازمان مراتع، جنگلها و آبخیزداری گواهی مربوط با این محتوا که این محصول به وزن قیدشده اجازهٔ حمل، جابجایی و یا صادرات را دارد صادر نماید. این قانون گاهی برای جابجایی محصولات کشاورزی گیاهان دارویی نیز مشکل ایجاد میکند و به علت عدم توانمندی در ثبت و ضبط دقیق محل کشت و نوع برداشت ایجاد میشود.

بنا بر بخشنامه گمرک و با توجه به استعلام به عملآمدهٔ گمرک از سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، ضوابط صادرات کالاهای زیر که در چارچوب سیاستهای حفاظت، احیای توسعه، بهرهبرداری و صادرات محصولات فرعی جنگل و مرتع (غیرچوبی) و گیاهان دارویی تدوین شده است عبارتند از:

- ✓ **اقلام غیرمجاز (ممنوعه)** گونههایی که جزو گونههای تهدیدشوندهٔ در حال انقراض و ذخایر ژنتیکی کشور محسوب شده و بهرهبرداری از آنها مطلقاً ممنوع است عبارتند از: ریزوم ثعلب، پیاز و گل لاله سرنگون، پیاز گل نرگس، ریشه ختمی، ریشه کاسنی، ریشه ریواس وحشی، ریشه چوبک، ریشه روناس، پوست درخت محلب، سنبلالطیب، مهرخوش، چلهداغی، سورنجان، ریشه خاس و کوله خاس، ریشه زنبق وحشی، ریشه کوکب وحشی، ریشه شیرینبیان، انواع پیازها (از جمله والک)، قره قات، بیلهر، ریشه سریش، سرخدار، شمشاد، شقایق، انواع لالهها، سوسن چهلچراغ، سنبل خوزستانی، کلیه ریشه و پوست درختان و درختچههای جنگلی (به استثنای اقلام مجاز مشروط).
- ✓ **اقلام مجاز (مشروط)** کرفس وحشی (کلوس)، میوه زرشک وحشی (جنگلی)، ترنجبین، شیرخشت، فرنجمشک، مریم نخودی، پرسیاوشان، چماز، گز شهداد، بیدخشت، زدو، انچوچک، گل نمدار، درمنه، علف گاو زبان، گل نرگس، برگ کنار، برگ مورد، زیره سیاه، میوه محلب، اشتیان، گز خوانسار (گز انگبین، پسته جنگلی، میوه ناخنک، آویشن، گز علفی، گردو و فندق جنگلی، آنغوزه تلخ و شیرین، ترکه ارغوان، باریجه، کتیرا، وشاء، انزروت، کاپاریس (لگجی،) بادام جنگلی (کوهی،) علف چای، عشقه، خزه، سرخس بال عقابی، مرزه خوزستانی (لرستانی)، گل گاو زبان، بومادران، گل بنفشه، مریم گلی، کل کاسنی، گل گندم، گل اروانه، گلرنگ، میوه روناس، تخم

بزرگ (کتان)، تخم مرو، قدومه شیرازی، کشمش کولی، اسفرزه، بادیان، انیسون، بادرنجبویه، برگبو، میوه بنه و بلوط، مازوج (گال بلوط)، پنیرک، بارهنگ، بابونه، شاتره، اسطوخودوس، برگ اکالیپتوس، شکر تیغال، سقز، همیشک، کلیه بذور و میوه درختان و درختچههای جنگلی، اندام هوایی ریواس، موسیر، برگ و سرشاخه کولهخاس، کنگر، قارچ خوراکی (برداشت از مراتع). صادرات اقلام مجاز مشروط منوط به پرداخت بهره مالکانه و تائید اداره کل منابع طبیعی استان بدون اخذ مجوز قبلی از وزارت جهاد کشاورزی بلامانع است.

- ✓ **اقلام زراعی و گلخانهای** صادرات اقلام گیاهان دارویی که منشأ زراعی داشته و از مراتع برداشت نمیگردند پس از تائید رئیس سازمان جهاد کشاورزی استان و اداره کل منابع طبیعی استان، بدون اخذ مجوز قبلی از وزارت جهاد کشاورزی بلامانع است.

آییننامههای سازمان غذا و دارو: سازمان غذا و دارو بهعنوان متولی اعطای گواهیهای سلامت دارویی و غذایی کشور آییننامهها و دستورالعملهایی را در حوزه گیاهان دارویی، داروهای گیاهی و فراوردههای طبیعی تدوین نموده است که در برخی موارد به دلیل عدم توسعه این استانداردها متناسب با شرایط صنعت و تحمیل هزینههای بالا به واحدهایی که تمایل به دریافت این مجوزها را داشته باشند واحدهای فرآوری گیاهان دارویی به سمت واحدهای سنتی و کارگاههای بدون مجوز سازمان غذا و دارو سوق یافتهاند.

۴- تحلیل ریسک

اگر بخواهیم از ابتدای زنجیره به جلو حرکت کرده و ریسک هر بازیگر را بررسی کنیم در گام اول با خطرات مربوط به قسمت تأمین نهاده برخورد میکنیم. برخوردهای غیرمنتظره با بذرهای وارداتی یکی از ریسکهای اصلی در تولید بذر و نشاء گیاهان دارویی است. توضیح بیشتر آنکه علاوه بر موانع و مشکلات موجود بر سر راه واردات بذر که قبلاً به آن اشاره شد، طولانیشدن روند ترخیص بذر ممکن است باعث آسیبدیدگی بذر شود. خطر دیگری که تولیدکنندهٔ نشا و بذر ممکن است با آن مواجه شود، نبود مشتری است؛ چرا که تمایلی به کشت گیاهان دارویی وجود ندارد و کمتر کسی به کشت گیاهان دارویی گرایش

دارد. همچنین کشت وتولید بذر و تحقیقات روی بذرهای اصلاح‌شده به همین دلیل دارای صرفه اقتصادی نیست.

در گام بعدی تولیدکنندهٔ گیاه دارویی قرار دارد. کشاورزان قدرت ریسک بالایی ندارند، لذا تا زمانی که اعتماد آنها به بازار فروش محصول جلب نشود، اقدام به کشت نمیکنند. برای مثال در منطقه ارومیه کشاورزان با وجود ۱۰سال کار روی گونههای مختلف آویشن به دلیل این که بازار مطمئنی برای این گیاه ندیدند مجاب به کشت نشدند. کیفیت گیاه تولیدشده به عوامل بسیاری وابسته است، از جمله میزان بارندگی در طول دورهٔ پرورش، شرایط آب و هوایی بهخصوص ساعات آفتاب، دما و ... که اثر شایان توجهی بر میزان ماده مؤثرهٔ گیاه دارد. البته این موضوعات علاوه بر کیفیت، کمیت گیاه تولیدشده را نیز تحت تأثیر قرار میدهد. این نوسان کیفیت و کمیت خریداران خارجی و داخلی را از عقد قراردادهای خرید منصرف میکند.

علاوه بر کوچک بودن بازار و نوسانات قیمت، بازار گیاهان دارویی به دلیل نبود نظارت متزلزل و شکننده است. همچنین به دلیل نبود طرح کشت و عدم شناسایی نیاز بازار، خطر نوسانات قیمت دوچندان میشود، بهطوری که ممکن است قیمت یک گیاه در یک سال یکدهم سال قبل باشد، یعنی به دلیل قیمت بالای سال قبل، تعداد زیادی از کشاورزان اقدام به کشت گیاه میکنند و میزان عرضه بیشتر از تقاضا شده و در نتیجه قیمت به شدت افت میکند. همچنین ممکن است به دلیل ایجاد تصورات نادرست از شرایط بازار و ایجاد حباب، قیمت گیاه بدون منطق خاصی بالا رفته و خریداران از خرید منصرف شوند.

در حلقهٔ بعدی به واحدهای فرآوری میرسیم. نبود تقاضا و شرایط نامناسب بازار فرآوردههای گیاهان دارویی این واحدها را از افزایش ظرفیت و یا حتی استفادهٔ بیشتر از ظرفیت موجود باز میدارد. از طرف دیگر حدواسطهای صنعتی چینی با وجود کیفیت پایین، به دلیل قیمت کم، بازار واحدهای تولیدکنندهٔ حدواسط صنعتی را مختل میکنند. همچنین گسترش واحدهای سنتی تولید عرقیجات حیات واحدهای صنعتی را بهشدت تهدید میکند چرا که این واحدهای سنتی به دلیل نداشتن هزینههای مالیات، کنترل کیفیت، بیمه و ... محصولات خود را با قیمت پایینتری عرضه میکنند. این موضوع به نوبهٔ خود بازار واحدهای صنعتی تولید عرقیجات را کوچکتر از قبل کرده است.

در مجموع میتوان گفت ریسک اصلی در تولید گیاهان دارویی عدم دسترسی به بازار جهانی و اندازهٔ کوچک بازار داخلی است. به نظر میرسد تولید گیاهان دارویی بدون قرارداد فروش به کلی اشتباه است و باید در طول زنجیره از تأمین نهادهها تا فروش و بازار به این مسئله توجه شود.

۵- تحلیل حکمرانی

وزارت جهاد کشاورزی

از سال ۱۳۷۶ گیاهان دارویی ذیل محصولات دفتر امور گیاهان زینتی و دارویی معاونت باغبانی قرار گرفت؛ در ابتدا گیاهان دارویی کشاورزی و منابع طبیعی تفکیک نشده بودند، این تفکیک بعدها صورت گرفت. اکنون فعالیتهای مربوط به گیاهان دارویی در استانها ذیل معاونت باغبانی جهاد انجام میشود، معمولاً در مراکز آموزش و تحقیقات کشاورزی هم بخشی متناظر با آن وجود دارد که هرباریوم گیاهان دارویی نیز ذیل همان تعریف میشود. در مقیاس ملی هماکنون علاوه بر معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، پس از قرارگرفتن گیاهان دارویی در برنامه اقتصاد مقاومتی جهاد دفتر طرح ملی گیاهان دارویی در این وزارت تشکیل شد که در حال حاضر برنامهریزی کلان برای توسعه گیاهان دارویی و رفع موانع آن را بر عهده دارد. از آنجا که طبق قانون هر بنگاهی که ماده اولیه اصلی آن محصولات کشاورزی باشد باید از وزارت جهاد کشاورزی مجوز بگیرد، در حال حاضر اعطای مجوزهای ایجاد واحدهای فرآوریهای اولیه و حد واسطهای صنعتی گیاهان داروی نیز طبق قانون بر عهده جهاد کشاورزی میباشد؛ به این ترتیب حکمرانی بخش مهمی از زنجیره گیاهان دارویی بر عهده جهاد کشاورزی است. البته سازمان/های دیگری نیز در جهاد و خارج از آن بر این زنجیره مؤثر هستند، مانند سازمان جنگلها و مراتع در موضوع برداشت از مراتع و مجوزها، موسسه تحقیقات بذر و نهال در تأمین داخلی و واردات نهاده مرغوب، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع در اجرای پایلوتهای تحقیقاتی گسترده، صندوق بیمه کشاورزی از سازمانهای وابسته به جهاد کشاورزی و دانشکدهها و پژوهشکدههای گیاهان دارویی، اداره کل طب سنتی و مکمل وزارت بهداشت، سازمان غذا و دارو، وزارت صنعت، معدن تجارت (گمرک و

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

فعالیتهای وزارت بهداشت درمان، آموزش پزشکی در حوزه فرآوردههای گیاهی با تشکیل گروه کارشناسی فرآوردههای گیاهی در سال ۱۳۶۰ همزمان با شروع فعالیت واحدهای تولیدی گیاهی آغاز شد و در سال ۱۳۷۶با تشکیل اداره داروهای گیاهی در چارت سازمانی اداره کل نظارت بر امور دارو و مواد مخدر قرار گرفت. با افزایش تنوع و بهمنظور تمرکز بیشتر بر فرآوردههای طبیعی و داروهای طب سنتی ایران در دی ماه ۱۳۸۵ اداره داروهای گیاهی به اداره داروهای طبیعی تغییر نام یافت و سالها بعد به دلیل افزایش مصرف فرآوردههای طبیعی و اشتیاق مردم به کسب آگاهی در این حوزه، افزایش تولید داروهای با منشأ گیاهی و افزایش توان کشور در واردشدن به بازار تجارت جهانی، در تاریخ ۲۷مهر ۹۲ساختار نظارتی و کنترلی توسعهیافتهای در حوزه فرآوردههای طبیعی و داروهای طب سنتی ایران تشکیل و تحت عنوان اداره کل نظارت و ارزیابی فرآوردههای طبیعی، سنتی و مکمل فعالیتهای خود را در سطح گستردهتری تاکنون ادامه داده است. از جمله دستاوردهای عرصه فرآوردههای طبیعی و

- ✓ افزایش تعداد فرآوردههای طبیعی موجود در فهرست تا ۱۶۱۲ فرآورده طبیعی
- ✓ افزایش تعداد مجوز ساخت مواد اولیه طبیعی (عصاره و اسانس) تا ۳۶۹ ماده اولیه
- ✓ افزایش تعداد داروهای طب سنتی موجود در فهرست تا ۶۳ ۱داروی طب سنتی
- ✓ افزایش تعداد شرکتهای تولیدکنندهٔ فرآوردههای طبیعی تا ۱۰۳ شرکت
- ✓ افزایش تعداد شرکتهای تولیدکننده داروهای طب سنتی ایران تا ۸۶ شرکت
- ✓ افزایش تعداد گیاهان بهکاررفته در فرآوردههای طبیعی تا ۳۲۶ گیاه
- ✓ دستههای درمانی فرآوردههای طبیعی در ۵۳ دسته
- ✓ انجام نظارت، پایش و کنترل کیفی فرآوردههای طبیعی و داروهای طب سنتی ایران طبق برنامه مصوب.

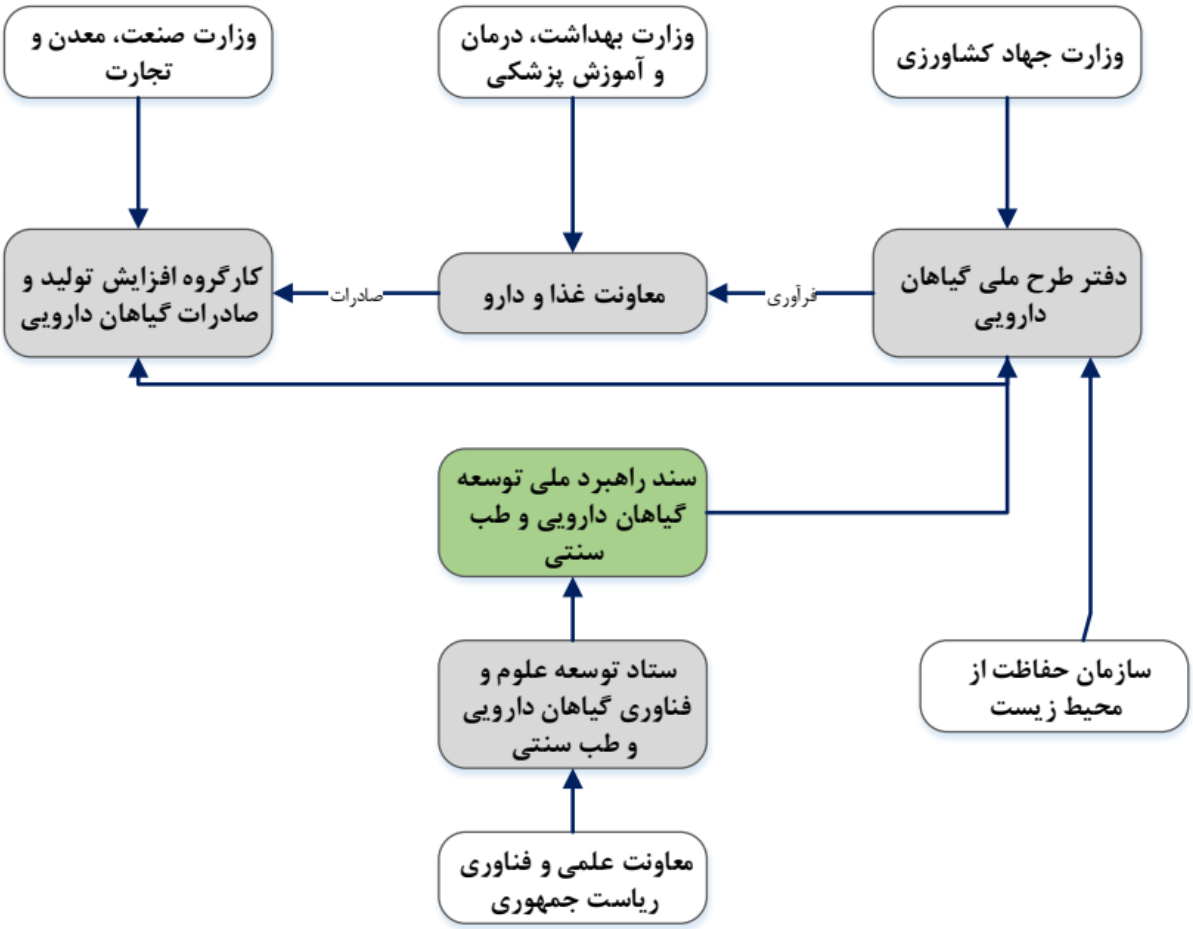
وزارت صنعت، معدن و تجارت

پس از تشکیل قرارگاه اقتصاد مقاومتی و انتخاب گیاهان دارویی بهعنوان یکی از موضوعات مورد توجه در اقتصاد مقاومتی به موازات دفتر طرح ملی گیاهان دارویی در وزارت جهاد، کارگروه تخصصی افزایش تولید و صادرات گیاهان دارویی در برنامه اقتصاد مقاومتی نیز در بهمن ۹۵ در وزارت صمت تشکیل شده است. این کارگروه وظیفه رفع موانع تولید و کمک به توسعه صنعت داروهای گیاهی و فرآوردههای

طبیعی را بر عهده دارد. از دستاوردهای وزارت صمت در این حوزه میتوان به ایجاد ردیف تعرفه مجزا برای «انواع دارو با منشأ طبیعی» در کتاب مقررات صادرات و واردات سال ۹۴ بهمنظور شفافسازی صادرات و واردات داروهای گیاهی و تدوین سند بخشی نقشهٔ راه فرآوردهها و داروهای گیاهی در سال ۹۴ اشاره کرد. همچنین صادرات محصولات این زنجیره زیر نظر وزارت صمت است. با توجه به تجربه این وزارت درحمایت از ایجاد شرکتهای مدیریت صادرات در سایر حوزهها اهتمام به این امر در حوزه گیاهان دارویی و فراوردهها هم میتواند از مهمترین فعالیتهای توسعهای این بخش در نظر گرفته شود.

ستاد توسعهٔ فناوری گیاهان دارویی و طب سنتی

ستاد توسعه فناوری گیاهان دارویی و طب سنتی وظیفه سیاستگذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی، پایش شاخصها و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی اعم از دولتی و خصوصی را برای گسترش فناوری و صنایع دانشبنیان در بخش گیاهان دارویی و طب سنتی در چارچوب سند ملی گیاهان دارویی بر عهده دارد. هماکنون دبیرخانه این ستاد واقع در معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری بیشتر بر فناوریهای حوزهٔ کاشت، داشت، برداشت و فرآوری گیاهان دارویی تمرکز دارد و علاوه برآن ستاد از طرحهای نوآورانه در شرکتهای خصوصی و مراکز پژوهشی دولتی حمایت می‌کند. نهادهای اصلی حکمرانی زنجیرهٔ گیاهان دارویی و روابط بین آنها در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. نهادهای اصلی حکمرانی زنجیرهٔ ارزش گیاهان دارویی

۶-۲ بررسی تطابق و سازگاری محصولات جدید با شرایط اقلیمی، کمیت و کیفیت منابع آب و کیفیت اراضی

۶-۳ بررسی جنبه‌های اقتصادی (درآمد، هزینه و سودآوری نسبی) محصولات جایگزین در حوضه آبریز ارومیه

۶-۴ بررسی جنبه‌های زیست‌محیطی و فرهنگی-اجتماعی کشت محصولات جایگزین در منطقه

۶-۵ بررسی جنبه‌های مرتبط با آب محصولات جایگزین (نیاز آبی،کارایی مصرف آب و ...) با توجه به شرایط جدید منابع آب (کاهش ۴۰٪)

۶-۶ اولویت‌بندی محصولات جدید جایگزین به لحاظ شاخص‌های اقتصادی، تطابق اقلیمی، مصرف آب (آب‌بری) و ارزش افزوده

۶-۷ بررسی اثربخشی کشت محصولات جایگزین پیشنهادی در مقایسه با کشت‌های موجود در کمک به کاهش وابستگی به آب در سطح حوضه آبریز

۲- آنچه در ادامه این بخش خواهد آمد نتایج تولیدشده در این گزارش توسط مجری و همکاران و همچنین گردآوری و بررسی مستندات فعالیت‌های سایر مشاوران ستاد احیاء، به ویژه فعالیت‌ها و خروجی‌های معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی و مدیریت الگوی ملی کشت می‌باشد.

علاوه بر بندهای ۶-۲ تا ۶-۷ شرح خدمات، در این بخش بحث الگوی کشت (موضوع بند ۴-۷ شرح خدمات[1]) و ترسیم نقشه‌های گیاهی و بررسی تناسب اقلیمی و خاکی (موضوع بندهای ۶-۱ و ۷-۱ شرح خدمات[2]) نیز در این قسمت ارائه شده است که دلیل آن، تسلسل و پیوستگی مطالب مربوط به

۱- بند ۴-۷ شرح خدمات: طراحی اگرواکولوژیک الگوی کشت حوضه با هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی

۲- بند ۶-۱ شرح خدمات: بررسی تناسب اقلیمی (آب و هوایی) به منظور پیش‌بینی سال‌های با احتمال دستیابی به عملکرد پتانسیل و سال‌های همراه با ریسک اقلیمی در تولیدات کشاورزی؛ بند ۷-۱ شرح خدمات: ترسیم نقشه‌های گیاه زراعی-مبنا به تفکیک متوسط شرایط اقلیمی و تغییرپذیری اقلیمی برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه

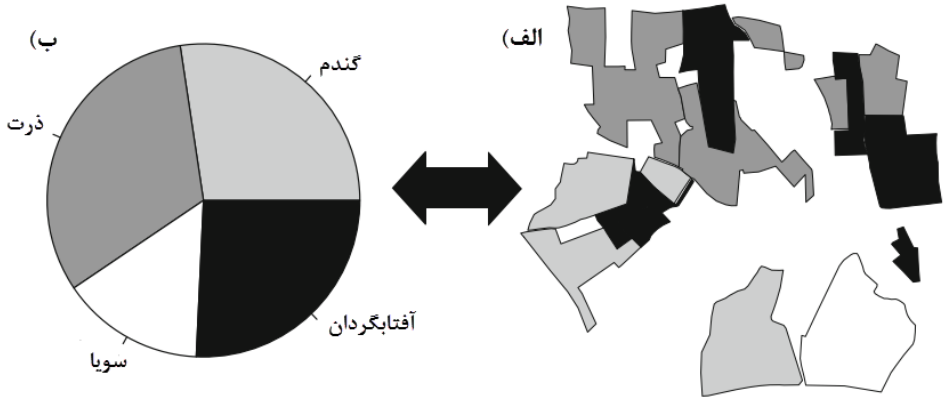
پهنه‌بندی اگرواکولوژیک، الگوی کشت و نقشه‌های تولیدشده گیاهی و منطقه‌ای است. بنابراین برای جلوگیری از تکرار مطالب، این موضوعات به ترتیب شرح خدمات در گزارش نهایی ارائه نشده است.

مقدمه

امروزه در عرصه کشاورزی جهان، واژه کشاورزی پایدار جایگاه ارزنده و ویژه‌ای دارد. کشاورزی پایدار، فعالیتی علمی و مبتنی بر اصول اکولوژیک است که هدف اصلی آن ایجاد حالت تعادل و رسیدن به پایداری در تولید محصول می‌باشد. به طور کلی، کشاورزی پایدار با مجموعه‌ای از اهداف، نظیر تولید غذای بیشتر، حفاظت از منابع پایه تولید و بهبود رفاه انسان تعریف می شود. پذیرفته‌ترین تعریفی که می‌توان برای کشاورزی پایدار ارائه کرد عبارت است از: نظام کشاورزی که در بلندمدت: ۱) نیاز غذایی و پوشاک انسان را تامین می‌نماید، ۲) سلامت محیط زیست و منابع طبیعی وابسته را بهبود می‌بخشد، ۳) از منابع تجدیدناپذیر و سایر منابع موجود با بیشترین کارایی استفاده می‌کند، ۴) پایداری اقتصادی مزرعه را تقویت می‌کند و در نهایت ۵) کیفیت زندگی کشاورزان و جامعه را بهبود می‌بخشد (Hildén *et al.*, 2012). این نوع نظام کشاورزی باید از لحاظ فنی امکان‌پذیر، از نظر اقتصادی موجه، از نظر سیاسی مناسب، از جنبه مدیریتی اجراشدنی، از دیدگاه اجتماعی پذیرفتنی و به لحاظ محیطی سازگار باشد (کوچکی، ۱۳۷۶).

طراحی الگوی کشت مناسب یکی از ضروری‌ترین برنامه‌ریزی‌هایی است که در راستای پایداری سیستم‌های کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها مورد توجه قرار دارد. بر خلاف اتفاق نظری که در مورد تعریف تناوب زراعی (توالی کشت گیاهان مختلف یا گیاه و آیش در یک قطعه زمین مشخص) (تنوع در زمان) وجود دارد، تعاریف مختلفی از الگوی کشت وجود دارد. به طور کلی، پراکنش مکانی (تنوع در مکان) نوع محصولات کشت‌شده مهم‌ترین ویژگی الگوی کشت است (Martínez-Casasnovas et al., 2005) (شکل ۸).

سازمان خوار و بار جهانی (۱۹۹۶) الگوی کشت را اینگونه تعریف می‌کند: "تناوب محصولات کشاورزی در یک آرایش مکانی". در تعریف دیگر، الگوی کشت "ترکیب و نسبت محصولات زراعی مختلف یک منطقه را نشان می‌دهد که در بعد مکانی و زمانی تغییر پیدا می‌کند" (Lahu and Dhanaji, 2010; Sujatha et al., 2011).



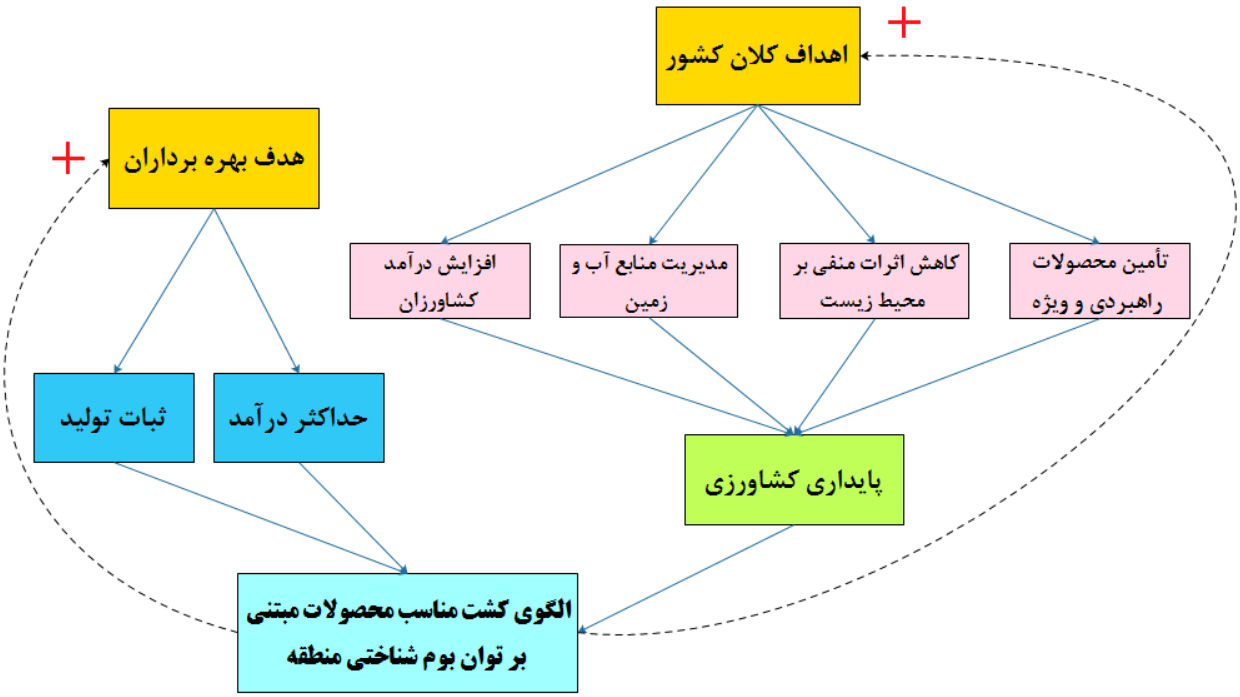
شکل ۸. آرایش مکانی (الف) و سطح زیر کشت محصولات (ب) به عنوان دو مشخصه اصلی الگوی کشت

بونتکس و وان‌کیولن (۲۰۰۳) الگوی کشت را "آرایش مکانی (فضایی) کشت محصولات زراعی در یک منطقه، بدون در نظر گرفتن توالی سالانه این محصولات، می‌دانند که تحت تأثیر اقلیم، خاک، امکانات موجود، و عوامل اجتماعی-اقتصادی قرار می‌گیرد". در سایر تعریف‌ها تأکید خاصی بر توزیع مکانی محصولات نشده است و الگوی کشت بیشتر به عنوان فهرست محصولات زراعی است که در یک منطقه و طی سال‌های متوالی تولید می‌شوند (سارکر و همکاران، ۱۹۹۷)، و یا حتی بدون در نظر گرفتن توزیع مکانی یا توالی آن‌ها در سال‌های مختلف، تنها شامل فهرست محصولات معمول یک منطقه است (Singh et al., 2001; Bigman and Srinivasan, 2002).

بر اساس تعاریف فوق، طراحی الگوی کشت را می‌توان "تعیین هدفمند نوع محصول، پهنه جغرافیایی تولید و مقدار آن در بازه زمانی مشخص" دانست. به عبارتی، کشت محصولات در یک منطقه باید با توجه به منابع موجود، قیمت محصولات، هزینه‌های تولید، عملکرد محصول، رعایت ملاحظات محیط زیستی، نیاز کشور و سیاست‌های درست انجام شود و تصمیم‌گیری در انتخاب گیاهان زراعی یا باغی مناطق مختلف براساس زیر ساخت‌های موجود، مسائل اجتماعی – اقتصادی و سطح تکنولوژی با حفظ منابع پایه تولید در جهت تامین نیازهای اساسی کشور باشد.

در طراحی الگوی کاشت باید سیستم مورد طراحی از جنبه‌های اکولوژیک (به ویژه محیطشناسی)، قابلیت‌ها (به ویژه ظرفیت تولید)، میزان انطباق با سیاست‌گذاری‌های کلان دولت در بخش کشاورزی، انطباق فرهنگی با دانش بومی و نیازهای منطقه‌ای، تضمین اقتصادی، بهره‌وری بالا به ازای عوامل محدودکننده تولید در منطقه، توانمندی های اجرایی و نظایر آن مورد تحلیل قرار گیرد. بنابراین با طراحی الگوی کشت مناسب برای یک منطقه می‌توان علاوه بر تقویت پایداری کشاورزی، در راستای تحقق اهداف کلان ملی و هدف خُرد کشاورزان که عمدتاً حصول حداکثری سود است، حرکت نمود.

در واقع، کشاورزان تمایل دارند محصولی را برای کشت انتخاب کنند که بیشترین سود اقتصادی را به همراه داشته باشد. از طرفی، در اهداف کلان کشور علاوه بر درآمد کشاورزان، تولید محصولات زراعی راهبردی، حفاظت از منابع پایه تولید (نظیر آب و خاک)، افزایش اشتغال، کاهش اثرات محیط زیستی فعالیت‌های کشاورزی و غیره مورد توجه قرار می‌گیرد (محمدزاده، ۱۳۹۶؛ شکل ۹).



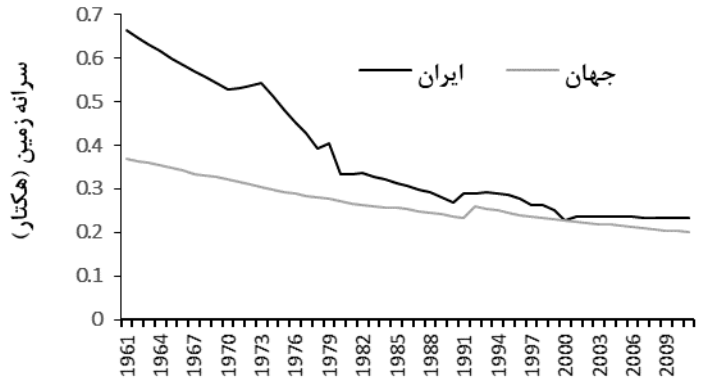
شکل ۹. تحقق اهداف کلان ملی و هدف بهره‌برداران با طراحی الگوی کشت مناسب هر منطقه

بنابراین، انتخاب نوع محصـــول باید با تلفیق همه اهداف و ملاحظه تمامی ابعاد و جوانب متعارض برنامه‌ریزی کشاورزی صورت پذیرد. پس از بررسی وضعیت موجود الگوی کشت و ارزیابی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک محصولات زراعی و باغی، سوال اساسی این است که چه مقدار از منابع پایه به هر کدام از انواع محصـولات اختصـاص یابد تا منابع موجود به طور کارا و موثر مورد اسـتفاده و بهره‌برداری قرار بگیرند و رضـــایت‌بخش‌ترین موازنه در رابطه با اهداف متعارض و چندوجهی حاصـــل شود. در هر صورت، امکان‌پذیر بودن گزینه‌های موجود برای تصمیم را میزان موجود منابع و نیاز هر فعالیت به آن‌ها تعیین و مدیریت می‌کند.

لزوم بازطراحی الگوی کشت در ایران

کشاورزی ایران با داشتن سابقه چندین هزار ساله، تنوع اقلیمی، تنوع زیستی غنی، منابع انسانی و سابقه تجربی در تولید طیف وسیعی از محصولات کشاورزی، سهم عمده‌ای از اقتصاد کشور را به خود اختصاص می‌دهد اما این بخش حیاتی با چالش‌های جدی روبرو است که در صورت عدم مدیریت مناسب، پایداری تولید محصولات کشاورزی را با تهدید جدی مواجه خواهد ساخت. تغییرات اقلیمی، پایین آمدن سطح ایستایی سفره‌های آب زیرزمینی، بیلان منفی بیش از نیمی از دشت‌های کشور، فرسایش شدید خاک‌های کشاورزی و کاهش سرانه اراضی زراعی، مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی، از بین رفتن تنوع زیستی کشاورزی، تولید محصول بدون نیازسنجی و توجه به کشش بازار و میزان بالای ضایعات محصولات کشاورزی، اقتصاد حاشیه بازار و غیره از جمله معضلاتی است که گریبان‌گیر کشاورزی کشور شده است. در این بین، چالش‌های مربوط به منابع پایه تولید یعنی آب و خاک بیشتر از سایر موارد تولیدات کشاورزی کشور را تحت تاثیر قرار داده است و با تغییرات اقلیمی شدت بیشتری پیدا می‌کند. به طوری که گزارش‌های موجود در مورد آب مؤید این مطلب است که بر اساس شاخص فالکنمارک، ایران با سرانه منابع آب تجدیدپذیر ۱۷۱۸ مترمکعب در سال ۲۰۱۱ در آستانه قرار گرفتن در بحران تنش آبی بوده و بر اساس شاخص سازمان ملل و موسسه بین‌المللی مدیریت آب، در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). برآوردها نشان می‌دهد که از مجموع ۶۰۹ دشت کشور در حال حاضر حدود ۲۲۸ دشت (۳۷/۴ درصد) جزء دشت‌های ممنوعه با وضعیت عادی و ۶۶ دشت (۱۰/۸ درصد) در شرایط ممنوعه با وضعیت بحرانی قرار دارند. ادامه این روند، سبب می‌شود که هرگونه برنامه‌ریزی برای توسعه ظرفیت تولید در بخش کشاورزی بدون توجه به مقوله مدیریت مناسب آب در این بخش به آسیب بیشتر منابع آب و خاک کشور منجر شود (محمدجانی و یزدانیان، ۱۳۹۳).

گزارش‌های موجود در مورد خاک نیز نشاندهنده این واقعیت است که فرسایش خاک ایران بالغ بر ۳۳ تن در هکتار است (قدیمی و همکاران، ۲۰۱۵). سرانه زمین کشاورزی نیز روندی نزولی را طی می‌کند به طوری که این رقم در سال ۱۳۵۲ حدود ۵۰۰۰ متر مربع بود که در سال ۱۳۷۰ به ۲۹۰۰ متر مربع و در سال ۱۳۸۰ به ۲۲۰۰ متر مربع رسید و پیش بینی می‌شود که این رقم در سال ۱۴۰۰ به ۱۱۰۰ متر مربع برسد (شکل ۱۰، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳).



شکل ۱۰. روند کاهشی سرانه زمین‌های کشاورزی در ایران و جهان

بنابراین، محدودیت زمین‌های زراعی و تداوم کاهش سرانه آن می‌تواند به چالشی جدی فراروی کشاورزی ایران در آینده بدل شود و راهکاری جز برنامه‌ریزی مناسب برای افزایش بهره‌وری و استفاده پایدار از این منبع محدود باقی نمی‌ماند. لذا به نظر می‌رسد داشتن یک برنامه ملی منسجم در تولید محصولات یکی از ضروری‌ترین اولویت‌ها در بخش کشاورزی می‌باشد که بتواند ضمن کاهش سرعت تخریب منابع پایه تولید، تحقق اهداف کشاورزی پایدار را در بلندمدت تضمین نماید. تردیدی نیست که این هدف بدون داشتن الگوی مناسب کشت محصولات تحقق پیدا نخواهد کرد.

ضرورت اصلاح الگوی کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت حدود ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است که آثار و پیامدهای کم‌آبی در آن به ویژه در چند دهه اخیر بسیار مشهود بوده است به طوری که از ۴۰ سال گذشته میزان آب و حجم دریاچه ارومیه به عنوان دومین دریاچه بزرگ فوق‌شور جهان حدود ۸۰٪ کاهش یافته است (شادکام و همکاران، ۲۰۱۶). دریاچه ارومیه به دلیل برخورداری از ویژگی‌های طبیعی و بوم شناختی منحصر به فرد، به عنوان پارک ملی و به همراه جزایر کبودان و قیون‌داغی جزو مناطق حفاظت‌شده به شمار می‌رود و توسط یونسکو به عنوان سایت رامسر (تالاب بین‌المللی) و ذخیره‌گاه زیست‌کره اعلام شده است (ایمانی‌فر و محبی، ۲۰۰۷؛ شادکام و همکاران، ۲۰۱۶) که در نتیجه خشکسالی‌های اخیر به شدت مورد تهدید قرار گرفته است. کاهش آب قابل دسترس، بروز طوفان‌های گرد و غبار نمکی، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و

بیابان‌زایی، به خطر افتادن سلامت انسان‌ها، دام‌ها و تنوع زیستی منطقه و بروز مشکلات اجتماعی نظیر مهاجرت‌ها بخشی از تهدیداتی است که در صورت پسروی آب و خشک شدن دریاچه ارومیه برای آینده نه چندان دور قابل پیش‌بینی است و به شدت ساکنان مجاور دریاچه و حتی استان‌های همجوار را تهدید می‌نماید (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴).

مطالعات انجام گرفته عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه را ترکیبی ازعوامل انسانی و اقلیمی نظیر تغییرات اقلیمی و ا ستمرار خ شک سالی‌ها، تو سعه نامتوازن بخش ک شاورزی در حو ضه آبریز، بردا شت بیش از حد مجاز از منابع آب تجدیدپذیر، احداث میان‌گذر دریاچه ارومیه، احداث سدها و غیره گزارش کرده‌اند (آقاکوچک و همکاران، ۲۰۱۵؛ جلیلی و همکاران، ۲۰۱۶؛ شادکام و همکاران، ۲۰۱۶)، اما سهم عوامل اثرگذار در خشک شدن دریاچه ارومیه در متون علمی متفاوت گزارش شده است. علیزاده و همکاران (۲۰۱۸) سهم عوامل انسانی و اقلیمی در خشک شدن دریاچه ارومیه را به ترتیب ۸۰ ٪ و ۲۰٪ گزارش کردند و آزادسازی آب بیشتر از سدها و تغییر ترکیب کشت از محصولات با نیاز آبی بالا به محصولات با نیاز آبی کمتر را برای احیای دریاچه پیشنهاد دادند. حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) سهم کاهش حجم جریانات رودخانه‌ای در نتیجه تغییرات اقلیمی و استفاده بیش از حد از آن‌ها، احداث سدها و کاهش بارندگی‌ها در خشک شدن دریاچه ارومیه را به ترتیب ۶۵ درصد، ۲۵ درصد و ۱۰ درصد گزارش کردند. شادکام و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات اقلیمی را عامل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر گزارش کردند و سهم عوامل انسانی نظیر افزایش مصرف آب در کشاورزی را نسبتاً کمتر عنوان کردند. چودری و همکاران (۲۰۱۸) هر دو عامل انسانی و اقلیمی را در خشک شدن دریاچه ارومیه موثر دانستند اما عامل ا صلی افت شدید آب از سال ۱۹۹۵ الی ۲۰۱۰ را ناشی از مدیریت آب و افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی بیان کردند و کاهش برداشت آب و افزایش راندمان مصرف آب در کشاورزی را از اقدامات موثر برای رسیدن به تعادل دریاچه در بلندمدت گزارش کردند.

در هر صورت، بخش قابل توجهی از آب موجود در حو ضه آبریز ارومیه در بخش ک شاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا مدیریت مناسب مصرف آب در این بخش تا حد زیادی می‌تواند در روند احیای دریاچه ارومیه موثر واقع شود. یکی از مهمترین و موثرترین سیا ست‌ها و اقداماتی که می‌توان در راستای تخصیص بهینه منابع محدود به ویژه آب مورد توجه قرار بگیرد، اصلاح الگوی کشت می‌با شد. در طراحی الگوی کا شت باید سیستم مورد طراحی از جنبه‌های اکولوژیک، قابلیت‌ها، میزان انطباق با سیاست‌گذاری‌های کلان دولت در بخش کشاورزی، انطباق فرهنگی با دانش بومی و نیازهای

منطقه‌ای، تضمین اقتصادی، بهره‌وری بالا به ازای عوامل محدودکننده تولید در منطقه، توانمندی‌های اجرایی و نظایر آن مورد تحلیل قرار گیرد. بنابراین با طراحی الگوی کشت مناسب برای یک منطقه می‌توان علاوه بر تقویت پایداری کشاورزی، در راستای تحقق اهداف کلان ملی و هدف خرد کشاورزان که عمدتاً حصول حداکثری سود است، حرکت کرد. بنابراین، انتخاب نوع محصول باید با تلفیق همه اهداف و ملاحظه تمامی ابعاد و جوانب متعارض برنامه‌ریزی کشاورزی صورت پذیرد.

۳- مراحل و روش بهینه‌سازی الگوی کشت

۳-۱- بررسی وضعیت الگوی کشت فعلی

اولین گام برای بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی و باغی در یک منطقه بررسی شرایط موجود است. بدین منظور اطلاعات سطح کشت و عملکرد محصولات زراعی و باغی طی ۳۰ سال گذشته مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان تغییر در ترکیب کشت محصولات محاسبه شد.

۳-۲- نیاز آبی گیاهان و کل آب مصرفی در منطقه

در مطالعه حاضر، نیاز آبی خالص گیاهان از نرم‌افزار Netwat استخراج شد و نیاز ناخالص آبیاری برای هر محصول بر مبنای راندمان آبیاری ۵۵٪ محاسبه گردید. همچنین، کل آب مصرفی برای هر الگو از حاصلضرب نیاز ناخالص آبیاری در سطح کشت هر محصول به دست آمد.

۳-۳- ارزیابی نیاز به محصولات ویژه در منطقه

یکی از موضوعاتی که در طراحی الگوی کشت بهینه مورد توجه قرار می‌گیرد، برآورد نیاز به محصولات ویژه نظیر محصولات علوفه‌ای شامل یونجه، جو و ذرت برای تامین نیاز دام منطقه می‌باشد. به عبارت دیگر، برای تامین نیاز منطقه باید حداقل سطح زیر کشتی را برای محصولات مذکور در نظر گرفت. این حداقل سطح در مورد محصولات علوفه‌ای را می‌توان بر اساس کل مواد غذایی قابل هضم (TDN)[1] مورد نیاز دام و طیور منطقه محاسبه نمود (جدول ۷). برای این منظور، ابتدا تعداد دام و طیور مناطق به تفکیک گاو و گوساله، گوسفند و بره، بز و بزغاله، گاومیش و بچه گاومیش، شتر و بچه شتر و طیور

1 Total Digestible Nutrients

از گزارش معاونت آمار و اطلاعات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان استخراج شد. سپس، با توجه به ضرایب مربوطه، تعداد دام‌های منطقه به واحد دامی تبدیل شد که در مطالعه حاضر هر گوسفند به عنوان یک واحد دامی در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن نیاز روزانه هر واحد دامی بر اساس ۱ کیلوگرم کل مواد غذایی قابل هضم (سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، ۱۳۹۱)، نیاز سالانه دام منطقه محاسبه گردید.

جدول ۷. درصد انرژی قابل هضم هر یک از منابع تأمین کننده غذای دام بر حسب TDN

یونجه خشک (برداشت در گلدهی)	۵۸
سبوس گندم	۷۰
دانه جو	۸۴
کاه گندم و جو	۴۴
ذرت علوفه‌ای (مرحله شیری)	۶۵
کنجاله آفتابگردان	۶۵
کنجاله سویا	۸۴
کنجاله پنبه‌دانه	۷۷

منبع: (Preston, 2015)

برای محاسبه TDN مورد نیاز از هر یک از منابع، جیره غذایی دام سنگین (گاو وگوساله و گاومیش و بچه گاومیش) ۲۴/۳ درصد کاه، ۱۹/۲ درصد ذرت سیلو شده، ۱۷/۵ درصد یونجه، شبدر و اسپرس خشک، ۱۲/۵ درصد کنسانتره آماده، ۹ درصد سبوس، ۷/۴ درصد جو و ۱۰/۱ درصد سایر انواع خوراک دام و جیره غذایی دام سبک (گوسفند و بره و بز و بزغاله) ۳۴/۳ درصد کاه، ۲۲/۳ درصد یونجه، شبدر و اسپرس خشک، ۲۲/۲ درصد جو، ۴/۷ درصد سبوس، ۳/۸ درصد کنسانتره آماده، ۲/۸ درصد ذرت سیلو شده و ۹/۹ درصد سایر انواع خوراک دام در نظر گرفته شد (مطابق مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی آمارگیری از دامداری کشور، ۱۳۹۶). سپس بر اساس ضریب TDN هر یک از منابع تامین علوفه و عملکرد محصولات، کل سطح کشت آبی لازم برای تولید محصولات علوفه‌ای مورد نیاز محاسبه گردید (محمدزاده، ۱۳۹۶).

۳-۴- ضرایب فنی

در طراحی الگوی کشـــت بهینه، دقت لازم در برآورد ضـــرایب فنی که به نوعی ابزار انتقال ویژگی‌های کلی محیط واقعی به الگوی برنامه‌ریزی هستند اهمیت بسیار زیادی دارد. ضرایب فنی در واقع میزان نهاده‌های مصرفی، وضعیت تولید، شاخص‌های اقتصادی و هر شاخص کمی دیگر در واحد سطح برای هر یک از محصـولات زراعی و باغی را نشـان می‌دهد. برای محاسـبه ضـرایب فنی، اطلاعات مورد نیاز شامل هزینه‌های تولید و عملکرد محصولات از سازمان جهاد کشاورزی مرکز استان‌ها دریافت گردید.

۳-۵- شناسایی محدودیت‌ها و پتانسیل‌های منطقه

۳-۵-۱-**محدودیت‌ها**. شناسایی محدودیت‌ها یکی از گام‌های اساسی در فرایند طراحی الگوی کشت مناسب به شمار می‌رود که می‌تواند محدودیت منابعی نظیر آب و زمین تا محدودیت نیروی انسانی، ماشین‌آلات و غیره را در بر گیرد. شناخت دقیق محدودیت‌ها سبب می‌شود تا الگوی کشت متناسب با واقعیت‌های موجود منطقه طراحی شده و اجرای آن با موفقیت همراه شود. در این میان، آب به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید در بسیاری از دشت‌های کشور به شمار می‌رود که تامین سالانه و ماهانه آن برای تولید محصولات کشاورزی با محدودیت مواجه می‌باشد. در این مطالعه، میزان آب قابل دسترس به صورت سالانه و ماهانه، حداکثر سطح زمین‌های قابل کشت و نیاز دام منطقه به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد. همچنین، برای اینکه سطح محصولات مورد مطالعه به صورت قابل کنترل افزایش یا کاهش پیدا کند، حداکثر سطح قابل تغییر برای هر محصول ۵۰ درصد سطح کشت فعلی آن در نظر گرفته شد.

۳-۵-۲-**پتانسیل‌ها**. به منظور طراحی و پیاده‌سازی الگوی کشت مناسب ضروری است تا پتانسیل‌های منطقه شامل پتانسیل تولید اراضی برای محصولات زراعی و باغی مورد ارزیابی قرار گیرد. به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای تولید هر یک از محصولات زراعی و باغی، شاخص‌های مختلف خاکی، اقلیمی و گیاهی به دست آمده و بر اساس آن پهنه‌های بسیار مناسب (S_1)، مناسب (S_2)، نسبتاً مناسب (S_3) و نامناسب (N) برای تولید محصولات مورد مطالعه مشخص می‌شود (*FAO, 1985*). پس از مشخص شدن سطح بهینه هر محصول در الگوی کشت پیشنهادی، جانمایی جغرافیایی آن با استفاده از نقشه‌های پتانسیل اراضی صورت می‌گیرد.

۳-۶-بهینه‌سازی الگوی کشت

۳-۶-۱-روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی

برنامه‌ریزی آرمانی به طور عمده برای دستیابی بـــه راه حل بهینه در مسائلی بهکارگرفته می‌شود که مســـــتلزم هدف‌ها وآرمان‌های متعدد باشـد. این روش در عین دارا بودن انعطاف‌پذیری برنامه‌ریزی خطی، همزمان هدف‌های متضادی را می‌تواند در برگیرد و بـــا توجه بـــه اولویت‌های تعیین شده برای

هر هدف، جـــواب بهینه را ارائه کند. ازآنجا که همواره امکان تحقق کامل هدف‌های تعیین شده وجود ندارد، دستیابی به هدف‌های گوناگون بـــا توجـــه بـــه اهمیت نســـبی آنها برآورده می‌شود. لذا، تصمیمگیرنده ملزم می‌شود که به جای رسیدن به یک هدف بهینه، برای دستیابی به ســـطح رضایت بخشی از چند هدف تلاش کند. در واقـــع تـــابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی، یک تابع هدف تلفیقی از هدف‌های متعدد است که تصمیم گیرنده خواهان دستیابی به آنها است (رجبی، ۱۳۹۱).

در روش برنامه‌ریزی آرمانی به کار گرفته شـــده به جای این که مقادیر خود توابع هدف به مقدار آرمانی سوق داده شود، تلاش بر این ا ست که مقدار مطلوبیت بهینه شود. مطلوبیت هر تابع هدف با اســـتفاده از منطق فازی (و روش فازی مثلثی) عددی بین صـــفر و ۱ تعریف می‌شـــود و به میزانی که مقدار تابع هدف به مقدار آرمانی آن نزدیکتر باشـــد، این مطلوبیت مقدار می‌گیرد. فرض می‌شـــود مطلوبیت بهینه برای توابع هدف ماکزیمم‌ســازی ۱ و برای توابع هدف مینیمم‌ســازی صـفر اسـت. این روش فاصله مطلوبیت هر تابع هدف را از مقدار بهینه آن به صورت تعادلی و متناسب اوزان توابع هدف کمینه می‌کند. در ادامه نحوه محاسبه مطلوبیت و مدلسازی تشریح شده است.

برای محاسبه مطلوبیت توابع هدف مبتنی بر رویکرد فازی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$U(f_i) = \begin{cases} 0 & ; \quad if\ f_i \le f_i^{min}. \\ \dfrac{f_i - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}} & ; \quad if\ f_i > f_i^{min}\ and\ f_i < f_i^{max}. \\ 1 & ; \quad if\ f_i \ge f_i^{max}. \end{cases}$$

که f_i^{min} و f_i^{max} به ترتیب بیشـــترین و کمترین مقداری اســـت که تابع هدف i ام می‌تواند اتخاذ کند. بسته به اینکه جنس تابع هدف max یا min باشد، این مقادیر همان مقادیر آرمانی ما محسوب می‌شوند و می‌توان آنها را از حل مدل ریاضی با صرف نظر کردن سایر توابع هدف یا با کمک خبره به دســـت آورد. اما مزیت روش اول در این اســـت که اجازه نمی‌دهد مقدار آرمانی عددی فراتر از توانمندی‌های تعیین شده از طریق محدودیت‌ها باشد. در این جا تعیین مقدار نقطه مقابل بهینه (یعنی مثلا f_i^{min} برای تابع هدف max) حائز اهمیت اســـت. از این جهت که تعیین آن خارج از تغییرات واقعی مقدار تابع هدف ممکن اسـت، باعث شـود مطلوبیت به درسـتی برای آن محاسـبه نشـود. برای محاســـبه مقادیر مقابل بهینه هر تابع هدف، مقدار تمام توابع هدف در شـــرایطی که تنها یکی از آنها بهینه می شـــد حفظ و در نهایت از طریق تعیین ماکزیمم و مینیمم آنها، حدود این بازه محاســـبه می‌شود.

در ادامه توابع هدف با اضـافه کردن متغیرهای انحراف به شـکل (*) و (**) به ترتیب برای توابع هدف از جنس بی شینه و کمینه سازی به عنوان محدودیت به مدل ا ضافه شده و تابع هدف نهایی به صورت (***) در می‌آید. لازم به تو ضیح ا ست که در (*) مقدار d_i^+ و در (**) مقدار d_i^- به خاطر ماهیت مسئله قطعاً برابر صفر خواهد بود و تنها برای حفظ عمومیت نوشتاری آورده شده‌اند.

$\frac{f_i - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}} + d_i^- - d_i^+ = 1$	*
$\frac{f_i - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}} + d_i^- - d_i^+ = 0$	**
$Min \quad \sum_i w_i(d_i^- + d_i^+)$	***

۳-۷- تعریف متغیرها، پارامترها و اهداف

متغیرهای تصمیم

X_c: سطح زیر کشت محصول c در طول فصل زراعی

پارامترهای مدل

L_s: کل منطقه‌ای (بر حسب هکتار) که در حال حاضر برای کشت محصولات زراعی و باغی آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

P_c : میزان تولید محصول c در هکتار در طول فصل زراعی (کیلوگرم در هکتار)

Pr_c : قیمت محصول c در فصل زراعی (ریال/ کیلوگرم)

C_r: بر آوردی از کل هزینه مورد نیاز در سال برای تأمین منابع تولید (ریال)

GP_c : ارزش ناخالص تولیدی محصول c در هکتار (ریال در هکتار)

NR_c : میزان سود خالص محصول c در هکتار (ریال در هکتار)

EWP_c : بهره‌وری اقتصادی آب در تولید محصول c در هکتار (ریال بر مترمکعب)

W_{cm}: آب مورد نیاز محصولات به تفکیک ماه‌های سال (مترمکعب در هکتار)

۳-۸- محدودیت‌های مدل

محدودیت‌هایی هســـتند که امکان تخطی از آنها وجود ندارد و مقدار متغیرهای تصـــمیم باید در آنها صدق کند. این محدودیت‌ها عبارتند از:

۳-۸-۱- **محدودیت ماهانه آب.** یکی از منابع اصلی تولید که به عنوان عامل محدود کننده الگوی کشت در یک منطقه عمل می‌کند آب است که در این مطالعه این محدودیت به صورت ماهانه (حداکثر آب قابل تامین در هر ماه) اعمال شده است (*Fasakhodi et al., 2010*). میزان کل آب مورد نیاز محصولات در منطقه در هر ماه را می‌توان با ضرب کردن نیاز آبی ماهانه محصولات مورد مطالعه به سطح زیر کشت آن‌ها محاسبه کرد.

۳-۸-۲-**محدودیت آب سالانه.** محدودیت آب سالانه حداکثر مقدار آبی است که در کل منطقه می‌تواند در اختیار محصولات الگوی کشت پیشنهادی قرار بگیرد (*Singh, 2017*).

۳-۸-۳-

۳-۸-۴-**محدودیت تامین نیازهای منطقه‌ای.** در مطالعه حاضر، جهت تامین جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای برای تامین نیاز دام منطقه (بر اساس *TDN* و جیره غذایی انواع دام) حداقل سطح زیرکشتی در نظر گرفته می‌شود که به صورت محدودیت حداقل سطح زیر کشت محصول در مدل اعمال می‌شود.

۳-۸-۵-**محدودیت تناوب زراعی.** تناوب زراعی یکی از مهمترین عوامل مدیریتی اگرواکولوژیک در تولید محصولات زراعی است که باید در تعیین الگوی کشت منطقه مورد توجه قرار بگیرد (*Fasakhodi et al., 2010*). در مطالعه حاضر، تناوب زراعی محصولات مورد مطالعه به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که مجموع سطح زیر کشت محصولات پاییزه (گندم، جو و کلزا) بیشتر از ۵۰٪ کل سطح زیر کشت منطقه باشد.

۳-۹- اهداف مدل

بیشینه‌سازی سود خالص، کمینه کردن مصرف آب و بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب اهداف تعیین الگوی کشت مناسب در این مطالعه می‌باشد که بیان ریاضی آن‌ها به شکل زیر می‌باشد:

بیشینه‌سازی سود خالص

$$\sum_{c=1}^{c} x_c\, NR_C + d_i^- - d_i^+ = GNR$$

که GNR سود خالص منطقه در حالت آرمانی را نشان می‌دهد.

بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب

$$\sum_{c=1}^{c} x_c\, EWP_C + d_i^- - d_i^+ = GEWP$$

که $GEWP$ بیانگر بهره‌وری اقتصادی آب در حالت آرمانی است.

کمینه‌سازی مصرف آب

$$\sum_{c=1}^{c} x_c\, WC_C + d_i^- - d_i^+ = GWC$$

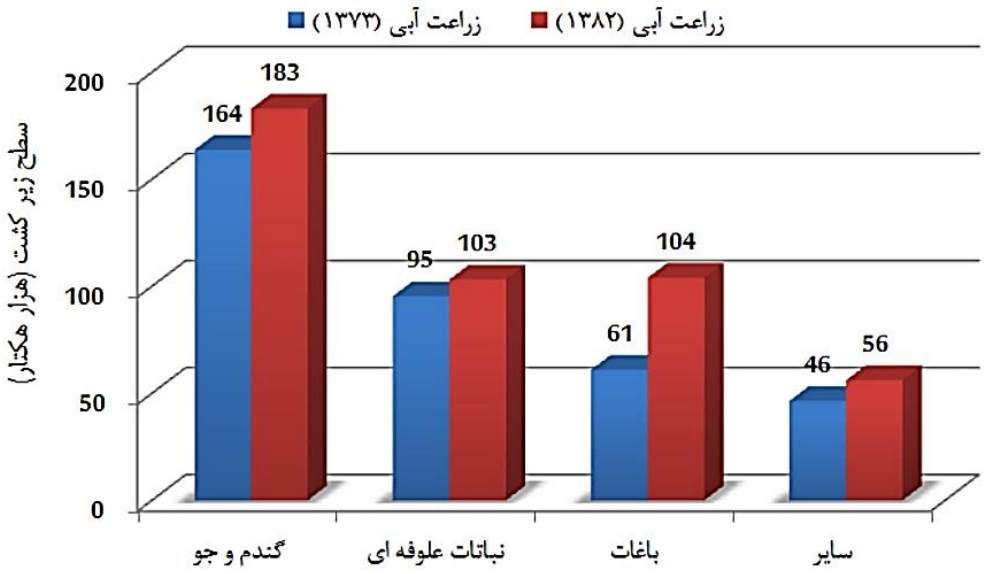
که GWC بیانگر میزان مصرف آب در حالت آرمانی است.

پس از به دست آوردن ضرایب فنی مدل و مشخص شدن محدودیت‌ها و وزن اهداف، الگوی کشت مناسب با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار GAMS پیشنهاد می‌شود.

۴-نتایج

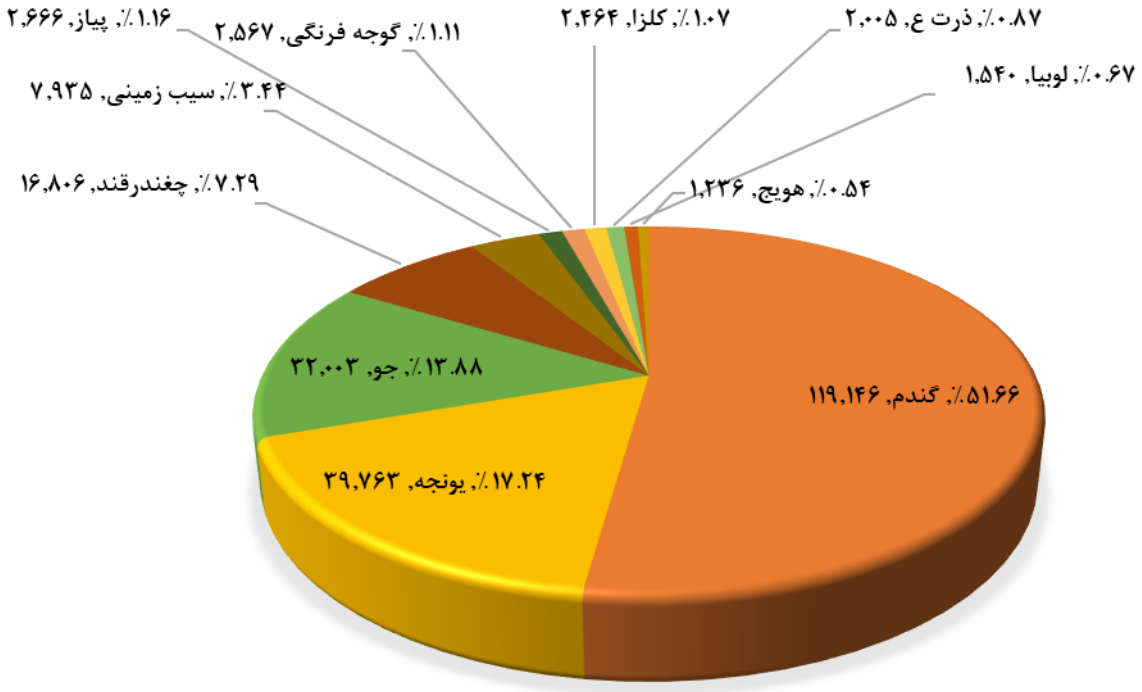
۴-۱- الگوی کشت گذشته و فعلی حوضه آبریز ارومیه

گزارش‌های موجود نشـان می‌دهد که طی سـال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۲، در بین محصـولات کشـاورزی، گندم و یونجه بیشترین افزایش سطح را درحوضه آبریز دریاچه ارومیه داشته‌اند (شکل ۱۱). طی این دوره، چغندرقند و باغات هر کدام به ترتیب برابر ۱۵ و ۴۳ هزار هکتار افزایش سـطح زیر کشـت داشته‌اند.

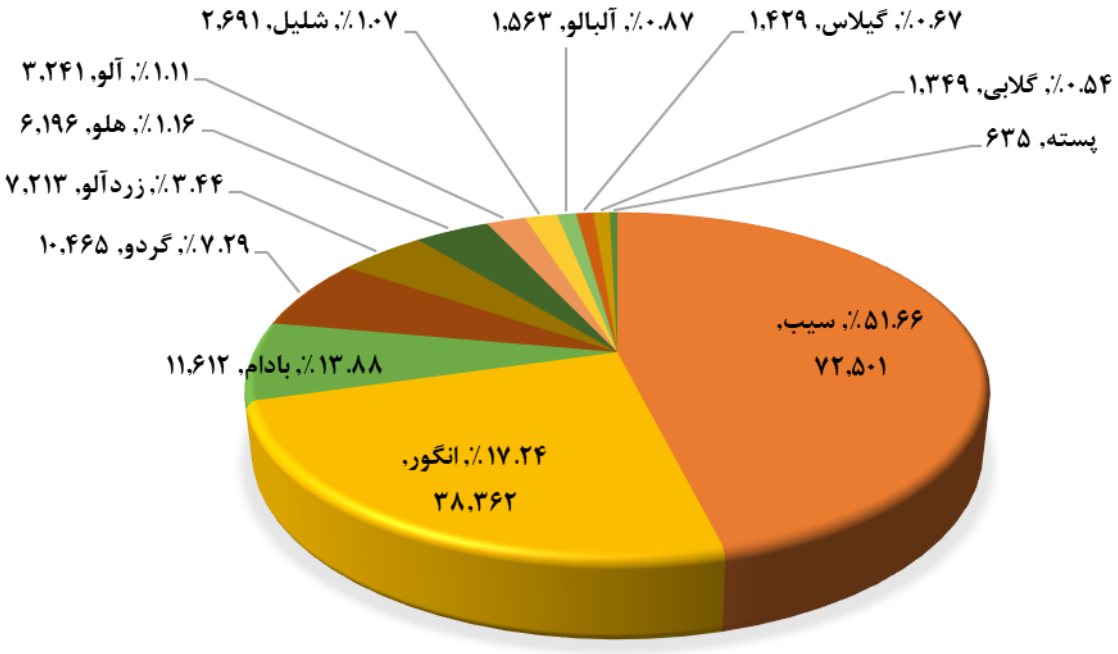


شکل ۱۱. سطح زیر کشت اراضی آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۲.

در حال حاضر، در بین محصولات زراعی آبی، محصولات گندم با حدود ۱۲۰ هزار هکتار، یونجه با حدود ۴۰ هزار هکتار و جو با ۳۲ هزار هکتار بیشـترین سـطح را به خود اختصـاص داده‌اند و در بین محصولات باغی آبی، سیب با سطحی بیش از ۷۲ هزار هکتار، انگور با بیش از ۳۸ هزار هکتار و بادام با حدود بیش از ۱۱ هزار هکتار بیشترین سهم از الگوی کشت حوضه آبریز را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۱۲ و ۱۳).



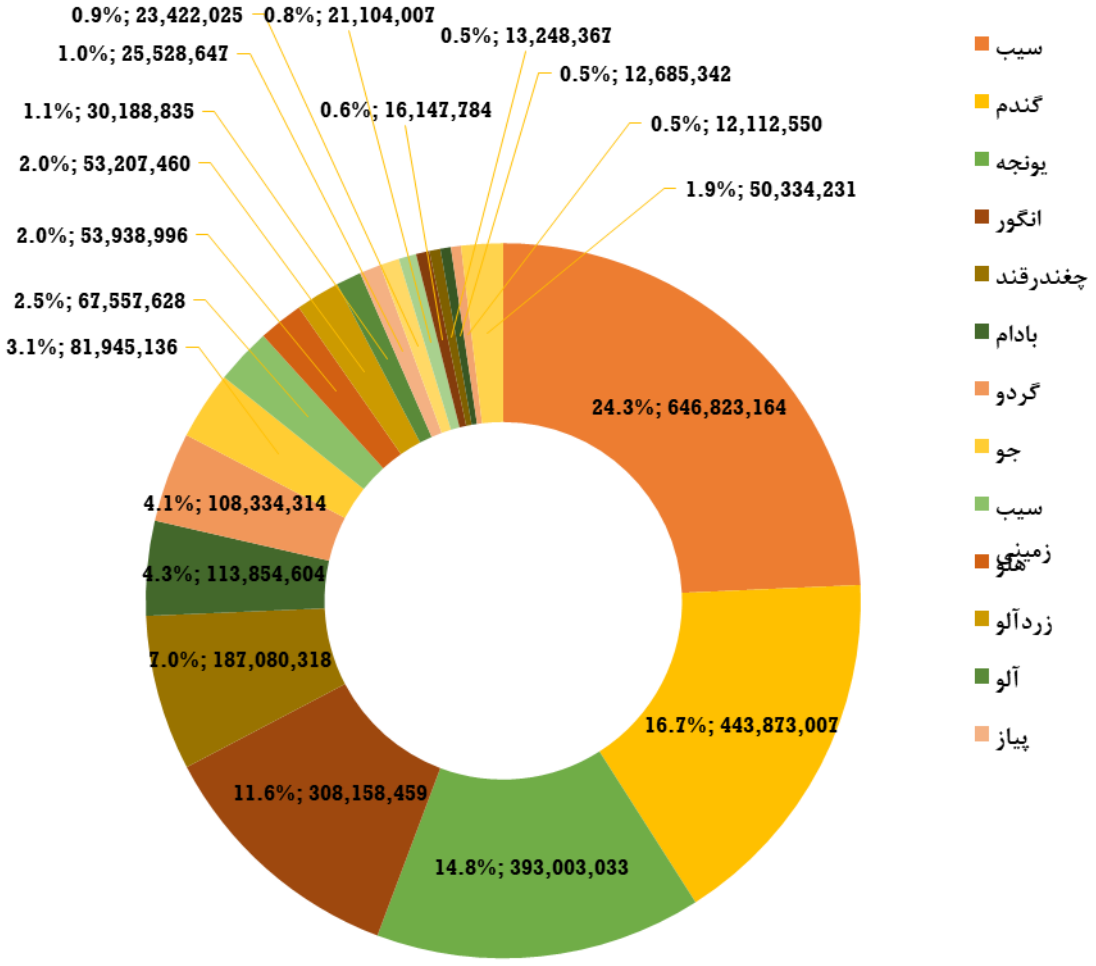
شکل ۱۲ سطح زیر کشت محصولات زراعی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (هکتار)



شکل ۱۳ سطح زیر کشت (هکتار) محصولات باغی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۴-۲- وضعیت مصرف آب با توجه به الگوی کشت گذشته و فعلی

با در نظر سطح زیر کشت محصولات و حجم آب مصرفی در واحد سطح هر محصول، کل آب مصرفی در الگوی کشت موجود برای محصولات عمده زراعی و باغی حدود بیش از ۲/۶۶ میلیارد متر مکعب به دست می‌آید. از این میزان، بیشترین حجم آب مصرفی به ترتیب صرف تولید سیب با ۶۴۶ میلیون متر مکعب (۲۴/۳ درصد)، گندم با ۴۴۳ میلیون متر مکعب (۱۶/۷ درصد)، یونجه با ۳۹۳ میلیون متر مکعب (۱۴/۸ درصد) و انگور با ۳۰۸ میلیون متر مکعب (۱۱/۶ درصد) می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ مصرف آب (میلیون متر مکعب) و درصد آن از کل آب مصرفی در الگوی کشت فعلی (میانگین سه سال ۱۳۹۲-۱۳۹۵)

۴-۲-۱- آمار دام

طبق گزارش وزارت جهاد کشاورزی، حوضه آبریز دریاچه ارومیه دارای حدود ۴۳۷ هزار رأس دام سنگین و ۲۸۱۲ هزار رأس دام سبک است (جدول ۸). در صورتی که ضریب واحد دامی برای گوسفند

و بره ۱، بز و بزغاله ۰/۸ و برای گاو و گوسـاله و گاومیش و بچه گاومیش ۶ در نظر گرفته شـود، و نیاز روزانه هر واحد دامی بر ا ساس ۱ کیلوگرم کل مواد غذایی قابل هضم (TDN) لحاظ گردد، جمع واحد دامی و نیاز سـالانه دام منطقه به ترتیب حدود ۵۳۹۰۴۲۹ واحد دامی و ۱۹۶۷۵۰۶۴۳۹ کیلوگرم مواد غذایی قابل هضم محاسبه می‌شود.

جدول ۸. آمار دام حوضه آبریز دریاچه ارومیه به تفکیک نوع دام

	گاو و گوساله	گوسفند و بره	بز و بزغاله
آذرشهر	10801	47019	10331
تبریز	26962	166292	28306
بستان آباد	16035	169715	22602
شبستر	12038	77485	9994
هریس	7803	118858	8892
سراب	47696	167345	15143
اسکو	12785	66329	12654
عجبشیر	4409	46856	6346
بناب	9267	66579	3589
مراغه	14817	99344	15242
ملکان	18501	71703	3132
جمع استان آذربایجان شرقی	181114	1097525	136231
تکاب	10030	140723	23449
شاهیندژ	7848	142119	13241
میاندوآب	73215	218486	10893
بوکان	19438	93316	4470
مهاباد	22997	183196	10321
نقده	15372	97436	4328
اشنویه	7074	69717	3195
ارومیه	51527	268597	18925
سلماس	24673	130350	9684
جمع استان آذربایجان غربی	232174	1343940	98506
سقز	24578	122922	13820
کل حوضه آبریز	437866	2564387	248557

در صورتی که مقدار مصرف خوراک گاو وگوساله و گاومیش و بچه گاومیش شامل ۲۴/۳ درصد کاه، ۱۹/۲ درصد ذرت سیلو شده، ۱۷/۵ درصد یونجه، شبدر و اسپرس خشک، ۱۲/۵ درصد کنسانتره آماده، ۹ درصد سبوس، ۷/۴ درصد جو و ۱۰/۱ درصد سایر انواع خوراک دام و برای دام سبک (گوسفند و بره و بز و بزغاله) شامل ۳۴/۳ درصد کاه، ۲۲/۳ درصد یونجه، شبدر و اسپرس خشک، ۲۲/۲ درصد جو، ۴/۷ درصد سبوس، ۳/۸ درصد کنسانتره آماده، ۲/۸ درصد ذرت سیلو شده و ۹/۹ درصد سایر انواع خوراک دام باشد (مطابق مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی آمارگیری از دامداری کشور، ۱۳۹۶)، میزان علوفه مورد نیاز و سطح کشت آبی لازم برای تولید آن قابل محاسبه خواهد بود. لازم به توضیح است علوفه تولیدی در مراتع بخشی از نیاز دام سبک را که در بخش سایر منابع تامین علوفه ذکر شده است تامین نماید (جداول ۹ و ۱۰).

جدول ۹. محاسبه سطح مورد نیاز محصولات علوفه‌ای در حوضه آبریز ارومیه برای تامین نیاز دام سنگین منطقه بر اساسTDN

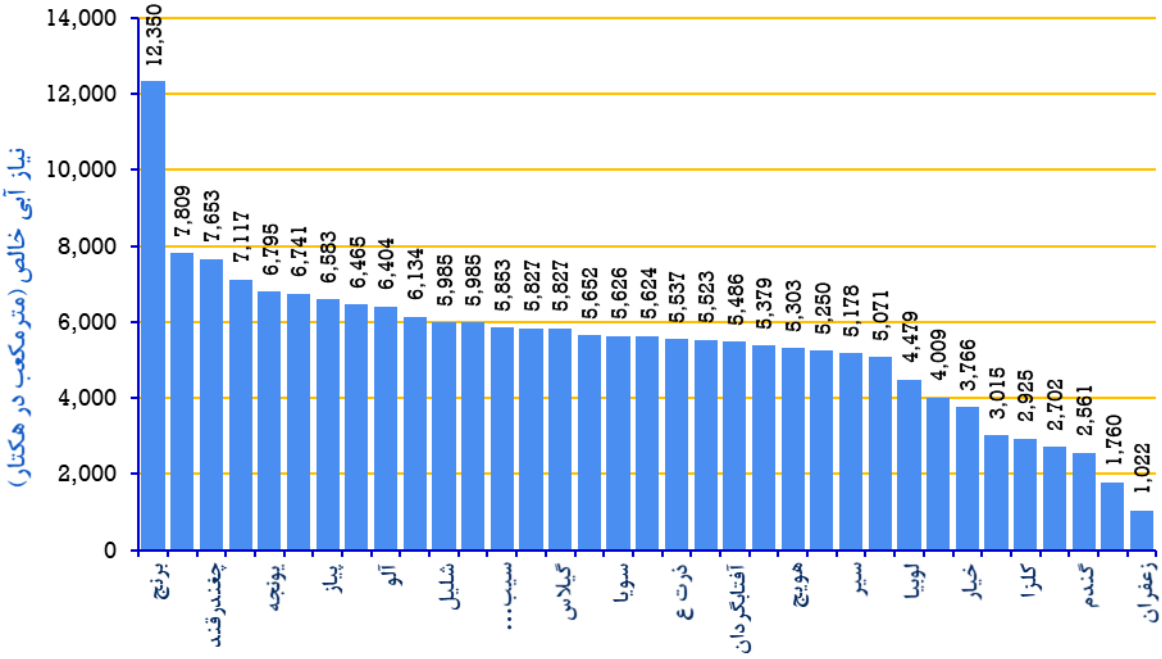
جیره غذایی دام سنگین	درصد	TDN مورد نیاز (تن)	TDN هر محصول (درصد)	نیاز هر محصول (تن)	عملکرد محصول (تن در هکتار)	سطح مورد نیاز (هکتار)
یونجه، اسپرس، شبدر	18	167812145	0.58	289331	9	34039
کاه	24	233019149	0.44	529589	5	105918
ذرت سیلو شده	19	184113896	0.65	283252	49	5828
کنسانتره	13	119865818	*	*	*	*
جو	7	70960564	0.84	84477	3	26399
سبوس	9	86303389	*	*	*	*
سایر منابع	10	96851581	*	*	*	*

جدول ۱۰. محاسبه سطح مورد نیاز محصولات علوفه‌ای در حوضه آبریز ارومیه برای تامین نیاز دام سبک منطقه بر اساس TDN

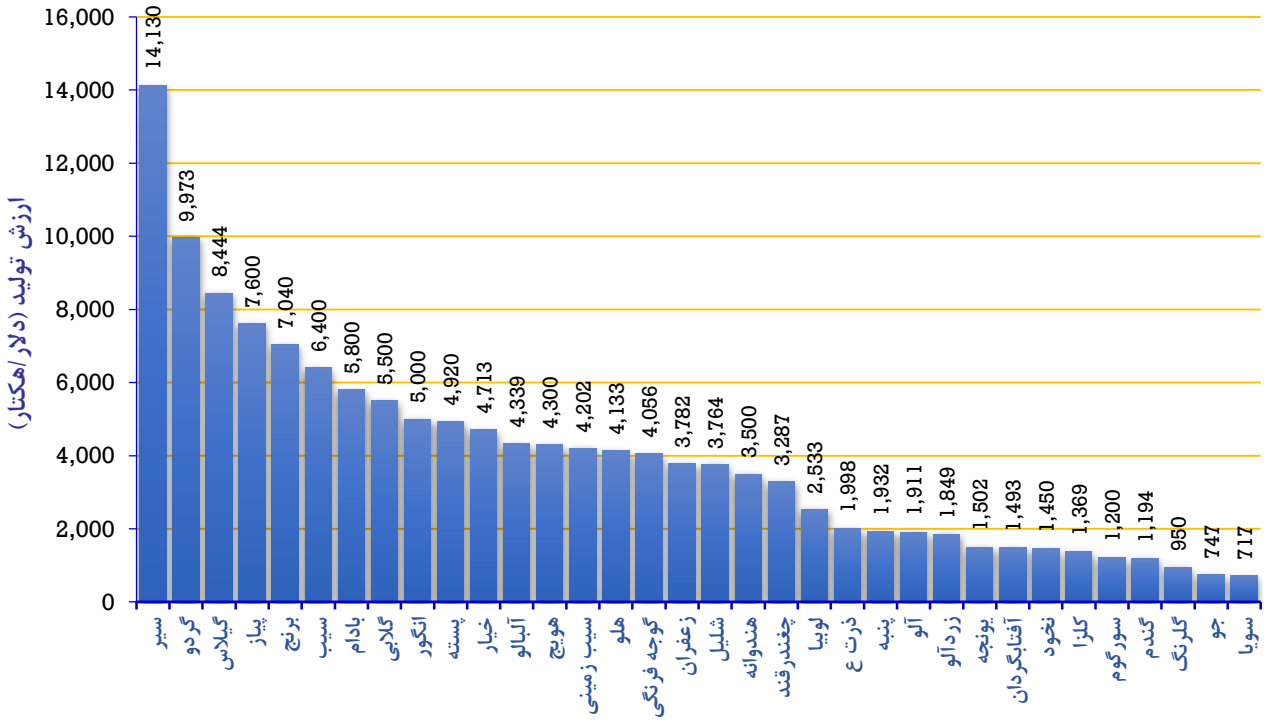
جیره غذایی دام سبک	درصد	TDN مورد نیاز (تن)	TDN هر محصول (درصد)	نیاز هر محصول (تن)	عملکرد محصول (تن در هکتار)	هکتار مورد نیاز
یونجه، اسپرس، شبدر	22.3	224913317	0.58	387782	9	45621
کاه	34.3	345942905	0.44	786234	5	157247
ذرت سیلو شده	2.8	28240237	0.65	43447	49	894
کنسانتره	3.8	38326036	*	*	*	*
جو	22.2	223904738	0.84	266553	3	83298
سبوس	4.7	47403255	*	*	*	*
سایر منابع	9.9	99849410	*	*	*	*

۴-۳- شاخص‌های بهره‌وری تولید محصولات زراعی و باغی

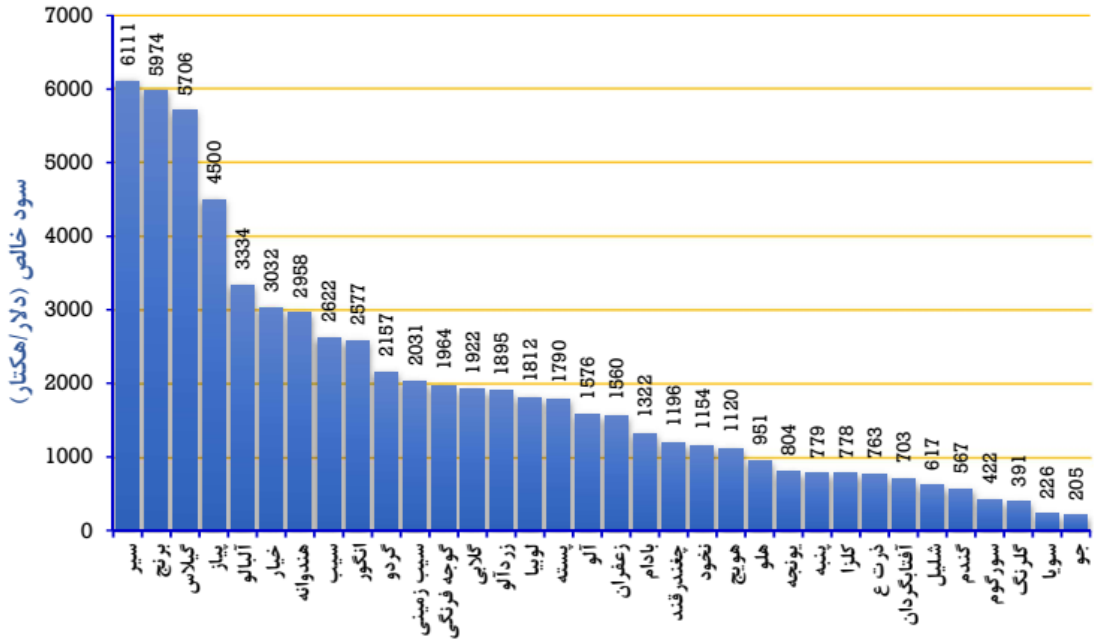
بررسی شاخص‌های تولید و بهره‌وری محصولات زراعی و باغی حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که محصولات برنج، پنبه، چغندرقند، گردو، یونجه، بادام و پیاز جزو محصولاتی هستند که بیشترین میزان مصرف آب در واحد سطح را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۱۵). بررسی شاخص‌های اقتصادی نیز بیانگر این است که در بین محصولات زراعی و باغی بیشترین سود خالص در واحد سطح از کشت محصولات سیر، برنج، گیلاس، پیاز، آلبالو و خیار به دست می‌آید. در صورتی که افزایش تولید و درآمد به ازای محدود کننده‌ترین عامل تولید یعنی آب مد نظر قرار بگیرد، محصولات زعفران، سیر، گیلاس، خیار، هندوانه و پیاز بیشترین سود خالص را به ازای آب مصرفی عاید کشاورزان می‌کند (شکل‌های ۱۶ الی ۱۹).



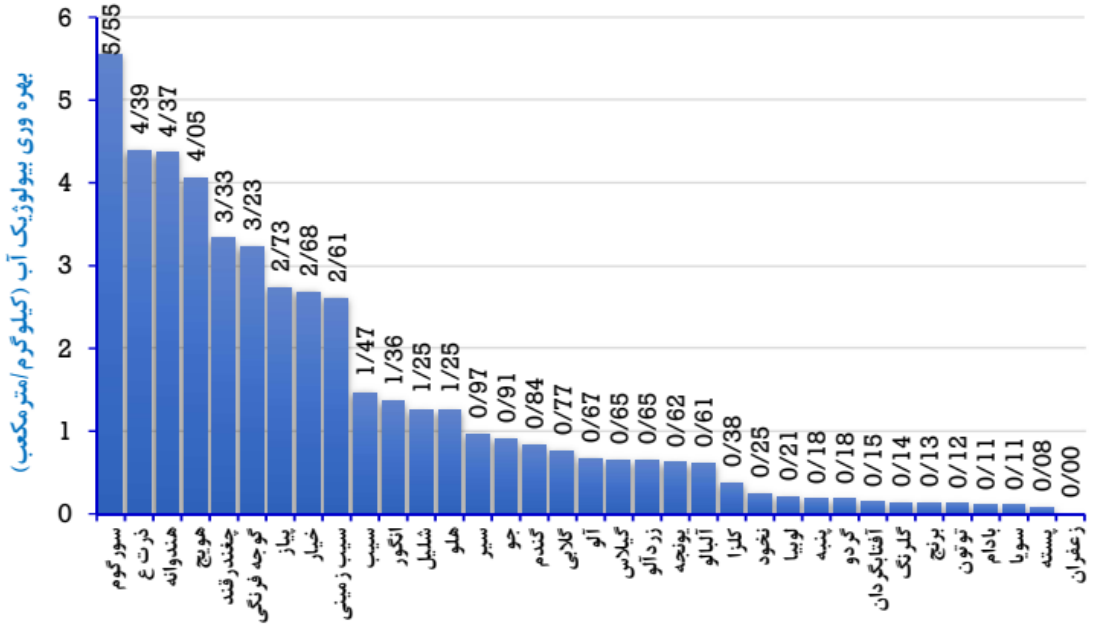
شکل ۱۵. نیاز آبی خالص محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)



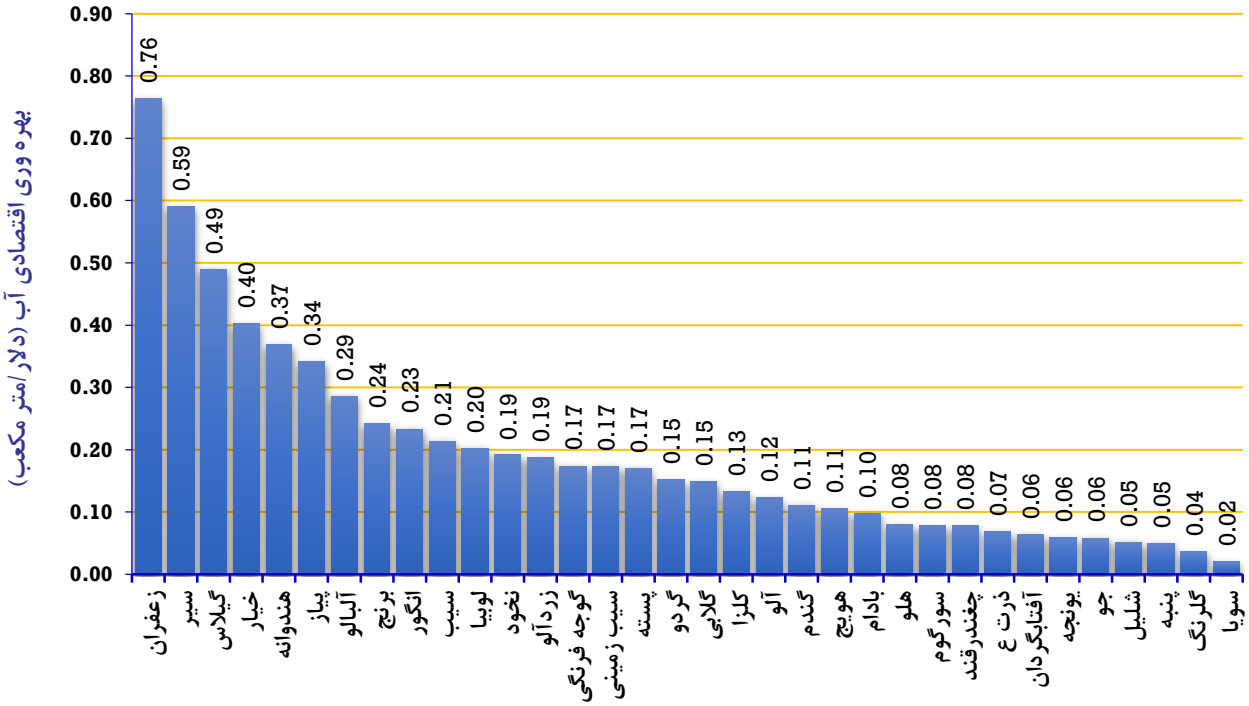
شکل ۱۶. ارزش ناخالص تولید محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)



شکل ۱۷. سود خالص محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)



شکل ۱۸. بهره‌وری بیولوژیک آب محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)



شکل ۱۹. بهره‌وری اقتصادی آب محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵)

۴-۴- بهینه‌سازی الگوی کشت

در الگوهای پیشنهادی زیر، هدف کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی سود خالص و بهره‌وری اقتصاد آب می‌باشد که وزن همه اهداف یکسان در نظر گرفته شده است. مطابق سناریو ۱، در صورتی که هیچ گونه قید محدودکننده‌ای برای سطح محصولات در نظر گرفته نشود، سه محصول سیر، زعفران و شلیل در الگوی بهینه کشت قرار گرفته و سایر محصولات از الگو حذف می شوند. از آنجایی که چنین نتیجه‌ای در عمل امکان‌پذیر نمی‌باشد، محدودیت حداکثر تغییر سطح زیر کشت محصولات از شرایط موجود به اندازه ۵۰ در صد به عنوان قید محدود کننده تحت عنوان سناریو ۲ در نظر گرفته شد. بدین معنی که سطح محصولات نسبت به شرایط فعلی حداکثر تا ۵۰ در صد قابل افزایش یا کاهش خواهد بود. مطابق این سناریو، لوبیا، هویج، نخود، خیار، سیر، پیاز، هندوانه، زعفران، سیب، انگور، شلیل، گلابی، پسته، گیلاس و گردو نسبت به وضعیت فعلی افزایش و سایر محصولات در مقایسه به سطح فعلی خود کاهش پیدا می‌کنند. در صورتی که علاوه بر سناریو ۲، کاهش ۲۰ درصدی (سناریو ۳)، ۳۰ در صدی (سناریو ۴) و ۴۰ در صدی (سناریو ۵) مصرف آب در کل منطقه به عنوان هدف در نظر گرفته شود (جدول ۱۱)، سطح زیر کشت محصولاتی نظیر سیر، خیار، هندوانه، زعفران، شلیل، گلابی، گیلاس و گردو در همه این سناریوها و لوبیا، پیاز، انگور و پسته در سناریو ۴ افزایش یافته و سطح سایر محصولات کاهش پیدا می‌کند. در صورتی که در هر سه هدف کاهش ۲۰ درصدی، ۳۰ در صدی و ۴۰ در صدی سطح محصولات یونجه و جو برای حفظ تأمین نیاز دام منطقه در سطح فعلی حفظ گردد، سیر، خیار، هندوانه، زعفران و شلیل محصولاتی هستند که سطح آن‌ها افزایش یافته و سطح سایر محصولات در مقایسه با شرایط موجود کاهش پیدا می‌کند (جدول ۱۲).

جدول ۱۱. سناریوهای مختلف الگوی کشت بهینه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس اعمال محدودیت‌های موردنظر سیاست‌گذار (ستاد احیا دریاچه ارومیه)

سناریوها	توضیح
سناریو ۱	بدون محدودیت
سناریو ۲	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح
سناریو ۳	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۴	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۵	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۶	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح + محدودیت نیاز دامی
سناریو ۷	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۸	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۹	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب

جدول ۱۲. سطح زیر کشت، مصرف آب، سود خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و اشتغال در سناریوهای ۹گانهٔ تعیین‌شده توسط ستاد احیای دریاچه ارومیه

سطح زیر کشت هر محصول	وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	سناریو ۶	سناریو ۷	سناریو ۸	سناریو ۹
گندم	۱۱۹۱۴۶	۰	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳	۶۴۳۷۶	۵۹۵۷۳	۱۱۴۴۲۹	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳	۵۹۵۷۳
جو	۳۲۰۰۳	۰	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۱۶۰۰۲	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰
کلزا	۲۴۶۴	۰	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۳۶۹۶	۱۲۳۲	۱۲۳۲
یونجه	۳۹۷۶۳	۰	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۱۹۸۸۲	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳	۳۹۷۶۳
لوبیا	۱۵۴۰	۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۲۳۱۰	۲۳۱۰	۷۷۰	۷۷۰
هویج	۱۲۳۶	۰	۱۸۵۴	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸	۶۱۸
نخود	۴۷۰	۰	۷۰۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۷۰۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵
خیار	۹۳۶	۰	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴	۱۴۰۴
سیر	۵۳۱	۱۱۵۱۷۴	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷	۷۹۷
ذرت علوفه‌ای	۲۰۰۵	۰	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۱۰۰۳
پیاز	۲۶۶۶	۰	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۱۳۳۳	۳۹۹۹	۳۹۹۹	۱۳۳۳	۱۳۳۳

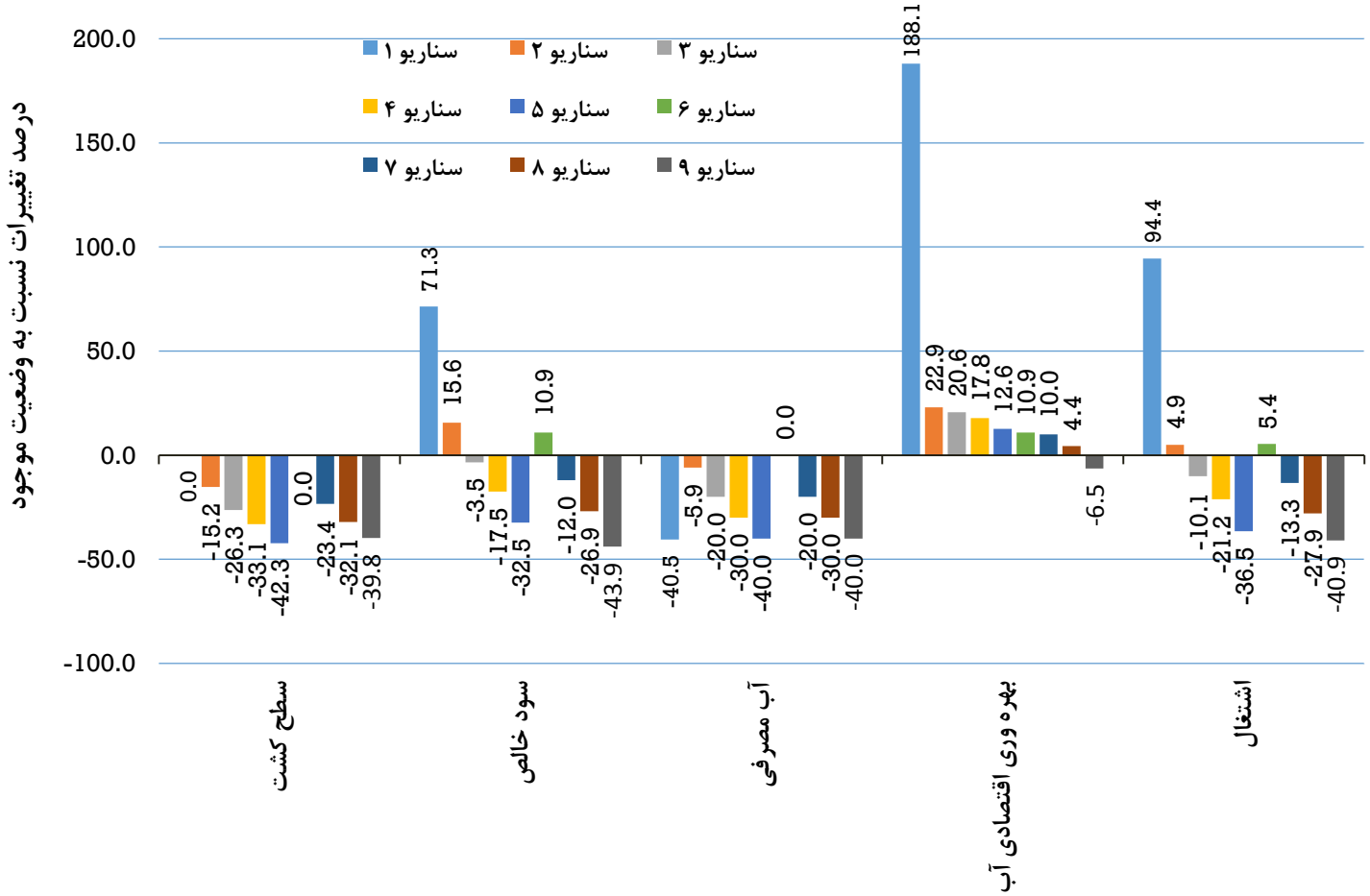
سیب زمینی	۷۹۳۵	۰	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۳۹۶۸	۱۱۹۰۳	۳۹۶۸	۳۹۶۸
چغندرقند	۱۶۸۰۶	۰	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳	۸۴۰۳
آفتابگردان	۴۹۴	۰	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷
گوجه فرنگی	۲۵۶۷	۰	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴	۱۲۸۴
هندوانه	۴۴	۰	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶
زعفران	۳۳	۲۲۹۶۲۷	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹
بادام	۱۱۶۱۲	۰	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶	۵۸۰۶
سیب	۷۲۵۰۱	۰	۱۰۸۷۵۲	۶۹۷۶۸	۳۶۷۲۳	۳۶۲۵۱	۷۱۰۰۵	۴۰۳۰۹	۳۶۲۵۱
زردآلو	۷۲۱۳	۰	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷	۳۶۰۷
انگور	۳۸۳۶۲	۰	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۳۱۶۵۶	۵۷۵۴۳	۵۷۵۴۳	۱۹۱۸۱
شلیل	۲۶۹۱	۴۳۰۹۴	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۴۰۳۶	۳۵۶۳
هلو	۶۱۹۶	۰	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸	۳۰۹۸
گلابی	۱۳۴۹	۰	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۲۰۲۴	۶۷۵

پسته	۶۳۵	۰	۹۵۳	۳۱۸	۹۵۳	۳۱۸	۳۱۸	۹۵۳	۳۱۸
آلو	۳۲۴۱	۰	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱	۱۶۲۱
آلبالو	۱۵۶۳	۰	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲	۷۸۲
گیلاس	۱۴۲۹	۰	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۲۱۴۴	۷۱۵
گردو	۱۰۴۶۵	۰	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۱۵۶۹۸	۵۲۳۳
سطح کشت	۳۸۷۸۹۵	۳۸۷۸۹۵	۳۲۸۸۴۲	۲۸۵۹۷۷	۲۵۹۴۳۹	۲۲۳۹۰۷	۳۸۷۸۹۵	۲۹۷۰۳۶	۲۶۳۳۷۱	۲۳۳۵۹۵
سود خالص	۶۴۷۹۰۶	۱۱۰۶۶۸۶	۷۴۶۶۲۰	۶۲۳۳۹۶	۵۳۲۶۴۱	۴۳۶۲۲۶	۷۱۶۳۷۶	۵۶۸۲۵۱	۴۷۲۱۶۳	۳۶۲۴۸۹
مصرف آب	۲۶۶۲	۱۵۸۳	۲۵۰۴	۲۱۳۰	۱۸۶۳	۱۵۹۷	۲۶۶۲	۲۱۳۰	۱۸۶۳	۱۵۹۷
بهره‌وری اقتصادی آب	۰.۲۴۳	۰.۶۹۹	۰.۲۹۸	۰.۲۹۳	۰.۲۸۶	۰.۲۷۳	۰.۲۶۹	۰.۲۶۷	۰.۲۵۳	۰.۲۲۷
میزان اشتغال	۱۹۹۰۰۰	۳۸۷۴۰۰	۲۰۹۰۳۱	۱۷۹۱۴۳	۱۵۷۰۰۳	۱۲۶۶۰۷	۲۰۹۹۱۷	۱۷۲۷۱۸	۱۴۳۶۶۰	۱۱۷۷۱۶

۴) در ستون‌های مربوط به سطح زیر کشت هر محصول زراعی: قسمت‌هایی که **به رنگ سبز** در آمده نشانهٔ افزایش سطح زیرکشت در مقایسه با وضع موجود و قسمت‌هایی که **به رنگ نارنجی** در آمده به معنای کاهش سطح زیرکشت در مقایسه با وضع موجود است.

۵) سناریوی ۵ (کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی) هدف اصلی کارفرما، ستاد احیا دریاچه ارومیه است.

۶) سود خالص به هزار دلار (دلار ۴۲۰۰۰ ریالی)، مصرف آب به میلیون متر مکعب، بهره‌وری اقتصادی آب دلار به متر مکعب و اشتغال به نفر.



شکل ۲۰. وضعیت اهداف مورد نظر در الگوهای پیشنهادی نسبت به وضعیت موجود.

پتانسیل اراضی و عوامل محدودکننده اقلیمی-خاکی

برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی از روش سایز و همکاران (۱۹۹۱) استفاده شده است. مراحل ارزیابی کیفی تناسب اراضی عبارتند از:

۱) تعیین محدوده اراضی در حوضه

۲) تعیین کاربری‌ها (LUT[1]) یا همان محصولاتی که باید برای آن‌ها کلاس تناسب محاسبه شود.

۳) گردآوری خصوصیات اراضی (LC[2]) یا کیفیت‌های اراضی (LQ[3]) مرتبط با کاربری‌های مورد نظر و درجه‌بندی آنها

۴) تعیین نیازهای کاربری‌های مورد نظر (LUR[4])

۵) تعیین پهنه‌های اقلیمی موجود در عرصه‌های مورد ارزیابی.

۶) مقایسه خصوصیت‌ها یا کیفیت‌های گردآوری‌شده با نیازهای کاربری‌های مورد نظر و تصمیم‌سازی مناسب برای درجه‌بندی واحدهای اراضی.

بنابراین به منظور تعیین تناسب اراضی برای محصولات زراعی و باغی مراحل زیر انجام شد:

۱. انتخاب فهرست گیاهان زراعی و باغی

محصولات مورد نظر بر اساس سطح کشت آنها (محصولات غالب منطقه) و نیز بر اساس پتانسیل توسعه کشت در منطقه انتخاب شدند.

۲. تعیین نیازهای رویشی محصولات زراعی و باغی

نیاز رویشی[5] محصولات بر اساس اقلیم، خاک و زمین نما[6] برای محصولات باغی و زراعی تهیه شد. پایه و اساس این جداول، روش سایس و همکاران (۱۹۹۳) است که توسط موسسه خاک و آب کشور بر اساس شرایط ایران اصلاح شده است.

۳. انتخاب پهنه‌بندی اقلیمی مناسب برای انجام طرح تناسب اراضی

1 land utilization type
2 Land characteristics
3 Land qualities
4 Land use requirements
5 Crop requirements
6 landscape

وضـعیت اقلیم ایران چه به صـورت منطقه‌ای و چه به صـورت ملی با روش‌های محلّی، بسـیار مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. در این گزارش، پهنه‌بندی اقلیمی یونسـکو (ACZ) به دلیل برخی مزیت‌ها مانند تبعیت پلی‌گون ها از روند تغییرات مکانی توپوگرافی ایران، اسـتفاده از متغیر های اقلیمی و محیطی بیشـتر در مدل‌سـازی، لحاظ کردن تغییرات ارتفاعی نقطه‌ای و پیوسـته و تطابق بیشـتر کلاس‌های تعریف شده با اقلیم مناطق مختلف مبنای کلاس‌های اقلیمی در نظر گرفته شد.

۴. فنولوژی محصولات زراعی و باغی

اطلاعات مربوط به دوره‌های فنولوژی محصولات مورد مطالعه از موسسات تحقیقاتی ملی و محصولی و مراکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منابع طبیعی و معاونت‌های بهبود تولیدات گیاهی سـازمان‌های جهاد کشـاورزی اسـتان‌ها دریافت گردید. پس از دریافت فرم‌های تکمیل‌شـده، دوره‌های فنولوژی محصولات هر استان در خرداقلیم‌های تعریف شده به روش ACZ تکمیل شد.

۵. طبقه‌بندی تناسب اراضی برای محصولات زراعی و باغی

نحوه طبقه‌بندی تناسب اراضی

از نظر فائو اراضی بر حسب کیفیت و ویژگی‌های زمین در چهار سطح تناسب رده، کلاس، زیر کلاس و واحد طبقه‌بندی می شوند. رده، منا سب یا نامنا سب بودن زمین برای ک شت تیپ بهره‌وری مورد نظر، کلاس درجه تناسـب زمین، زیر کلاس نوع محدودیت و واحد میزان محدودیت را نشـان می‌دهد (فائو، ۱۹۷۶ و سایز، ۱۹۹۱).

رده‌های تناسب اراضی

رده منا سب: نواعی از اراضـی که به کارگیری آنها در جهت نوع اسـتفاده مورد نظر سـودآور بوده و خسارت قابل توجهی به منابع طبیعی وارد نمی‌کند.

رده نامنا سب: انواعی از اراضی که دارای کیفیت‌های محدودکننده‌ای هستند و بنابراین نمی‌توانند در جهت نوع استفاده مورد نظر به کار برده شوند.

کلاس‌های تناسب اراضی

کلاس‌ها مشخص‌کنندهٔ درجه‌های مختلف تناسب اراضی هستند. به عبارتی هر کلاس تناسب اراضی بیانگر توانمندی آن اراضی در مقایسه با حالت مطلوب جهت تأمین نیازمندی‌های نوع استفاده خاص از اراضی هستند. این کلاس‌ها بسته به انواع استفاده از اراضی قابلیت تغییر دارند. کلاس‌های موجود برای رده مناسب به شرح زیر است:

کلاس S_1 (خیلی مناسب): زمین‌هایی است که محدودیت مهمی از نظر نوع استفاده مورد نظر ندارند و یا میزان این محدودیت‌ها به حدی ناچیز است که اثر معنی‌داری بر سود حاصل نخواهد داشت و میزان هزینه‌های لازم نیز از یک سطح منطقی و قابل قبول تجاوز نمی‌کند (فائو، ۱۹۷۶) و در حالت معمول حداکثر کاهش عملکرد ۲۰٪ است (دنت و یانگ، ۱۹۸۱).

کلاس S2 (تناسب متوسط): زمین‌هایی است که از نوع استفاده مورد نظر محدودیت‌هایی دارند که شدت آنها در مجموع متوسط است و این محدودیت‌ها موجب کاهش در تولید و سود می شوند ولی سود هنوز هم قابل قبول است با این تفاوت که سود کمتر از S1 است (فائو، ۱۹۷۶) و کاهش میزان عملکرد در حالت معمول ۴۰-۲۰٪ است (دنت و یانگ، ۱۹۸۱).

کلاس S3 (تناسب کم): به زمین‌هایی گفته می‌شود که از لحاظ نوع استفاده مورد نظر دارای محدودیت‌هایی هستند که شدت آنها در مجموع زیاد بوده و موجب کاهش زیاد تولید و سود حاصل می شوند، اما هنوز سودآور هستند (فائو، ۱۹۷۶) و کاهش عملکرد محصول در این حالت معمولاً ۶۰-۴۰٪ است (دنت و یانگ، ۱۹۸۱).

مرز بین S_1 با S_2 نقطه‌ای است که وضعیت موجود به طور مشخص از حالت بهینه کمتر شده و با حرکت به سمت S_2 عملکرد محصول و یا نوع استفاده مورد نظر در حد قابل قبول بوده ولی کاهش مشاهده می‌شود که در این حالت نهاده‌هایی برای خنثی کردن محدودیت‌های موجود مورد نیاز است.

مرز بین S_2 با S_3 تناسب را از حد بحرانی جدا می‌کند و با ورود به S_3، اراضی در وضعیتی با وجود محدودیت‌هایی هنوز تناسب کمی برای استفاده مورد نظر را نشان می‌دهند و با صرف مقدار کمی هزینه و تکنیک وضعیت بحرانی قابل برگشت دارند.

کلاس N1 (نامناسب در شرایط موجود): زمین‌هایی که دارای محدودیت‌هایی هستند که در حال حاضر برای استفاده مورد نظر به دلیل هزینه‌ها و کمبود دانش فنی قابل استفاده نیستند ولی احتمالاً در آینده قابل برطرف شدن می‌باشند (فائو، ۱۹۷۶). وقتی خصوصیتی از خاک در حد مطلوب و قابل

قبولِ تعریف شده برای استفاده مورد نظر نباشد در این کلاس قرار می‌گیرد. محدودیت‌های موجود در این رده می‌تواند عملکرد محصول را ۸۰-۶۰٪ کاهش دهد (فائو، ۱۹۹۱). پیشرفت فناوری و یا استفاده از ارقام مناسب‌تر می‌تواند باعث تغییر N_1 به رده بالاتر شود.

کلاس N2: زمین‌هایی که از نظر نوع استفاده دارای محدودیت‌های شدیدی هستند و هیچ امکانی برای استفاده مفید در حال و آینده، حتی با تغییر در فناوری و شرایط اقتصادی ندارند. کلاس N_2 شامل وضعیت‌های گوناگونی، مانند شیب‌های زیاد، باتلاق‌ها و زمین‌های ماندابی و مردابی و مناطق سنگلاخی است. مرزهای کلاس N_2 عموماً به صورت فیزیکی و دائمی است، در حالی که مرزهای بین دو رده مناسب و نامناسب با گذشت زمان و تغییرات اقتصادی و اجتماعی قابل تغییر است (فائو، ۱۹۷۶) و عملکرد محصول در این کلاس عموماً کمتر از ۲۰٪ است (فائو، ۱۹۹۱).

زیرکلاس‌های تناسب اراضی

نوع محدودیت‌ها یا انواع اصلی عملیات عمرانی مورد نیاز را در یک کلاس نشان می‌دهد (سایز و همکاران، ۱۹۹۱). بهتر است زیر کلاس‌ها در کمترین تعداد انتخاب شده، همچنین محدودیت‌های کمتری را در علامت آنها استفاده کرد که عموماً تنها از شدیدترین محدودیت استفاده می شود چون برای کلاس S_1 محدودیتی قائل نیستیم پس زیر کلاس هم ندارد.

زیرکلاس‌ها با حروف کوچک لاتین پس از عنوان کلاس‌ها ارائه می‌شود و شامل موارد زیر است:

- ✓ ***c*** (محدودیت‌های آب و هوایی)
- ✓ ***t*** (محدودیت‌های پستی و بلندی مانند شیب اراضی)
- ✓ ***w*** (محدودیت رطوبتی زمین، مانند زهکشی و سیل‌گیری)
- ✓ ***n*** (محدودیت شوری و سدیمی بودن خاک‌ها)
- ✓ ***f*** (محدودیت حاصلخیزی خاک مانند اسیدیته)
- ✓ ***s*** (محدودیت خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت و ساختمان، سنگریزه، مقدار گچ و آهک)

در این گزارش و به منظور انجام طبقه‌بندی تناسب اراضی از روش پارامتریک و بر اساس اطلاعات گردآوری شده در سه بانک داده، شامل اطلاعات اقلیمی (داده‌ها و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی کشور)، اطلاعات خاک (داده‌های استخراج شده از گزارش‌های خاک شناسی) و اطلاعات محصولات

زراعی و باغی متشکل از دوره‌های فنولوژی محصولات بر پایه پهنه‌بندی اقلیمی ACZ، نیازهای رویشی خاک و اقلیمی هر گیاه استفاده شده است.

جمع‌آوری مستندات

رقومی سازی

اطلاعات خاک

اطلاعات پایه خاک و اراضی در این حوضه در قالب انجام مطالعات خاک‌شناسی در دو استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی در سطوح استانی، منطقه ای و محلی تولید شده اند. مطالعات منطقه‌ای (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) و محلی (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ یا بزرگ‌تر) توسط موسسه تحقیقات خاک و آب یا مهندسان مشاور انجام گرفته است. فهرست مطالعات خاک‌شناسی در حوضه دریاچه ارومیه که تا زمان تهیه این گزارش جمع‌آوری و ساماندهی شده اند در ادامه گزارش ارائه شده است.

مطالعات خاک‌شناسی مورد استفاده در اجرای طرح

جدول ۱۳ تعداد و سطح مطالعات رقومی‌شدهٔ مورد استفاده در طرح تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه را به تفکیک استان و جدول ۱۴ مشخصات مطالعات خاک‌شناسی که نقشه‌های آن برای استفاده در طرح تناسب اراضی به فرمت رقومی تبدیل شده‌اند را نمایش می‌دهد.

جدول ۱۳. تعداد مطالعات رقومی‌شده و مورد استفاده در طرح تناسب در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک استان

ردیف	استان	تعداد مطالعه رقومی شده	۱:۵۰۰۰۰	۱:۲۰۰۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۱:۲۵۰۰۰
۱	آذربایجان شرقی	۱۱	۹	_	۲	-
۲	آذربایجان غربی	۱۳	۱۰	۳	-	-
	کل	۲۴	۱۹	۳	۲	۰

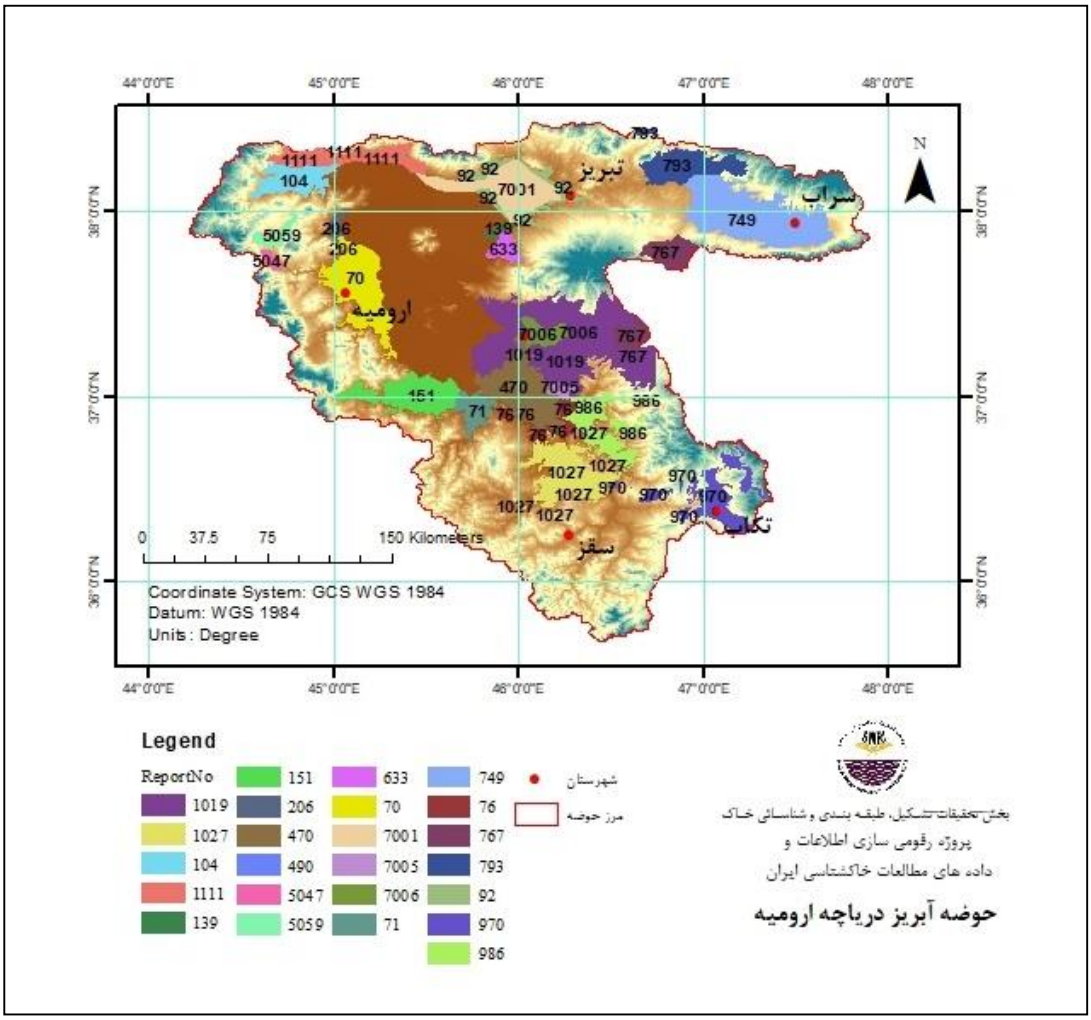
جدول ۱۴. فهرست مطالعات خاک‌شناسی رقومی‌شده در حوضه دریاچه ارومیه

ردیف	منطقه مورد مطالعه	استان	شماره گزارش	مقیاس نقشه	سال مطالعه	وسعت منطقه در گزارش (هکتار)	وسعت اراضی در حوضه (هکتار)
۱	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی تبریز	آ. شرقی	۹۲	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۶	۱۱۰۰۰۰	۴۷۷۰۱
۲	گزارش خاک شنا سی اجمالی و طبقه بندی ارا ضی منطقه سراب-مهربان	آ. شرقی	۷۴۹	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۶۳	۱۹۰۰۰۰	۱۹۳۵۷۸
۳	مطالعات خاک شناسی اجمالی منطقه هشترود	آ. شرقی	۷۶۷	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۶۵	۳۳۶۰۰۰	۵۷۵۴۲
۴	مطالعات اجمالی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی منطقه مراغه	آ. شرقی	۱۰۱۹	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۷۶	۳۰۰۰۰۰	۲۹۳۱۲۶
۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی اراضی ملک کندی	آ. شرقی	۴۹۰	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۵۴	۵۲۰۰	۱۶۶
۶	گزارش خاکشنا سی نیمه تفصیلی منطقه آذر شهر (حوزه مشروبی گمبر چای)	آ. شرقی	۶۳۳	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۶۱	۱۹۰۰۰	۱۹۲۷۴
۷	خاکشناسی نیمه‌تفصیلی سرین دیزج (اراضی شرکت سهامی‌زراعی)	آ. شرقی	۱۳۹	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۷	۷۱۶۸	۶۵۶۰
۸	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت تبریز	آ. شرقی	۷۰۰۱	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۷۲	۹۲۶۰۰	۹۶۲۲۹
۹	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی پایاب سد لیلان	آ. شرقی	۷۰۰۵	۱:۱۰۰۰۰	۱۳۸۵	۸۹۰۰	۹۰۱۰

۱۰	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی پروژه صوفی چای مراغه	آ. شرقی	۷۰۰۶	۱:۱۰۰۰۰	۱۳۷۵	۱۴۳۵۰	۲۴۷۰۶
۱۱	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی محدوده سد زرینه	آ. شرقی	۴۷۰	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۵۵	۱۳۱۹	۱۱۰۴۲۰
۱۲	گزارش مطالعات خاکشناسی اجمالی منطقه اهر مشکین شهر	آ. شرقی	۷۹۳	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۶۹	۲۵۰۰۰۰	۷۵۷۸۰
۱۳	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه تکاب	آ. غربی	۹۷۰	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۷۴	۷۹۲۹۰	۸۱۵۷۷
۱۴	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه شاهین دژ	آ. غربی	۹۸۶	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۷۵	۷۷۱۵۸	۷۶۳۴۵
۱۵	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی پروژه زرینه رود (میاندوآب)	آ. غربی	۷۶	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۳	۷۵۰۰۰	۲۶۳۸۰
۱۶	مطالعات اجمالی خاک شنا سی و طبقه‌بندی ارا ضی منطقه بوکان (آ. غربی)	آ. غربی	۱۰۲۷	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۷۵	۱۱۰۶۰۰	۱۰۳۳۳۰
۱۷	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه نقده (اشنویه)	آ. غربی	۱۵۱	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۵	۸۳۱۰۰	۸۶۳۱۹
۱۸	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی نیمه تفصیلی منطقه سلماس	آ. غربی	۱۰۴	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۶	۶۰۵۰۰	۵۵۹۳۴
۱۹	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی پروژه رضائیه –قسمت یک	آ. غربی	۷۰	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۲	۷۵۱۹۰	۱۱۴۸۹۶
۲۰	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه کهریز - ارومیه	آ. غربی	۲۰۶	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۸	۱۰۴۰۰	۱۰۲۵۴

۲۱	Irrigation, &Report of the Semi Detailed Soil Land Classification of the Mahabad River Vally Area Western Azarbaijan Iran	آ. غربی	۷۱	۱:۵۰۰۰۰	۱۳۴۲	۳۱۱۵۰	۳۱۵۶۷
۲۲	مطالعات خاکشنا سی د شتهای هفتگانه ا ستانهای آذربایجان غربی و کردستان هورسین- تلو- سیلوانا- زیوه- باروق- صائین- قلعه و سقز	آ. غربی	۵۰۵۹	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۷۵	۱۰۴۰۰	۱۷۵۱۸
۲۳	مطالعات خاکشناسی اجمالی دشتهای شمال استان آذربایجان غربی و قسمتی از استان آذربایجان شرقی	آ. غربی	۱۱۱۱	۵۰۰۰۰: ۱	۱۳۷۶	۳۸۰۴۳۱	۶۳۰۹۴
۲۴	مطالعات خاکشناسی دشت سرو آذربایجان غربی	آ. غربی	۵۰۴۷	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۷۲	۷۱۴۰	۷۵۱۸

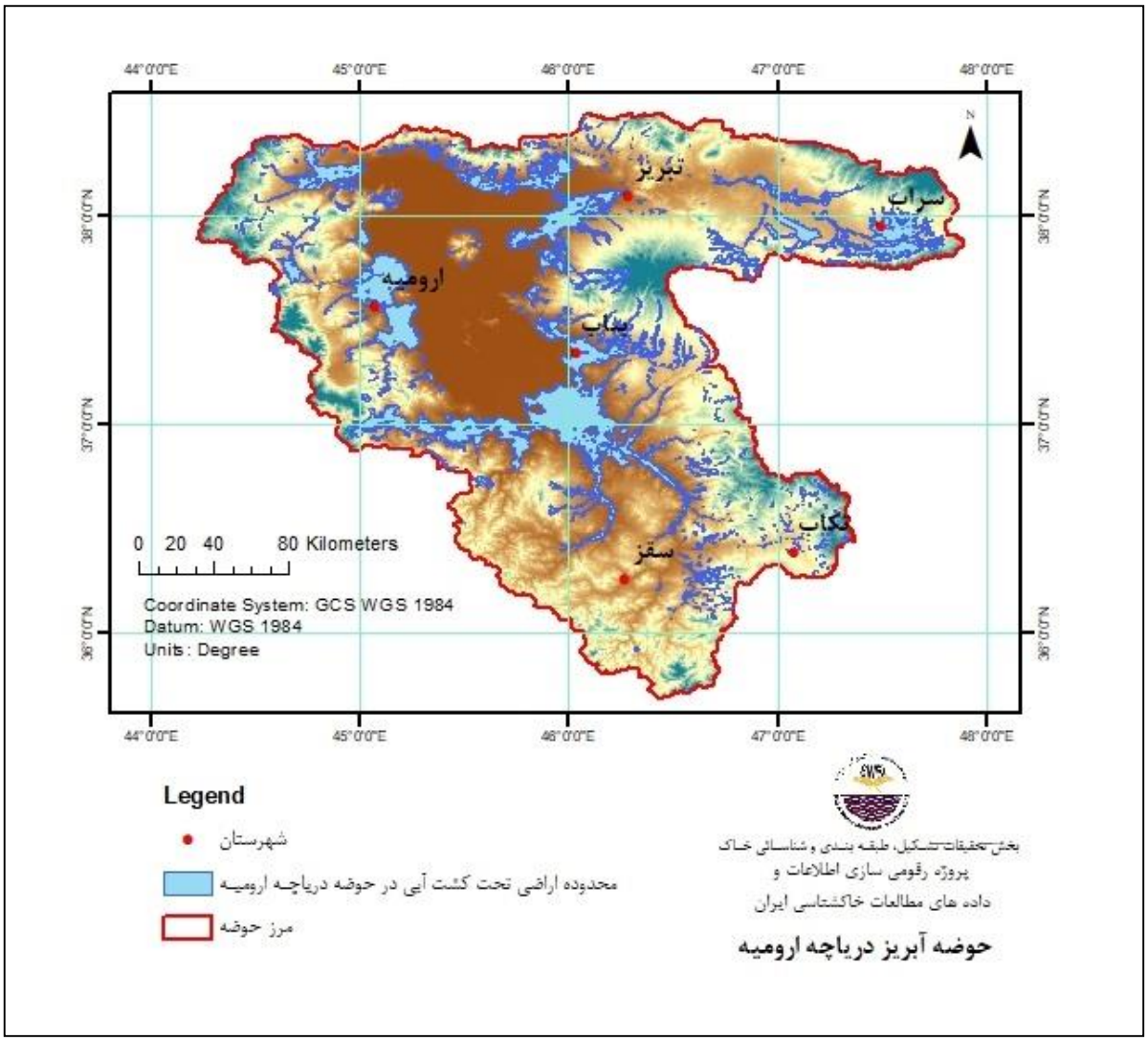
پراکنش جغرافیایی مناطق دارای داده‌های رقومی خاک‌شناسی در حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۲۱ ارائه شده است.



شکل ۲۱. پراکنش جغرافیایی مناطق دارای داده‌های رقومی خاکشناسی در حوضه دریاچه ارومیه

با توجه به اطلاعات نقشه‌های خاک‌شناسی رقومی‌شده مجموع مساحت اراضی رقومی‌شده در این حوضه ۱۶۰۸۸۲۲ هکتار است. از آنجاکه این پروژه در اراضی انجام خواهد شد که به صورت آبی مورد بهره‌برداری قرار می گیرند، نقشه مناطق تحت کشت آبی در حوضه دریاچه ارومیه بر اساس برآوردهای حا صل از پردازش داده‌های ماهواره لند ست مربوط به سال ۲۰۱۴ و سایر اطلاعات مکانی تهیه شد (شکل ۲۲). بر اساس این نقشه مساحت اراضی آبی در این حوضه در سیستم تصویری لامبرت[1] حدود ۶۰۹۱۸۵ هکتار است.

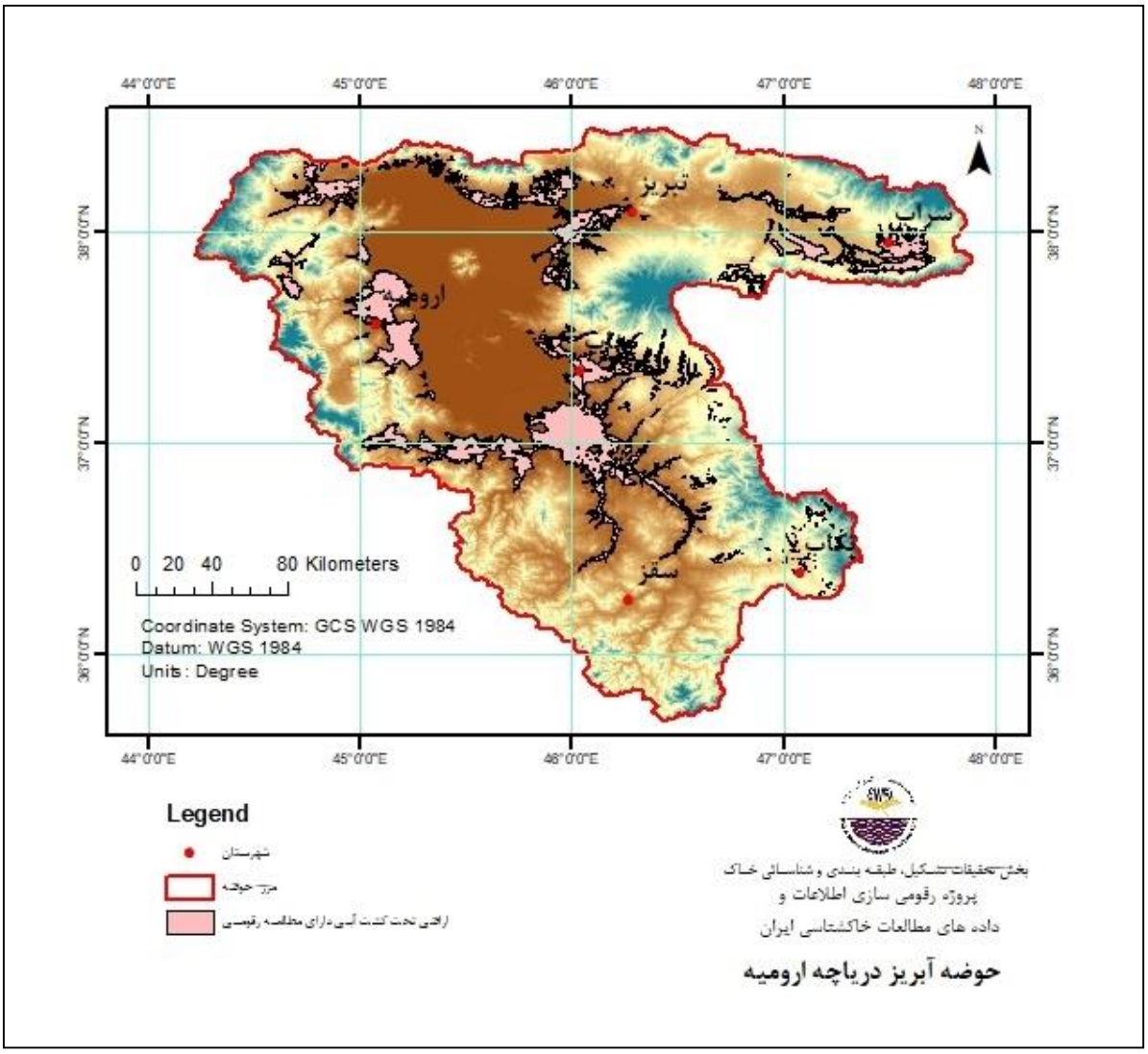
1 Iran lambert conformal conic



شکل ۲۲. پراکنش جغرافیایی محدوده اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه

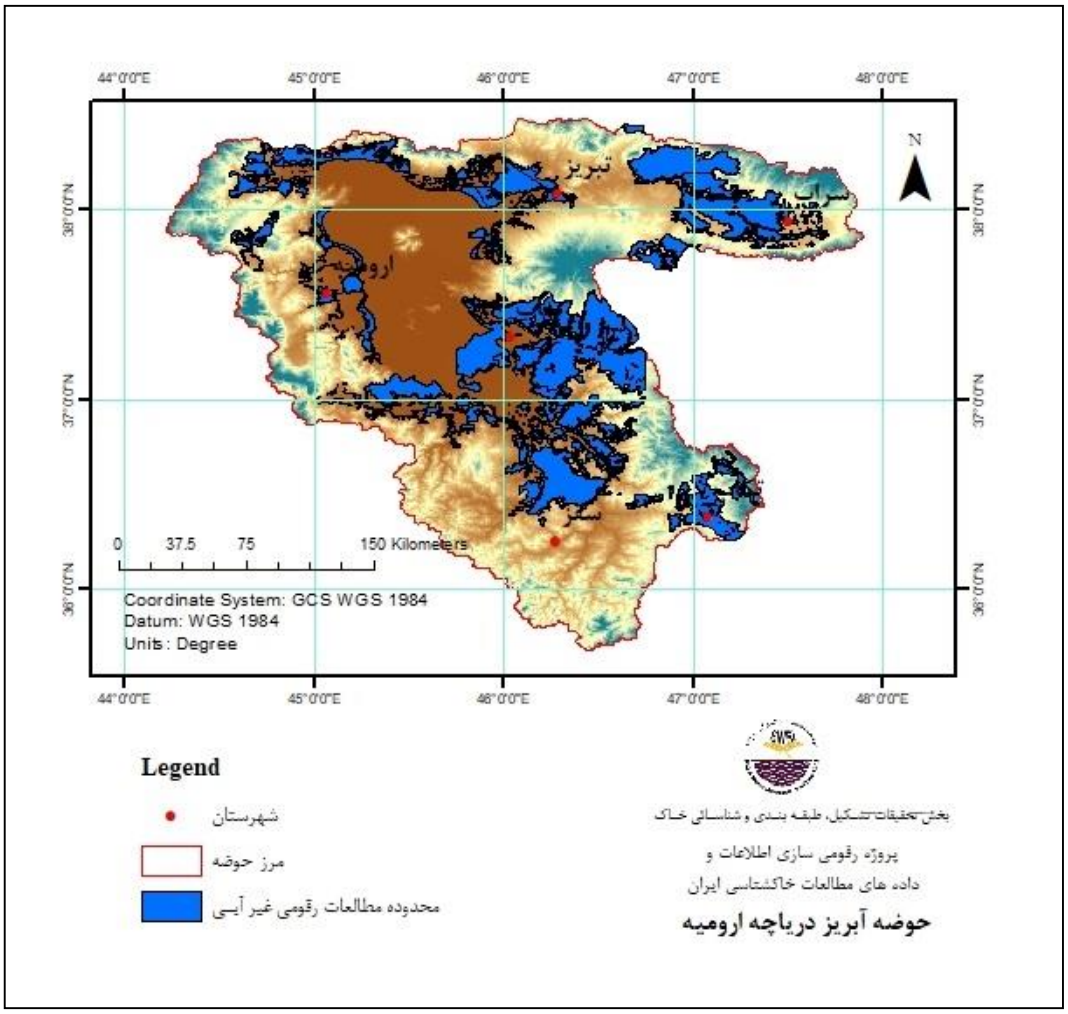
مطالعات خاک‌شناسی حوضه در برش لایه آبی

برای تعیین پراکنش جغرافیایی محدوده‌های آبی دارای داده‌های خاک‌شناسی رقومی‌شده در این حوضه از تلفیق لایه مطالعات خاک‌شناسی با لایه محدوده‌های اراضی آبی استفاده شد (شکل ۲۳). بر اساس نتایج حاصل از همپوشانی این دو لایه، مساحت محدوده‌های آبی دارای مطالعات خاک‌شناسی رقومی در حوضه دریاچه ارومیه ۵۱۷۹۸۱ است.



شکل ۲۳. پراکنش جغرافیایی محدوده‌های آبی دارای مطالعات خاکشناسی رقومی در حوضه دریاچه ارومیه

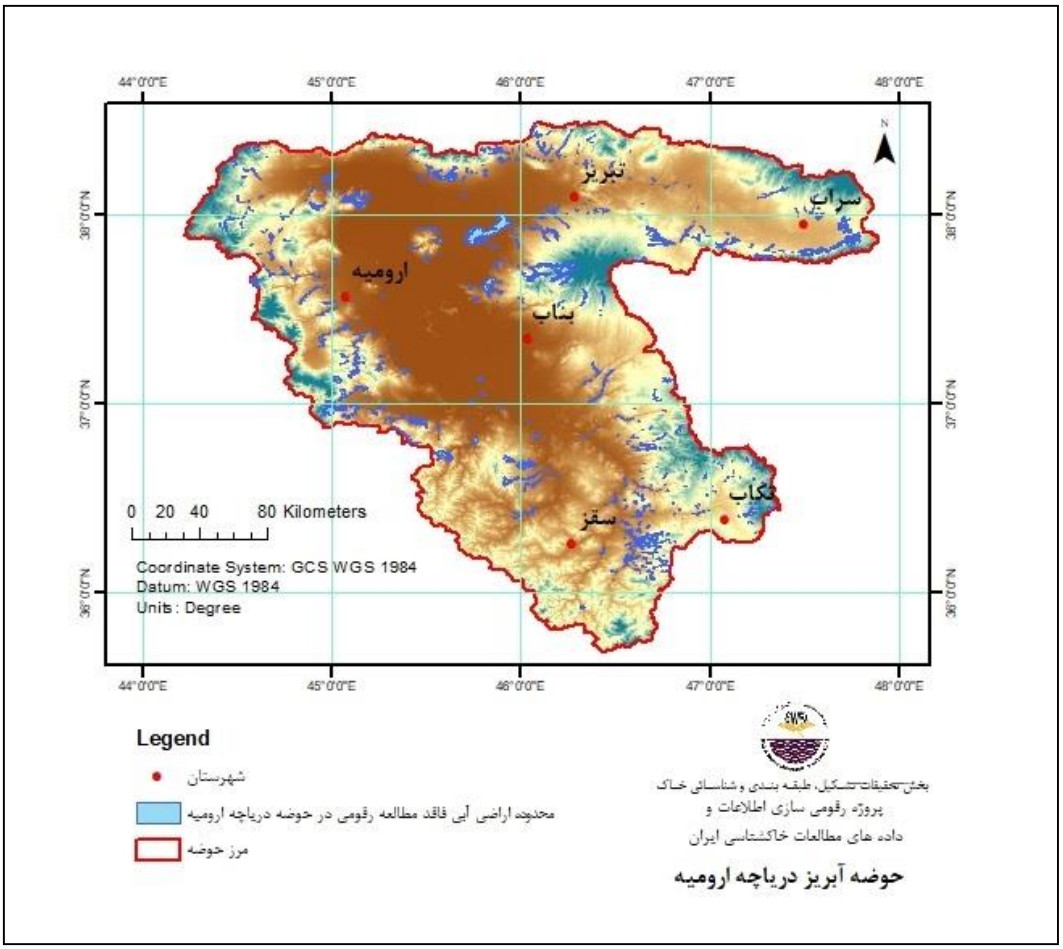
همچنین پراکنش جغرافیایی محدوده‌های دارای داده‌های خاک‌شناسی رقومی‌شده که در اراضی غیر آبی قرار گرفته‌اند نیز استخراج شد (شکل ۲۴). بر اساس نتایج حاصل از تفریق این دو لایه، مساحت‌های محدوده‌های دارای داده‌های خاک‌شناسی رقومی که در اراضی غیر آبی واقع شده‌اند، ۱۰۹۰۸۴۱ هکتار برآورد شد.



شکل ۲۴. پراکنش جغرافیایی مناطق دارای داده‌های رقومی خاک‌شناسی در اراضی غیر آبی در حوضه دریاچه ارومیه

محدوده‌های آبی فاقد مطالعات خاکشناسی

پراکنش جغرافیایی محدوده‌های آبی فاقد مطالعات خاک‌شناسی با تفریق لایه محدوده‌های اراضی دارای اطلاعات خاک‌شناسی از لایه محدوده‌های آبی به دست آمد (شکل ۲۵). بر اساس نتایج حاصل مساحت محدوده‌های آبی فاقد مطالعات خاکشناسی، ۹۱۲۰۴ هکتار تعیین شد.



شکل ۲۵. پراکنش جغرافیایی محدوده‌های آبی فاقد مطالعات خاک‌شناسی در حوضه دریاچه ارومیه

جدول ۱۵. فهرست مطالعات خاک‌شناسی در استان آذربایجان شرقی

ردیف	عنوان مطالعه	شماره گزارش	مقیاس	مساحت (هکتار)
۱	گزارش خاک شناسی اجمالی و طبقه بندی اراضی منطقه سراب-مهربان	۷۴۹	۱ :۵۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰
۲	مطالعات اجمالی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی منطقه میانه	۷۶۳	۱ :۵۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰
۳	مطالعات خاک شناسی اجمالی منطقه هشترود	۷۶۷	۱ :۵۰۰۰۰	۳۳۶۰۰۰
۴	مطالعات خاک شناسی اجمالی منطقه اهر-مشکین‌شهر	۷۹۳	۱ :۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰
۵	مطالعات خاک شناسی نیمه تفصیلی دشت اهر (پایاب سد اشتلق)	۸۰۲	۱ :۵۰۰۰۰	۲۸۵۰۰
۶	مطالعات اجمالی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی منطقه مراغه	۱۰۱۹	۱ :۵۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰
۷	مطالعات خاکشناسی اجمالی دشتهای شمال استان آذربایجانغربی و قسمتی از استان آذربایجان شرقی	۱۱۱۱	۱ :۵۰۰۰۰	۳۸۰۴۳۱
۸	گزارش خاک شناسی نیمه تفصیلی تبریز	۹۲	۱ :۵۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰
۹	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه‌تفصیلی منطقه مرند	۴۰۶	۱ :۵۰۰۰۰	۵۱۰۰۰
۱۰	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی اراضی ملک کندی	۴۹۰	۱ :۵۰۰۰۰	۵۲۰۰
۱۱	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه آذر شهر (حوضه مشروبی گمبر چای)	۶۳۳	۱ :۵۰۰۰۰	۱۹۰۰۰
۱۲	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق منطقه رجئین میانه	۶۸۲	۱ :۵۰۰۰۰	۴۲۰۰۰
۱۳	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دشت یکانات	۷۱۳	۱ :۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰

۱۴	خاکشناسی نیمه‌تفصیلی سرین دیزج (اراضی شرکت سهامی‌زراعی)	۱۳۹	۱ :۵۰۰۰۰	۱۱۰
۱۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت تبریز	مشاور یکم (۷۰۰۱)	۱ :۵۰۰۰۰	۹۲۶۰۰
۱۶	گزارش مطالعات مرحله اول عمران دشت رجئین، گزارش خاکشناسی	مهاب قدس	۱ :۵۰۰۰۰	۴۲۰۰۰
۱۷	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی دشت خراجو (مطالعات مرحله دوم)	مهاب قدس(۷۰۰۷)	۱ :۱۰۰۰۰	۱۳۱۹
۱۸	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی پایاب سد لیلان	مهاب قدس (۷۰۰۵)	۱ :۱۰۰۰۰	۸۹۰۰
۱۹	گزارش مطالعات نیمه تفصیلی دقیق خاکشناسی و طبقه بندی اراضی دشت هرزندات شهرستان مرند، آذربایجان شرقی	بوم آباد (۷۰۰۳)	۱ :۲۰۰۰۰	۱۸۳۴۵
۲۰	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی پروژه صوفی چای مراغه	آب و زمین (۷۰۰۶)	۱ :۲۰۰۰۰	۶۸۵۰۰
۲۱	طرح پمپاژ گلفرج، جلفا	بوم آباد (۷۰۰۲)	۱:۲۰۰۰۰	۹۲۶۰۰
۲۲	مطالعات خاک شنا سی نیمه تف ضیلی دقیق و نفوذ پذیری سطحی طرح آبر سانی از رودخانه ارس به اراضی کشاورزی روستاهای تاتار ، توعلی ، کوزرق و خمارلو	ایده پردازان توسعه	۱:۲۰۰۰۰	۳۰۰۰
۲۳	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی محدوده سد زرینه	۴۷۰	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۱۹
۲۴	گزارش تکمیلی خاکشناسی تفصیلی منطقه تیکمه داش	۱۷۱	۱ :۲۰۰۰۰	۳۳۱
۲۵	گزارش خاکشناسی اجمالی منطقه میانه	۵۱۷	۱ :۵۰۰۰۰	۴۳۳۰۰
۲۶	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی دشت گلفرج جلفا، آدربایجان شرقی	۸۳۵	۱ :۲۰۰۰۰	۱۲۰۰۰
۲۷	گزارش مطالعات تفصیلی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی مرکز آموزش سعید آباد	۳۷۶	۱ :۲۰۰۰۰	۴۵
۲۸	گزارش خاک شنا سی تف صیلی مزرعه تحقیقاتی دامپروری و دامپز شی مراغه دان شگاه آذرآبادگان	۴۸۱	۱ :۵۰۰۰۰	۳۷۵

۲۹	گزارش مطالعات خاک شنا سی نیمه تف صیلی ارا ضی شرکت تعاونی تولید رو ستایی سراب	۵۶۲	۱ :۱۰۰۰۰	۱۷۸۵
۳۰	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه دوزدوزان سراب	۵۸۹	۱ :۲۰۰۰۰	۳۹۷۰
۳۱	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه دوزدوزان سراب	۵۸۹	۱ :۲۰۰۰۰	۲۹۷۰
۳۲	مطالعات خاک شناسی و طبقه بندی اراضی دشت عجب شیر (آذربایجان شرقی)	۵۰۴۵	۱ :۲۰۰۰۰	۲۵۵۷۰
۳۳	مطالعات خاکشنای اراضی پایاب سد قرانقوی هشترود استان آذربایجان شرقی	۵۰۴۴	۱ :۲۰۰۰۰	۳۵۳۰۰
۳۴	مطالعات خاکشناسی منطقه اربطان هریس- آذربایجان شرقی	۵۰۲۵	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۲۸۰
۳۵	مطالعات خاکشناسی پایاب سد آیدوغموش میانه آذربایجان شرقی	۵۰۳۹	۱:۲۰۰۰۰	۲۲۱۰۰
۳۶	مطالعات خاکشناسی اراضی پایاب سد اهر آذربایجان شرقی	۵۰۴۶	۱:۲۰۰۰۰	۱۸۷۵۰
۳۷	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت سراب	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۶۸۵۰۰
۳۸	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت جعیر میانه	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۴۵۰۰
۳۹	مطالعات مرحله اول طرح توسعه منابع آب رودخانه القنا و آبیاری اراضی محدوده طرح	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۲۸۶۰
۴۰	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق و طبقه بندی اراضی مناطق مردق چای و ملکان (مراغه)	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۱۲۱۴۱
۴۱	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق مناطق خراجو و یانبلاغی (مراغه)	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۱۰۱۸۸
۴۲	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت های جعیر و نوروزآباد میانه	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۱۰۷۰۰
۴۳	گزارش مطالعات نیمه تفصیلی دقیق خاکشناسی و طبقه بندی اراضی دشت بناب	مشاور یکم	۱ :۲۰۰۰۰	۸۲۵۳
۴۴	مطالعات خاکشناسی اجمالی اراضی جایگزین دریاچه سد استور (ناحیه جنوبی)	مشاور یکم	۱ :۵۰۰۰۰	۳۶۵۰۰
۴۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی پایاب سد شهریار	مهاب قدس	۱ :۲۰۰۰۰	۲۳۰۰۰
۴۶	مطالعات خاکشناسی اراضی پایاب سد قلی بیگلو آذربایجان شرقی	۵۰۵۱	۱ :۱۰۰۰۰	۱۵۸۰۰
۴۷	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی تکمیلی سد شهریار	پویش سبز آذرآبادگان	۱ :۲۰۰۰۰	۴۴۰۰

جدول ۱۶. فهرست مطالعات خاک‌شناسی در استان آذربایجان غربی

ردیف	عنوان مطالعه	شماره گزارش	مقیاس	مساحت (هکتار)
۱	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه تکاب	۹۷۰	۱ :۵۰۰۰۰	۷۹۲۹۰
۲	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه شاهین دژ	۹۸۶	۱ :۵۰۰۰۰	۷۷۱۵۸
۳	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی پروژه زرینه رود (میاندوآب)	۷۶	۱ :۵۰۰۰۰	۱۱۳۰۰۰
۴	مطالعات اجمالی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه بوکان (آذربایجان غربی)	۱۰۲۷	۱ :۵۰۰۰۰	۱۱۰۶۰۰
۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه نقده (اشنویه)	۱۵۱	۱ :۵۰۰۰۰	۸۳۱۰۰
۶	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی ارومیه	۷۰	۱ :۵۰۰۰۰	۷۵۱۹۰
۷	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی نیمه تفصیلی منطقه سلماس	۱۰۴	۱ :۵۰۰۰۰	۶۰۵۰۰
۸	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی مناطق اواوغلی - قره ضیاالدین‌د شت یکانات - دشت زنگنه	۶۳۹	۱ :۵۰۰۰۰	۵۷۰۰۰
۹	گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی نیمه‌تفصیلی منطقه پلدشت‌ماکو	۲۶۴	۱ :۵۰۰۰۰	۵۳۰۰۰
۱۰	گزارش مطالعات نیمه تفصیلی خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی منطقه خوی	۵۳۹	۱ :۵۰۰۰۰	۵۳۰۰۰
۱۱	گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی پروژه مهاباد	۷۱	۱ :۵۰۰۰۰	۴۱۷۸۰
۱۲	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه کهریز - ارومیه	۲۰۶	۱ :۵۰۰۰۰	۱۰۴۰۰
۱۳	مطالعات خاکشناسی اجمالی دشتهای شمال استان آذربایجان غربی و قسمتی از استان آذربایجان شرقی	۱۱۱۱	۱ :۵۰۰۰۰	۳۸۰۴۳۱
۱۴	گزارش خاکشناسی تفصیلی مزرعه نمونه ارومیه	۲۳۹	۱ :۵۰۰۰۰	۱۹۵۰
۱۵	گزارش خاکشناسی تفصیلی بنگاه کشاورزی میاندوآب	۲۰	۱:۵۰۰۰	۱۳۹

۱۶	Semi Detailed Land Project on the Soil Survey and Classification of Zarineh Rud Project	۲۳	۱:۱۰۰۰۰۰	۱۱۳۰۰ ۰
۱۷	گزارش خاکشناسی تفصیلی پروژه مهاباد	۸۱	۱:۱۰۰۰۰	۲۱۴۲۱
۱۸	گزارش بررسی اراضی مساعد برای کشت توتون در منطقه ارومیه	۱۱۴	۱:۵۰۰۰۰	۴۷۰۰
۱۹	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی ایستگاه دامپروری سرارود	۱۲۱		۳۱
۲۰	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی مزرعه نمونه سلماس	۲۵۸	۱:۱۰۰۰۰	۱۸۰
۲۱	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی مرکز آموزش کشاورزی مهاباد	۳۰۹	۱:۸۰۰۰	۵۲۰
۲۲	گزارش مطالعات تفصیلی و نیمه تفصیلی منطقه پلدشت (ماکو)	۵۵۳	۱:۲۰۰۰۰	۱۳۰۰۰
۲۳	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی اراضی شرکت سهامی	۵۹۷	۱:۲۰۰۰۰	۲۹۲۴
۲۴	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی ایستگاه حفاظت خاک و آب حیدرلو	۵۹۹	۱:۲۰۰۰۰	۴,۱۱۲
۲۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه شبلو(پلدشت)	۶۰۳	۱:۲۰۰۰۰	۴۶۴۵
۲۶	گزارش مطالعات خاکشناسی تفصیلی منطقه شبلو (پلدشت)	۶۳۲	۱:۲۰۰۰۰	۴۲۶۰
۲۷	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی جنوبی - سد ارس	۷۱۵	۱:۲۰۰۰۰	۱۴۰۰
۲۸	مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشتهای رحیم‌خان و باروق میاندوآب	۸۸۰	۱:۲۰۰۰۰	۱۰۰۹۰
۲۹	مطالعات تفصیلی دقیق خاکشناسی وطبقه بندی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خرم آباد ارومیه آذربایجان غربی	۱۲۱۰	۱:۲۰۰۰۰	
۳۰	مطالعات خاکشناسی منطقه بوکان و مراغه	۵۰۰۳	۱:۵۰۰۰۰	۱۷۳۰۰
۳۱	مطالعات خاکشناسی دشتهای نازک- قره ضیاء الدین- آذربایجان غربی	۵۰۵۵	۱:۲۵۰۰۰	۱۵۸۰۰
۳۲	مطالعات خاکشناسی دشت سرو آذربایجان غربی	۵۰۴۷	۱:۲۰۰۰۰	۷۱۴۰
۳۳	مطالعات خاکشناسی دشت‌های هفت‌گانه آذربایجان غربی و کردستان (هورسین، تلو، سیلوانا، زیوه، باروق، صائین قلعه و سقز)	۵۰۵۹	۱:۲۰۰۰۰	۱۰۴۰۰ ۰
۳۴	مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دشت های پیرانشهر پسوه و جلدیان	۵۰۵۷	۱:۲۰۰۰۰	۳۷۷۷۵
۳۵	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت شهید قنبری ماکو		۱:۲۰۰۰۰	۹۴۳۵

۳۶	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق قسممتی از اراضی طرح سیمینه رود (میان دو آب)		۱ :۲۰۰۰۰	۱۸۹۶
۳۷	مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی شکریازی سلماس		۱ :۲۰۰۰۰	۱۰۹۰۰
۳۸	گزارش مطالعات نیمه تفصیلی دقیق خاکشناسی اراضی جنوب دریاچه سد ارس و دشت شوط		۱ :۲۰۰۰۰	۲۰۵۵۰
۳۹	گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق طرح آبیاری غازان چای		۱ :۲۰۰۰۰	۱۳۵۵۵

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات حوضه آبریز دریاچه ارومیه

گندم (*Triticum aestivum* L.)

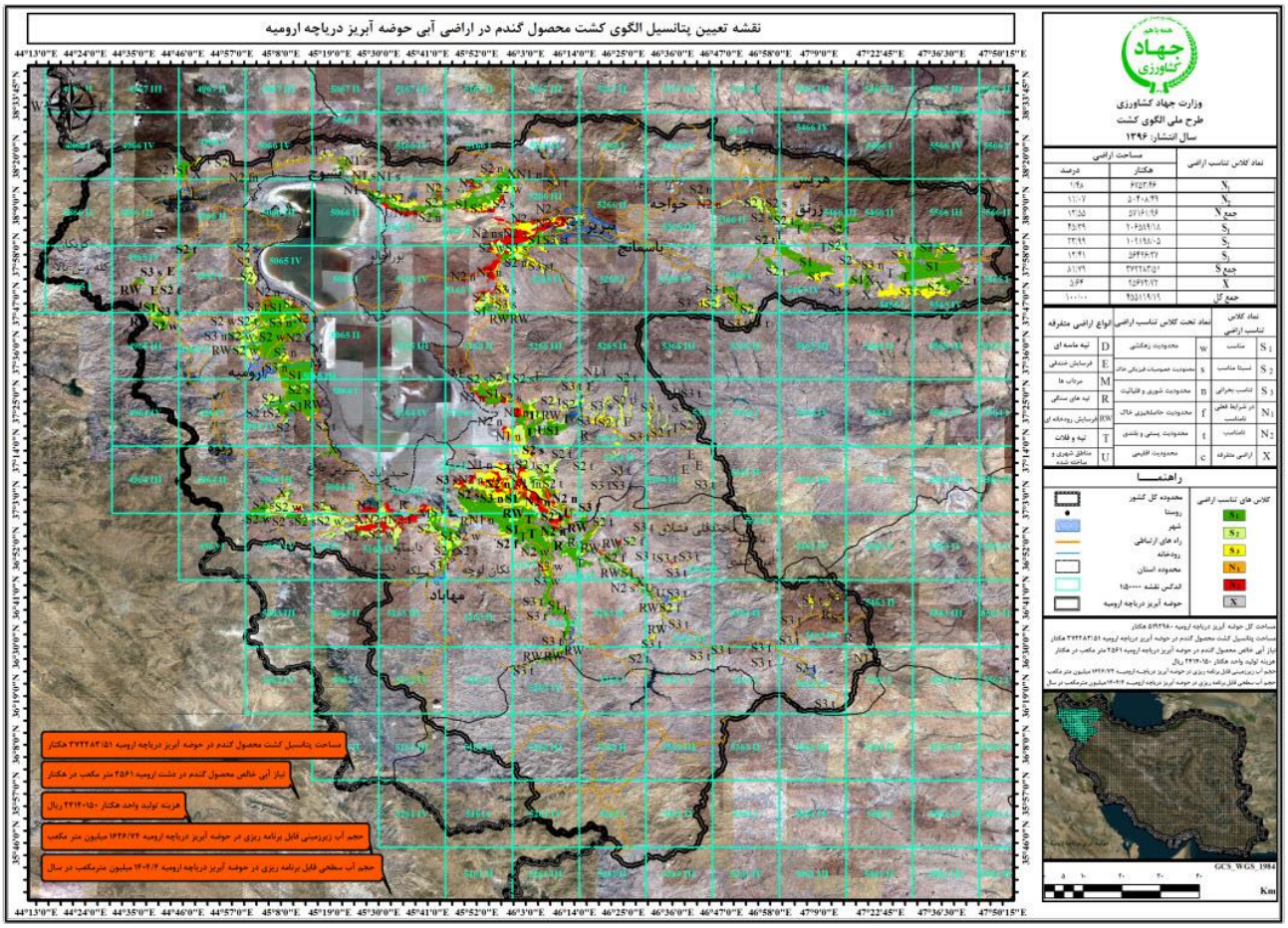
به طور کلی اراضی مناسب برای کشت گندم دارای شیب ۰ تا ۲ درصد، سنگریزه سطحی کمتر از ۱۰ درصد، آهک ۰ تا ۲۰ درصد، گچ ۰ تا ۱۰ درصد، اسیدیته ۲/۶ تا ۷ و هدایت الکتریکی کمتر از ۶ دسی زیمنس بر متر است. در رابطه با شرایط آب و هوایی مناسب برای کشت گندم، میانگین درجه حرارت هوا در دوره ر شد بین ۱۲تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین درجه حرارت هوا در دوره گلدهی بین ۲۱ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت در مرحله رسیدگی ۱۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است.

نتایج ارزیابی تناسب اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای گندم آبی نشان می‌دهد که حدود ۶۲۶ هزار هکتار از کل اراضی آبی مورد بررسی (۸۱/۸ درصد) در رده مناسب (S) و ۱۳۹ هزار هکتار از اراضی (۱۸/۲ درصد) در رده نامناسب (N) قرار دارد. اراضی رده مناسب در سه کلاس مناسب (S1)، نسبتاً مناسب (S2) و تناسب کم (S3) و اراضی رده نامناسب در دو کلاس نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیرقابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرند.

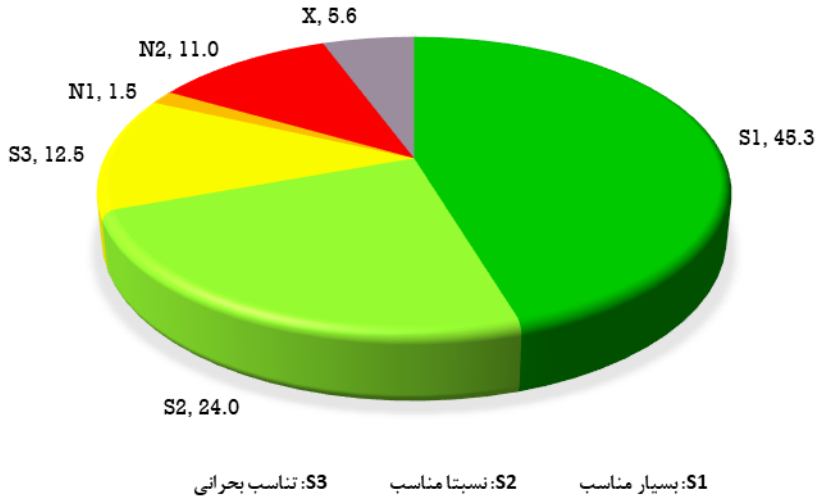
نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی آبی مطالعه شده در حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۲۶ نشان داده شده است. کشت گندم آبی در حوضه دریاچه ارومیه با محدودیت اقلیمی همراه نیست و در کلاس مناسب (S1) قرار دارد. نتایج ارزیابی نهایی اراضی برای محصول گندم آبی نشان می دهد که حدود ۳۴۷ هزار هکتار (۴۵/۳۶ درصد) از کل اراضی آبی مطالعه شده فاقد هرگونه محدودیت خاکی برای کاشت این محصول هستند و در کلاس مناسب (S1) قرار دارند. اراضی نسبتاً مناسب (کلاس S2) دارای محدودیت‌های مختلف شامل محدودیت‌های واکنش خاک، هدایت الکتریکی خاک، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، پستی و بلندی و زهکشی هستند (شکل ۲۷). این کلاس اراضی شامل حدود ۱۸۳ هزار هکتار (۲۴٪) کل اراضی آبی مطالعه‌شده است. حدود ۹۵۶ هزار هکتار از اراضی آبی مورد مطالعه در این حوضه (۱۲/۵٪) دارای کلاس تناسب کم (S3) بوده و محدودیت‌های‌شان عمدتاً شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، پستی و بلندی و زهکشی است. اراضی کلاس نامناسب (N) دارای محدودیت‌های خیلی زیاد اما قابل اصلاح با عملیات اصلاحی است که عمدتاً شامل محدودیت‌های مربوط به واکنش خاک، هدایت الکتریکی، بافت

خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، پستی و بلندی و زهکشی است. این اراضی با مساحت ۱۳۹ هکتار شامل حدود ۱۲/۵٪ از کل اراضی آبی مطالعه شده است و مابقی سطح (۵/۶٪) را اراضی متفرقه تشکیل می‌دهد.

شکل ۲۸سطح مطالعه شده و کلاس‌های تناسب اراضی و نوع عوامل محدودکننده (زیرکلاس ها) را در هر یک از دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که غیر از دشت‌های تکاب و جزایر دریاچه ارومیه که سطح کلاس‌های S1 و S2 در آنها کمتر از سایر کلاس‌های تناسب است، در بقیه دشت‌های مورد مطالعه سطح قابل توجهی از اراضی مطالعه در کلاس تناسب S1 و S2 قرار می‌گیرد که نشانگر پتانسیل بالای کشت گندم در این دشت‌ها است.



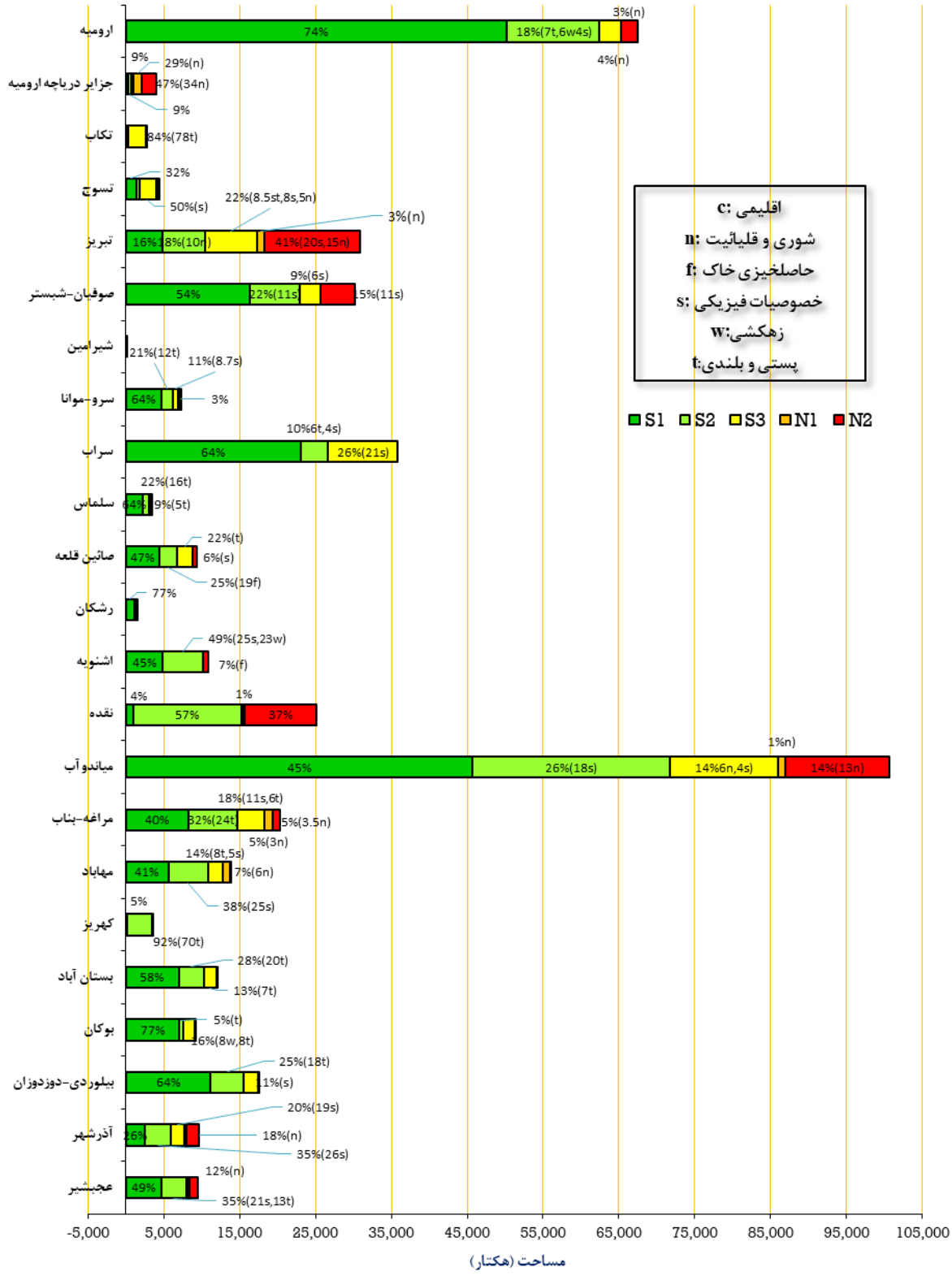
شکل ۲۶. پتانسیل کشت محصول گندم در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۲۷. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس های تناسب اراضی برای گندم آبی

جدول ۱۷. مساحت اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیر کلاس‌های اراضی برای محصول گندم

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	626375/78	81/83	S1	347176/15	45/36	S1	347176/15	45/36
			S2	183592/69	23/99	S2 f	6069/84	0/79
						S2 n	9465/99	1/24
						S2 s	75506/77	9/86
						S2 st	18/35	0/00
						S2 t	52995/59	6/92
						S2 tw	2/32	0/00
						S2 w	39533/83	5/16
			S3	95606/94	12/49	S3 f	735/10	0/10
						S3 n	20960/50	2/74
						S3 s	44516/89	5/82
						S3 st	6269/77	0/82
						S3 t	20882/24	2/73
						S3 w	2242/43	0/29
اراضی نا مناسب (N)	139066/81	18/17	N1	11308/13	1/48	N1 fn	112/34	0/01
						N1 n	8940/74	1/17
						N1 s	615/39	0/08
						N1 t	1588/31	0/21
						N1 w	51/35	0/01
			N2	84653/22	11/06	N2 f	12643/64	1/65
						N2 fn	3608/58	0/47
						N2 n	42108/54	5/50
						N2 ns	4127/32	0/54
						N2 s	21638/77	2/83
						N2 w	526/36	0/07
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00



شکل ۲۸. پتانسیل کشت گندم در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

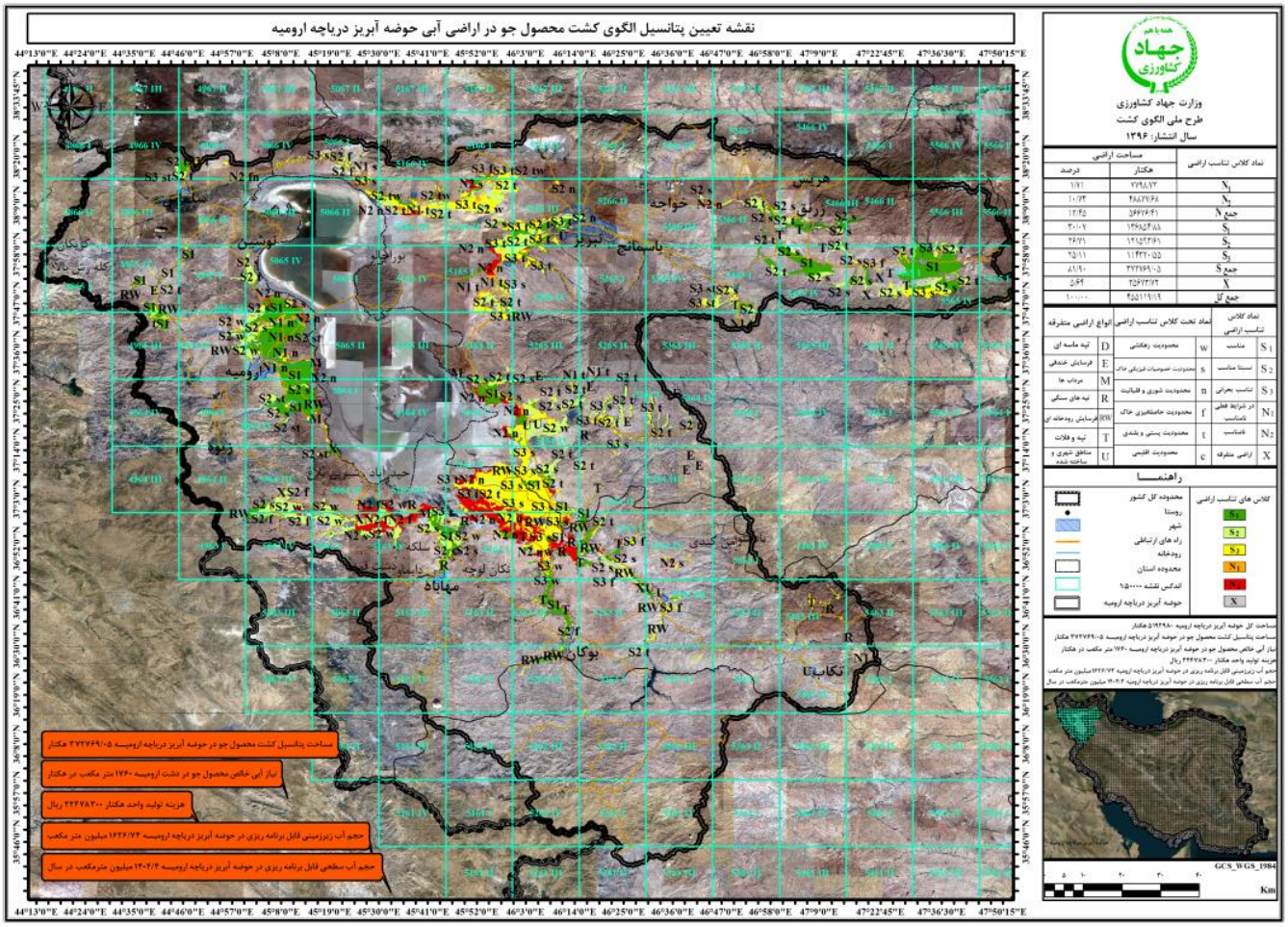
جو (*Hordeum vulgare* L.)

اراضی مناسب کشت جو دارای شیب ۰ تا ۱ درصد و خاک با سنگریزه سطحی کمتر از ۳ درصد، آهک ۳ تا ۲۰ درصد، گچ ۰ تا ۱۰ درصد، اسیدیته ۷ تا ۵/۷ وهدایت الکتریکی کمتر از ۸ دسی زیمنس بر متر است. بهترین دما برای جو برای دوره جوانه‌زنی ۸ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد، برای دوره گلدهی ۱۴ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و برای مرحله رسیدن ۱۶ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد است.

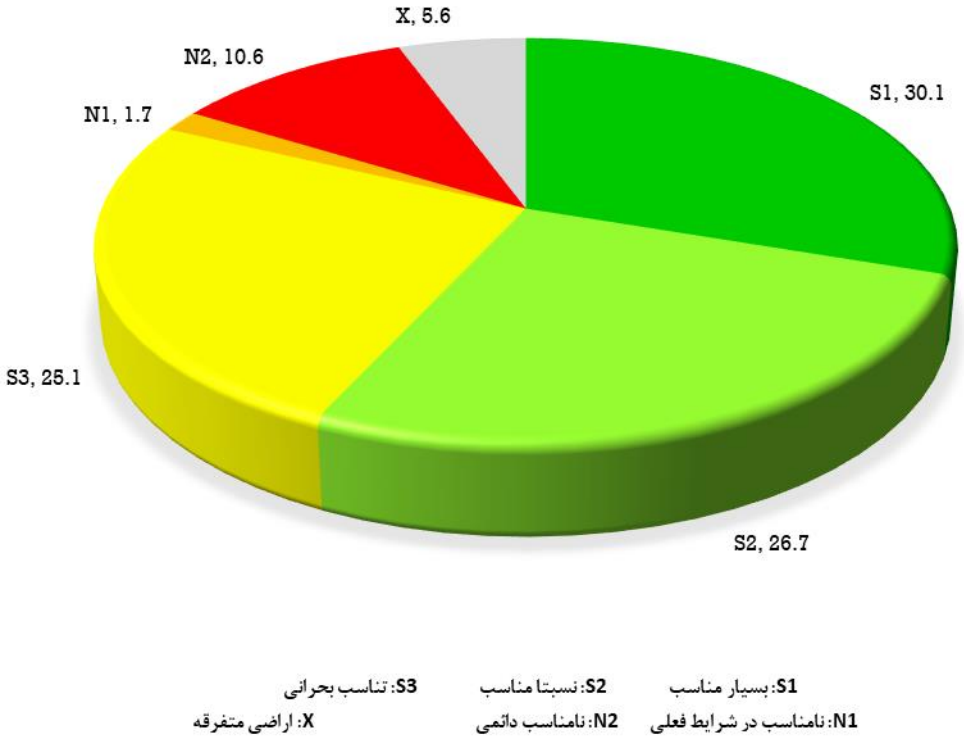
نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ۶۲۷ هزار هکتار (۸۲/۰۲٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده در رده مناسب (S) برای جو و ۱۳۷ هزار هکتار (۱۷/۹۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارد. کشت جو آبی در حوضه دریاچه اورمیه با محدودیت اقلیمی همراه نیست و در کلاس S1 قرار دارد. نتایج ارزیابی نهایی تناسب اراضی برای کاشت جو آبی نشان می‌دهد که ۲۳۰ هزار هکتار (۳۰٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه فاقد هرگونه محدودیت خاکی برای کاشت این محصول بوده و در کلاس مناسب (S1) قرار دارند. اراضی نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط که شامل مواردی نظیر قلیائیت، شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، پستی و بلندی و زهکشی است حدود ۲۰۴ هزار هکتار (۲۶/۷۴ درصد) از کل اراضی آبی مطالعه‌شده است. بر اساس نتایج ۱۹۲ هزار هکتار (۲۵/۱۶٪) از اراضی آبی مطالعه شده در کلاس تناسب کم (S3) قرار دارد. محدودیت‌های این اراضی در مقایسه با اراضی نسبتاً مناسب از شدت بیشتری برخوردار بوده و عمدتاً شامل شوری خاک، قلیائیت خاک، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، پستی و بلندی و زهکشی است. اراضی دارای کلاس تناسب اراضی نامناسب (N) دارای محدودیت‌های خیلی شدید هستند و محدودیت‌های آنها عمدتاً شامل شوری خاک، قلیائیت خاک، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی است. اراضی با این کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه حدود ۱۳۷ هزار هکتار (۱۷/۹۸ درصد) از کل اراضی آبی مطالعه شده است که ۱۳۱۹۱ هکتار (۷۲/۱٪) کل اراضی نامناسب قابل اصلاح و بقیه نامناسب دائمی هستند.

نتایج مطالعات تناسب اراضی به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه در شکل‌های ۲۹ الی ۳۱ برای گیاه جو نشان داده شده است. در این شکل مساحت مطالعه شده در هر یک از دشت‌ها در محور افقی نشان داده شده است و سهم در صدی هر یک از کلاس‌ها به صورت درصدی بر روی میله‌های نمودار و سهم عوامل محدودکننده از هر کلاس تناسب نیز در داخل

پرانتز به صورت درصد نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، دشت‌های ارومیه، سراب، بیلوردی-دوزدوزان و میاندوآب از نظر مساحت بیشترین کلاس S1 را به خود اختصاص می‌دهند. در بین عوامل محدودکننده، خصوصیات فیزیکی خاک، توپوگرافی و حاصلخیزی خاک بیشترین تاثیر را بر رشد و تولید جو در دشت‌های مورد مطالعه دارند.



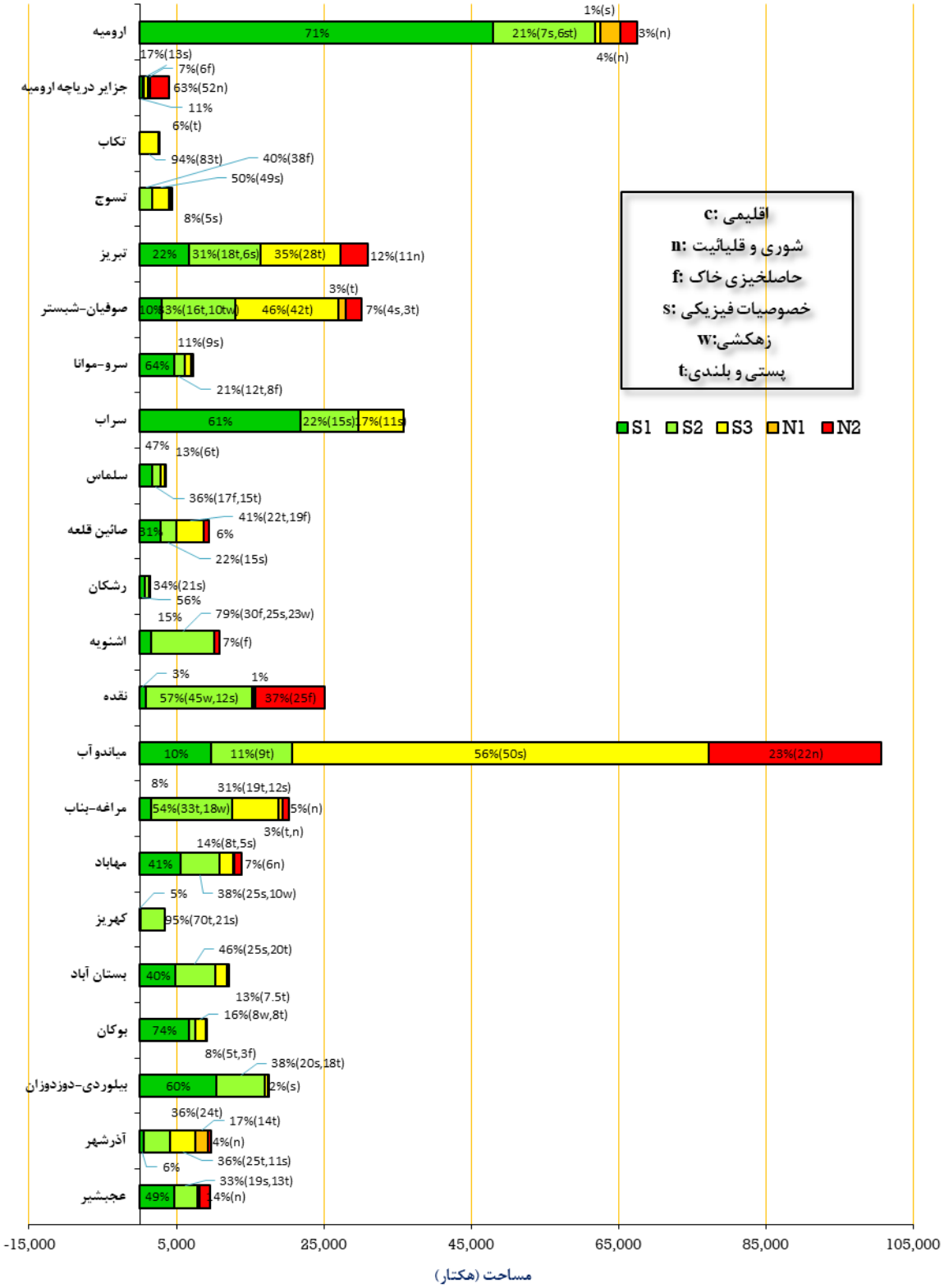
شکل ۲۹. پتانسیل کشت محصول جو آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۳۰. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای جو آبی

جدول ۱۸. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیرکلاس‌های اراضی برای محصول جو آبی

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	627830/62	82/02	S1	230561.92	30.12	S1	230561.92	30/12
			S2	204706/64	26/74	S2 f	12220/34	1/60
						S2 ft	258/97	0/03
						S2 n	1514/67	0/20
						S2 s	59425/46	7/76
						S2 st	6827/32	0/89
						S2 t	74054/83	9/67
						S2 tw	7962/56	1/04
						S2 w	42442/48	5/54
			S3	192562/07	25/16	S3 f	7295/10	0/95
						S3 ft	17/70	0/00
						S3 n	958/62	0/13
						S3 s	106928/93	13/97
						S3 st	1912/61	0/25
						S3 t	73204/35	9/56
						S3 w	2244/75	0/29
اراضی نا مناسب (N)	137611/97	17/98	N1	13191/23	1/72	N1 n	5951/53	0/78
						N1 s	1564/26	0/20
						N1 t	5624/09	0/73
						N1 w	51/35	0/01
			N2	81315/28	10/62	N2 f	12228/45	1/60
						N2 fn	2993/44	0/39
						N2 n	58887/41	7/69
						N2 ns	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	6671/80	0/87
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00



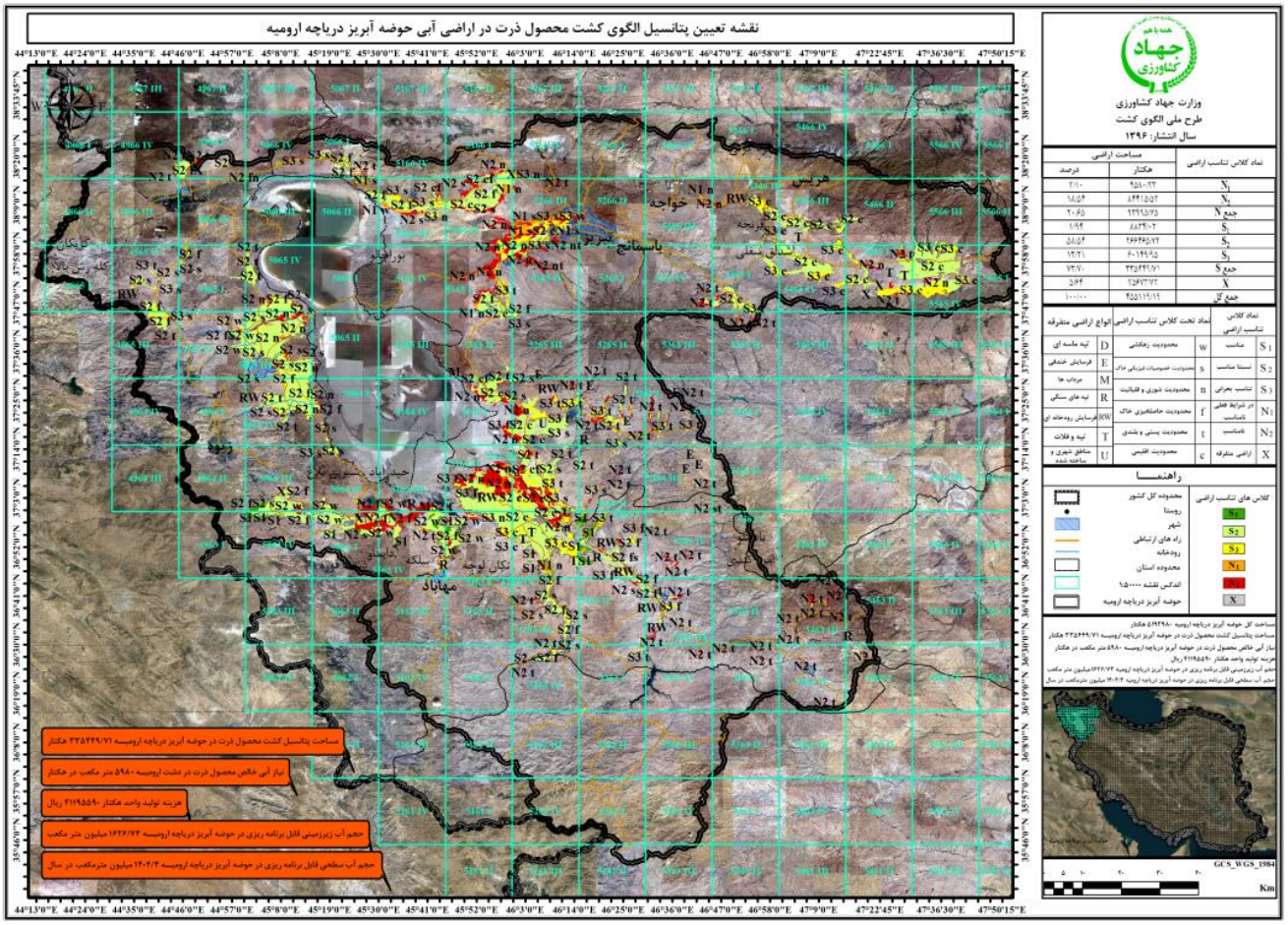
شکل ۳۱. پتانسیل کشت جو آبی در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)

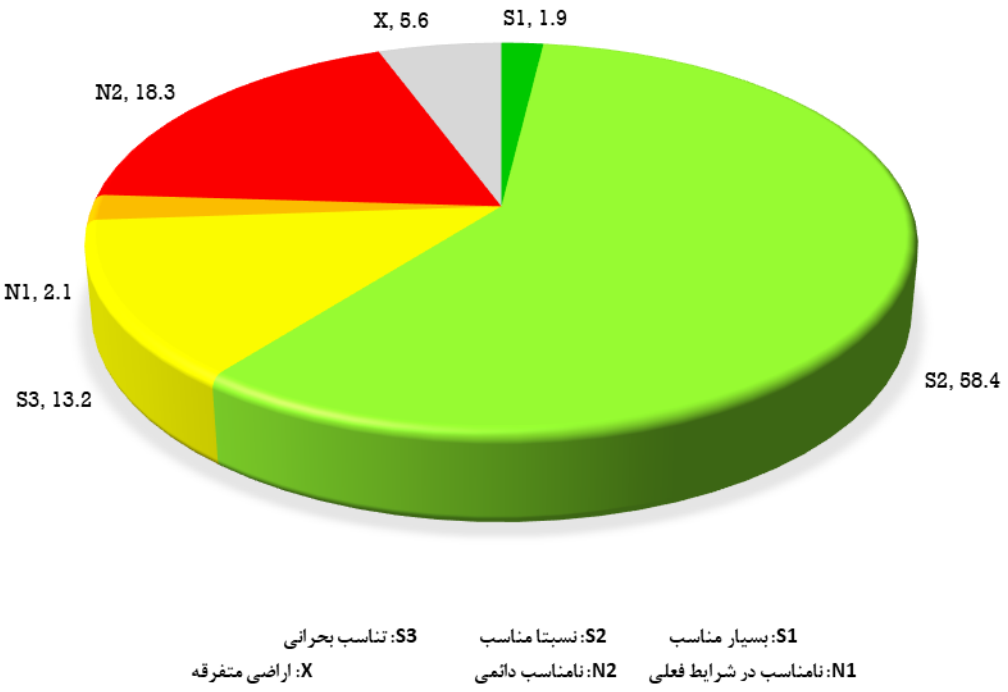
نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای در جدول ۱۹ ارائه شده است. حدود ۵۶۳ هزار هکتار (۷۳/۶٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده برای ذرت دارای رده مناسب (S) و ۲۰۲ هزار هکتار (۲۶/۴٪) دارای رده نامناسب (N) هستند. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی آبی حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۳۲ الی ۳۴ ارائه شده است. از نظر تناسب اقلیمی محصول ذرت در این حوضه دارای کلاس‌های تناسب اراضی S1 و S2 است. در شهرستان مهاباد محدودیت اقلیمی برای کاشت ذرت دانه‌ای وجود ندارد، لذا در کلاس مناسب (S1) قرار دارد. اما اراضی مناطق تبریز، میاندوآب، مراغه، بناب، عجب شیر و ملکان به دلیل ساعات آفتابی کم در دوره رشد محصول در کلاس نسبتاً مناسب (S2) قرار دارند. نتایج ارزیابی اراضی آبی مورد مطالعه برای این محصول نشان داد ۱۴۵۷۶ هکتار (۱/۹٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در این حوضه برای محصول ذرت در کلاس مناسب (S1) قرار گرفته و این اراضی برای محصول ذرت هیچ محدودیتی ندارند. اراضی نسبتاً مناسب (S2)، دارای محدودیت‌های متوسط از عوامل مربوط به اقلیم، واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی به مساحت حدود ۴۴ هزار هکتار (۵۸/۴۵٪) در حوضه وجود دارد. مناطق با کلاس تناسب اراضی کم (S3) با محدودیت‌های زیاد عوامل اقلیم، واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۰۱ هزار هکتار (۱۳/۲۵ درصد) از کل اراضی آبی مطالعه شده را شامل می شود. ۲۰۲ هزار هکتار (۲۶/۳۹٪) از اراضی به دلیل محدودیت‌های خیلی زیاد ناشی از عوامل واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های نامناسب اصلاح‌پذیر (N1) و نامناسب (N2) قرار دارند. ۱۶هزار هکتار (۲/۱۳٪) از اراضی آبی مطالعه شده به دلیل وجود محدودیت‌های شدید اقلیم، قلیائیت و عوامل فیزیکی خاک در کلاس نامناسب قابل اصلاح (N1) قرار گرفت. سایر اراضی در کلاس نامناسب و غیرقابل اصلاح قرار دارند.

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل ۳۴ نشان داده شده است. به غیر از دشت‌های میاندوآب، مهاباد، اشنویه، نقده و بوکان سایر دشت‌های حوضه برای کشت ذرت دانه‌ای فاقد کلاس S1 می باشند. بیشترین سطح رده مناسب نیز به ترتیب مربوط به دشت‌های میاندوآب (بیش از ۷۵ هزار هکتار)، ارومیه (بیش از ۶۰ هزار هکتار) و سراب (حدود ۳۵ هزار هکتار) است. در کلاس S2، بین عوامل محدودکننده، عامل اقلیمی محدودیت عمده بسیاری از دشت‌ها از جمله دشت میاندوآب، صوفیان-شبستر، سراب، مراغه-بناب، بستان‌آباد،

بیلوردی-دوزدوزان و عجب‌شیر ا ست، در حالی که عامل محدودکننده ا صلی در این کلاس برای د شت ارومیه عامل شوری و قلیائیت، اشنویه عامل حاصلخیزی و نقده و مهاباد عامل زهکشی است.



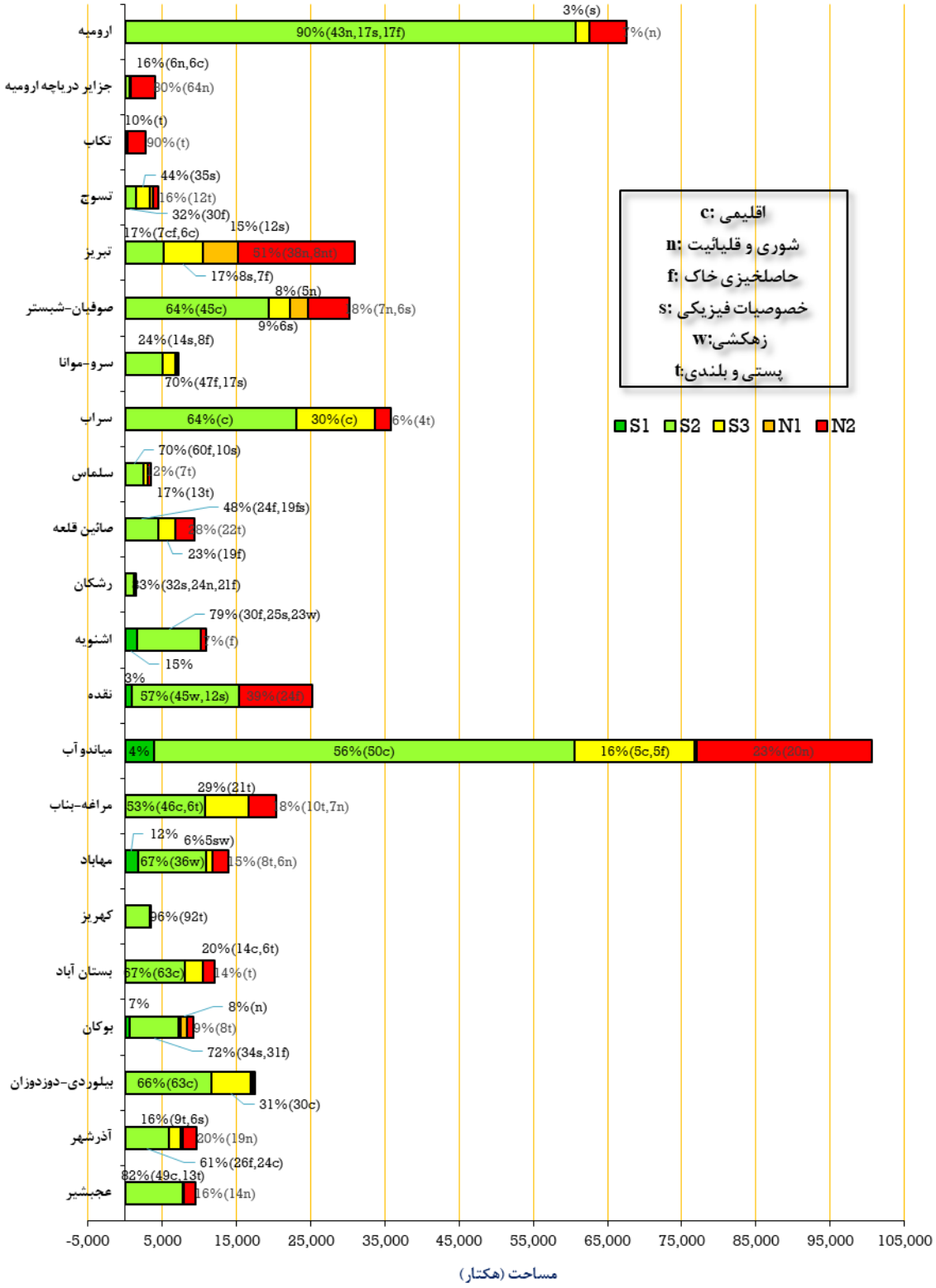
شکل ۳۲. پتانسیل کشت ذرت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۳۳. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای ذرت

جدول ۱۹. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس ها و زیرکلاس‌های اراضی برای ذرت

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	تحت کلاس تناسب	مساحت تحت کلاس (هکتار)	درصد مساحت تحت کلاس
اراضی مناسب (S)	563430/44	73/61	S1	14576/86	1/90	S1	14576/86	1/90
			S2	447420/98	58/45	S2 c	210025/89	27/44
						S2 cf	9571/89	1/25
						S2 cs	248/31	0/03
						S2 f	62448/15	8/16
						S2 fs	4781/90	0/62
						S2 n	52602/75	6/87
						S2 s	45825/21	5/99
						S2 t	23163/25	3/03
						S2 w	38753/63	5/06
			S3	101432/60	13/25	S3 c	39336/60	5/14
						S3 f	18008/96	2/35
						S3 ft	113/64	0/01
						S3 n	2370/22	0/31
						S3 s	19892/18	2/60
						S3 st	373/50	0/05
						S3 sw	1147/38	0/15
						S3 t	18891/10	2/47
						S3 w	1299/01	0/17
اراضی نا مناسب (N)	202012/15	26/39	N1	16332/32	2/13	N1 n	7054/10	0/92
						N1 s	7698/69	1/01
						N1 w	1579/53	0/21
			N2	142574/37	18/63	N2 f	12477/19	1/63
						N2 fn	3775/04	0/49
						N2 n	82477/10	10/78
						N2 ns	3069/86	0/40
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nt	5236/54	0/68
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	8248/73	1/08
						N2 st	98/90	0/01
						N2 t	26656/83	3/48
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه	43105/46	5/63
			جمع کل				765442/59	100/00

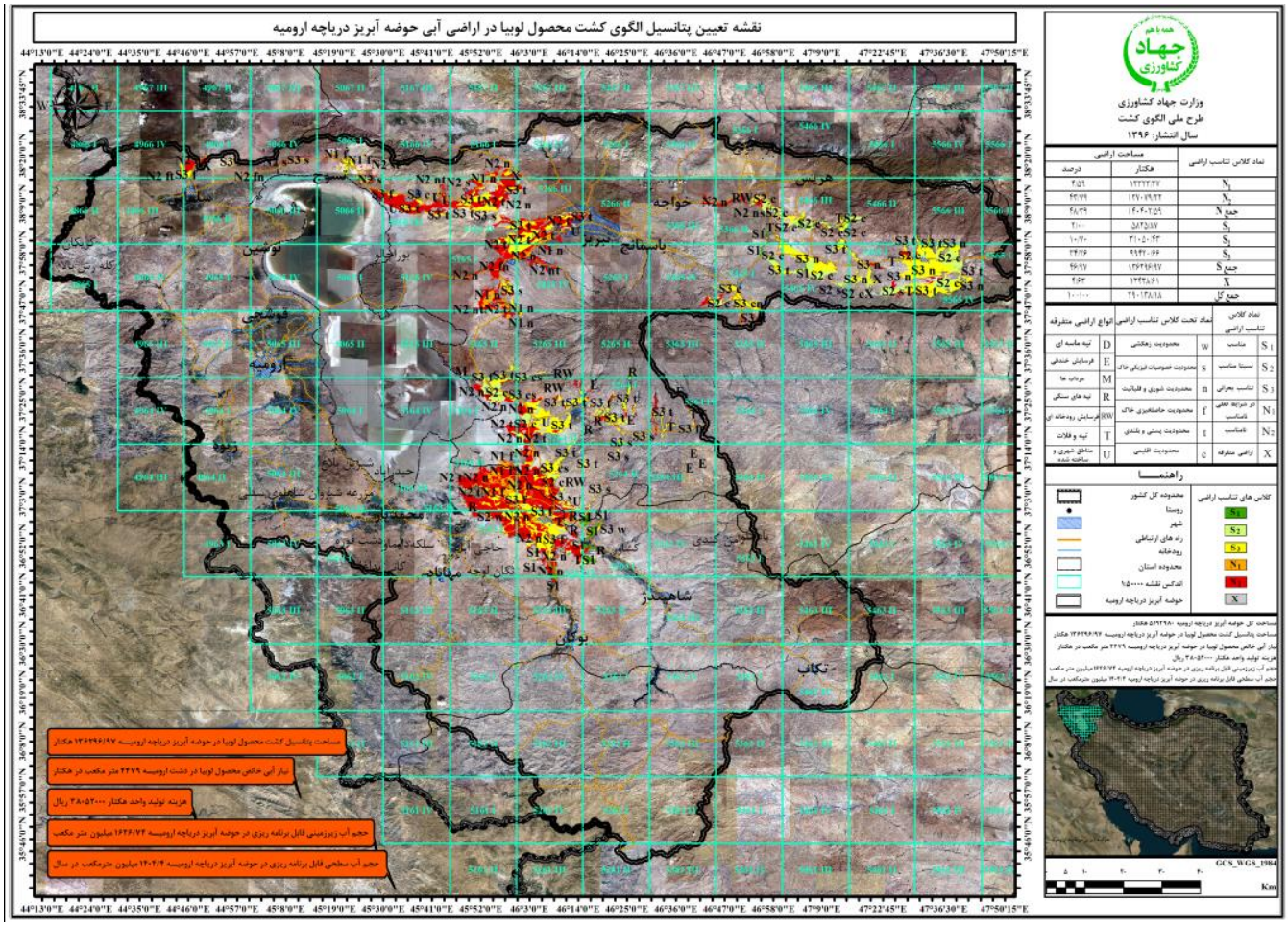


شکل ۳۴. پتانسیل کشت ذرت در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

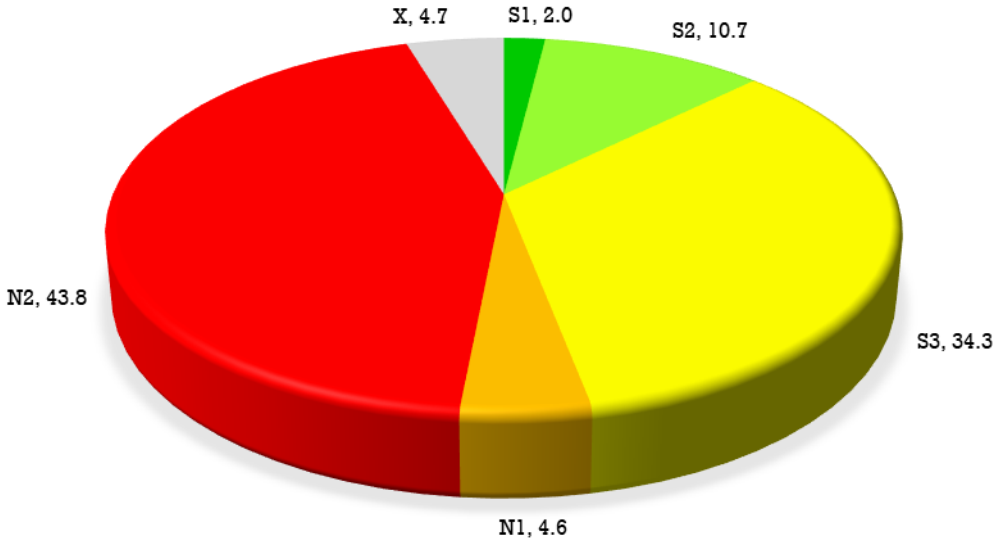
لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای لوبیا آبی در جدول ۲۰ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد حدود ۲۳۰ هزار هکتار (۴۷٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه برای گیاه لوبیا در رده مناسب (S) و حدود ۲۶۰ هزار هکتار (۵۳٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. نقشه زیر پراکنش کلاس تناسب اراضی حوضه دریاچه ارومیه برای لوبیا را نشان می‌دهد. کشت لوبیای آبی در حوضه دریاچه اورمیه با محدودیت اقلیمی همراه نیست و اگر محدودیتی با شدت بسیار جزئی است؛ بنابراین اراضی این حوضه به لحاظ اقلیم برای این محصول در کلاس مناسب (S1) قرار دارد. نتایج ارزیابی نهایی تناسب اراضی برای لوبیا نشان می‌دهد حدود ۹ هزار هکتار (۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در کلاس مناسب (S1) قرار دارد. اراضی با کلاس نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط که عمدتاً از عوامل اقلیم، واکنش خاک، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی ناشی می‌شود حدود ۵۲ هزار هکتار (۱۱٪) است. ۱۶۷ هزار هکتار (۳۴٪) اراضی آبی مطالعه‌شده به دلیل وجود محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل اقلیم، واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی درکلاس تناسب کم (S3) قرار دارند. ۲۶۰ هزار هکتار (۵۳/۰۸٪) از اراضی به دلیل محدودیت‌های خیلی زیاد ناشی از عوامل واکنش خاک، شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های نامناسب قابل اصلاح N1 و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. حدود ۲۲ هزار هکتار (۴/۵۸٪) از اراضی آبی مطالعه شده به دلیل محدودیت‌های شوری و قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی خاک در کلاس نامناسب قابل اصلاح قرار گرفت. بقیه اراضی در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح قرار دارند.

شکل‌های ۳۵ الی ۳۷ نتایج مطالعات تناسب اراضی به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه برای لوبیا را نشان می‌دهد. دشت‌های میاندوآب، سراب، بیلوردی-دوزدوزان، مراغه-بناب، بستان آباد و عجب‌شیر دشت‌هایی هستند که در مقایسه با سایر دشت‌های حوضه پتانسیل بیشتری برای کشت محصول لوبیا دارند. توپوگرافی، اقلیم و شوری و قلیائیت خاک مهم‌ترین عواملی هستند که رشد و تولید لوبیا را در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بیشتر از سایر عوامل محیطی تحت تاثیر قرار می‌دهند.



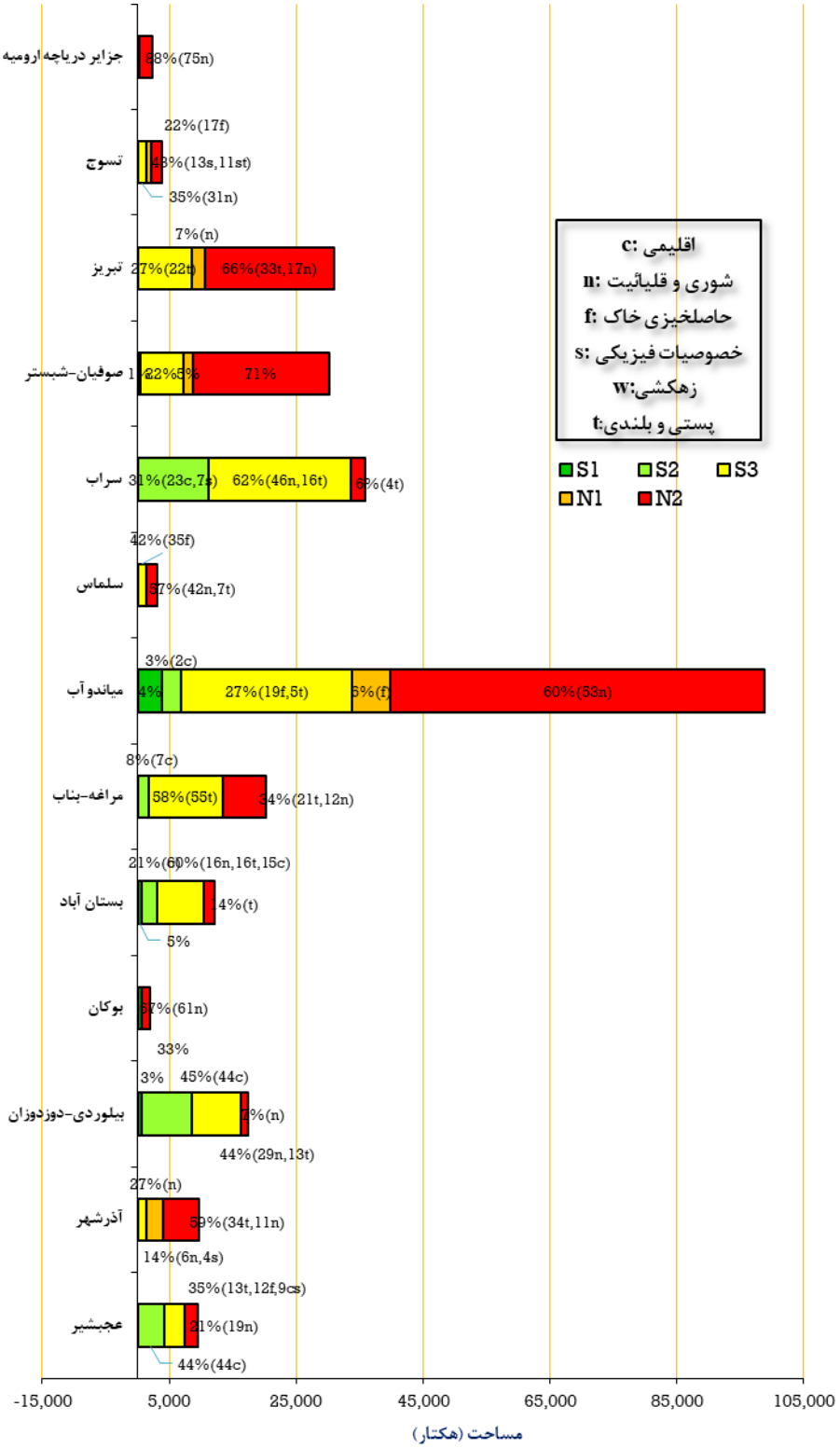
شکل ۳۵. پتانسیل کشت لوبیا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۳۶. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای لوبیا

جدول ۲۰. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس ها و زیرکلاس‌های اراضی برای لوبیا

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	تحت کلاس تناسب	مساحت تحت کلاس (هکتار)	درصد مساحت تحت کلاس
اراضی مناسب (S)	230229/73	46/95	S1	9671/83	1/97	S1	9671/83	1/97
			S2	52613/21	10/73	S2 c	44876/31	9/15
						S2 f	198/77	0/04
						S2 fw	74/35	0/02
						S2 n	442/74	0/09
						S2 s	5171/54	1/05
						S2 t	1769/74	0/36
						S2 w	79/76	0/02
			S3	167944/69	34/25	S3 c	3717/72	0/76
						S3 cn	3651/89	0/74
						S3 cs	3766/13	0/77
						S3 f	35594/61	7/26
						S3 ft	1211/96	0/25
						S3 n	43821/30	8/94
						S3 s	7437/34	1/52
						S3 t	68423/09	13/95
						S3 w	320/64	0/07
اراضی نا مناسب (N)	260124/89	53/05	N1	22470/26	4/58	N1 f	11390/16	2/32
						N1 n	10886/47	2/22
						N1 s	193/63	0/04
			N2	214767/83	43/80	N2 fn	3424/87	0/70
						N2 ft	90/95	0/02
						N2 n	118364/98	24/14
						N2 ns	1658/58	0/34
						N2 nst	890/98	0/18
						N2 nt	7140/59	1/46
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	3373/10	0/69
						N2 st	846/25	0/17
						N2 t	78451/17	16/00
			X	22886/80	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00



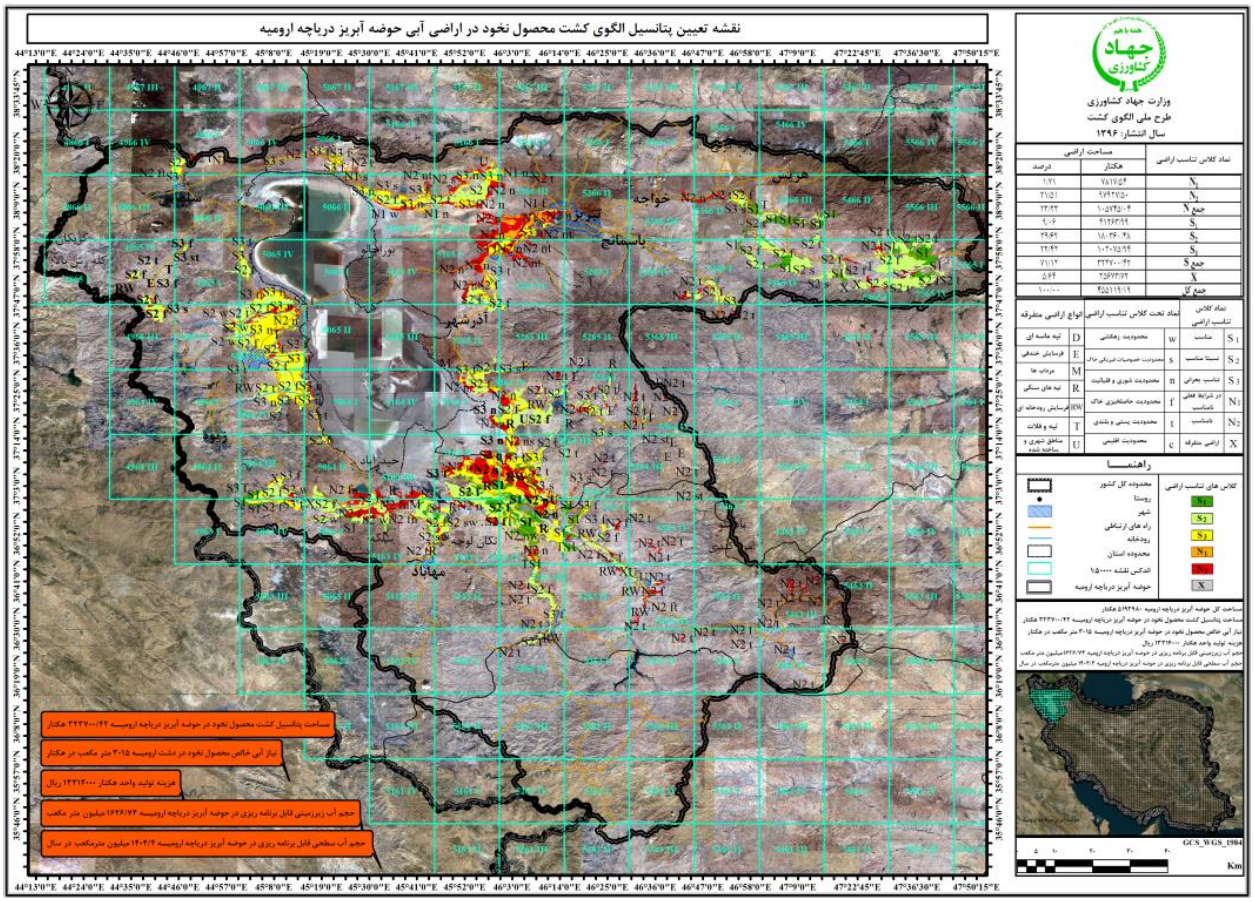
شکل ۳۷. پتانسیل کشت لوبیا در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نخود (*Cicer arietinum* L.)

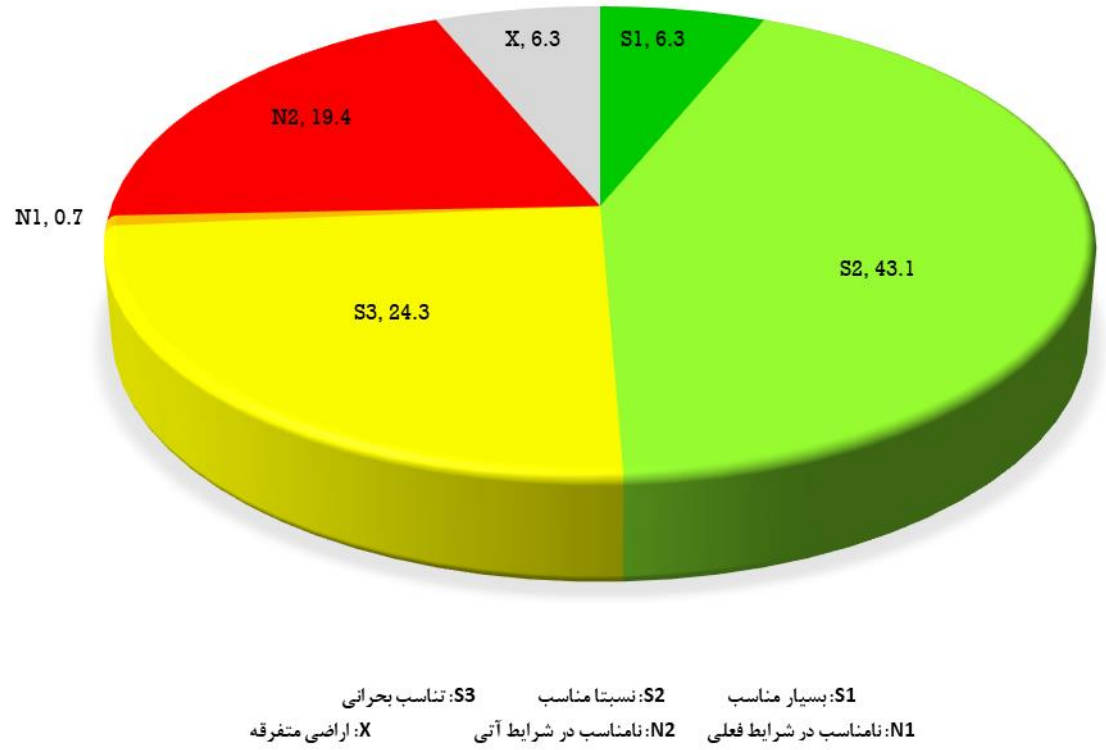
نتایج نشان داد حدود ۵۴۳ هزار هکتار (۷۱٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه برای محصول نخود آبی در رده مناسب (S) و حدود ۲۳۰ هزار هکتار (۲۹٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه از نظر تناسب اقلیمی برای محصول نخود آبی در کلاس مناسب (S1) قرار دارد. به عبارت دیگر محدودیت اقلیمی برای کاشت این محصول در این حوضه وجود ندارد و یا اگر محدودیتی هست جزئی است. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصول نخود آبی نشان داد که حدود ۶۸ هزار هکتار (۹٪) از کل اراضی آبی تحت مطالعه در این حوضه برای محصول نخود آبی دارای کلاس مناسب (S1) هستند و هیچ محدودیت اقلیمی و خاکی برای این محصول ندارند. اراضی با کلاس تناسب اراضی نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد عوامل واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۳۰۲ هزار هکتار (۳۹٪) از اراضی آبی مطالعه شده است. اراضی دارای کلاس تناسب کم (S3) برای محصول نخود آبی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۷۱ هزار هکتار (۲۲/۵٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده است. حدود ۲۲۱۸۲۰ هکتار (۲۹٪) از اراضی آبی مطالعه شده با محدودیت‌های زیاد ناشی از واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های نامناسب با قابلیت اصلاح (N1) و نامناسب بدون قابلیت اصلاح (N2) قرار دارند. حدود ۱۳۳۴۳/۰۱ هکتار (۱/۷۴٪) از اراضی آبی مطالعه شده به دلیل محدودیت‌های شوری و قلیائیت و عوامل فیزیکی خاک در کلاس نامناسب قابل اصلاح قرار گرفت. سایر اراضی در کلاس نامناسب و غیرقابل اصلاح قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی حوضه دریاچه ارومیه برای محصول نخود آبی در شکل‌های ۳۸ و ۳۹ ارائه شده است.

شکل ۴۰ سطح مطالعه شده، کلاس‌های تناسب اراضی و نوع عوامل محدودکننده را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. میاندوآب، سراب و بیلوردی-دوزدوزان دشت‌هایی هستند که از نظر مساحت بیشترین سطح کلاس S1 را به خود اختصاص می‌دهند و بیشترین سطح رده مناسب نیز به ترتیب مربوط به دشت‌های میاندوآب (بیش از ۷۰ هزار هکتار)، ارومیه (بیش از ۶۰ هزار هکتار) و سراب (بیش از ۳۰ هزار هکتار) می‌باشد. حاصلخیزی خاک مهم‌ترین عاملی است که در بین عوامل محدودکننده تولید محصول نخود در بیشتر دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه به چشم می‌خورد و

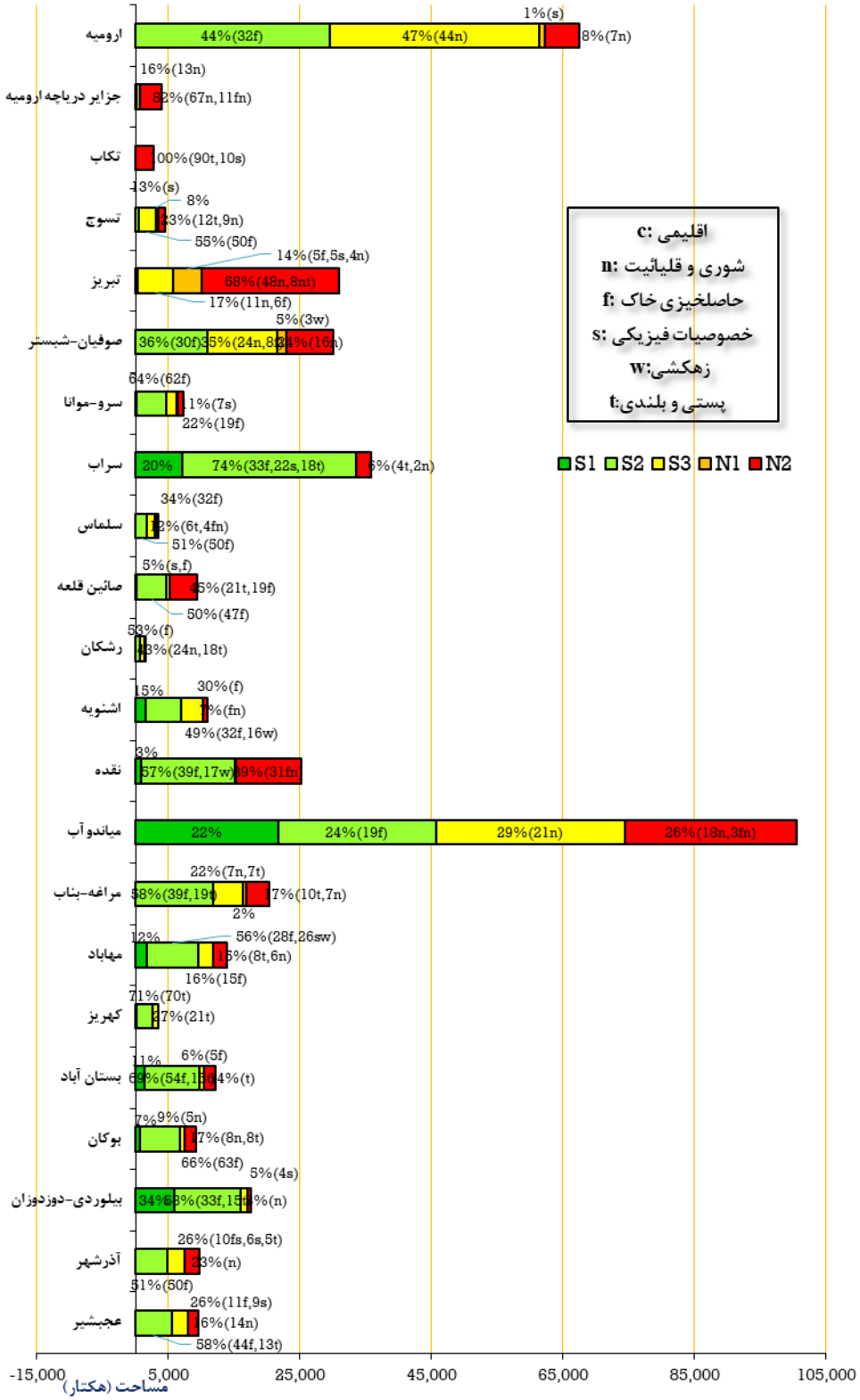
عوامل شوری و قلیائیت، توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی خاک و زهکشی از عوامل دیگر محدودکننده این محصول به شمار می‌روند.



شکل ۳۸. پتانسیل کشت محصول نخود آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۳۹. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای نخود آبی

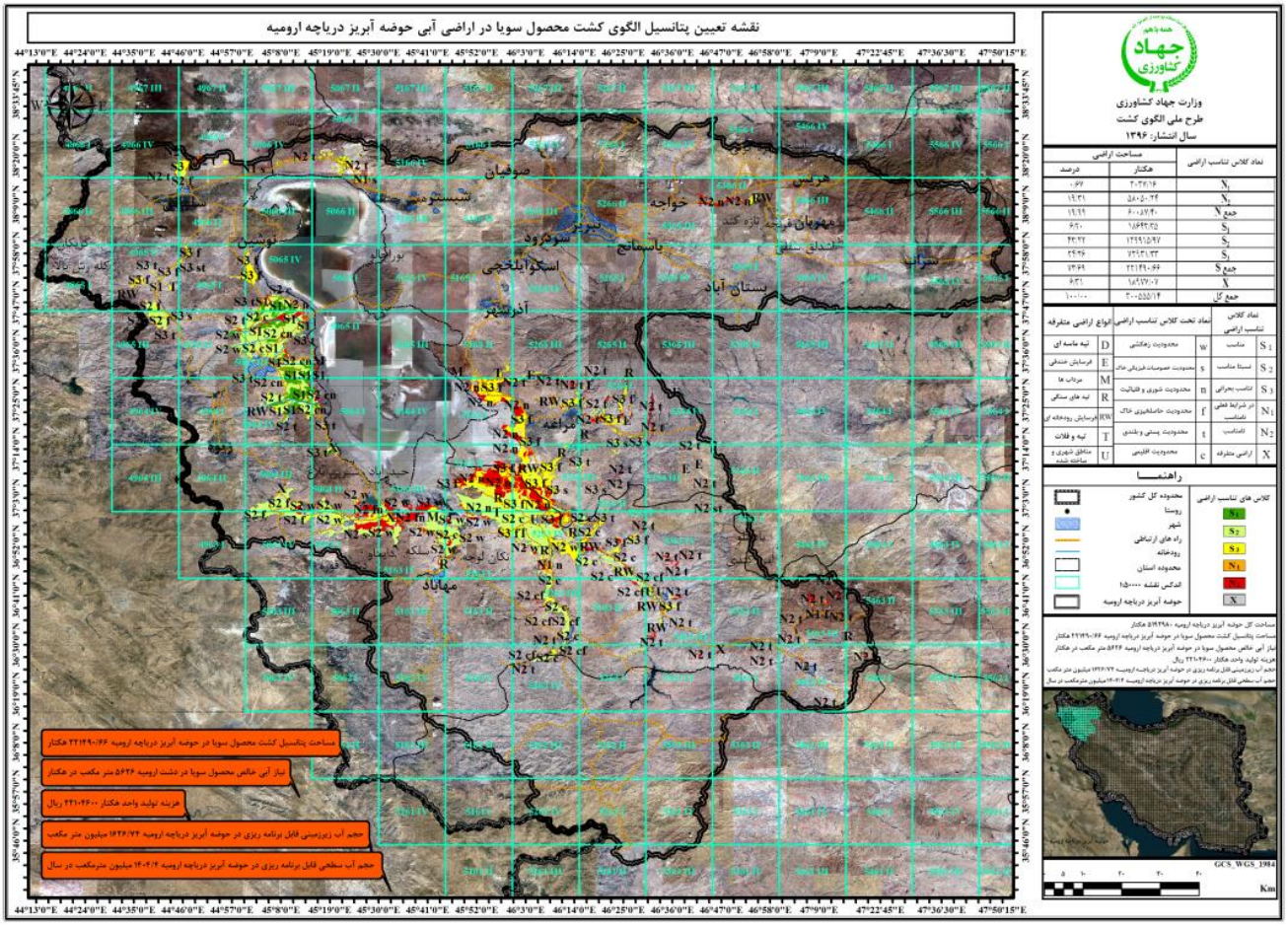


شکل ۴۰. پتانسیل کشت نخود آبی در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

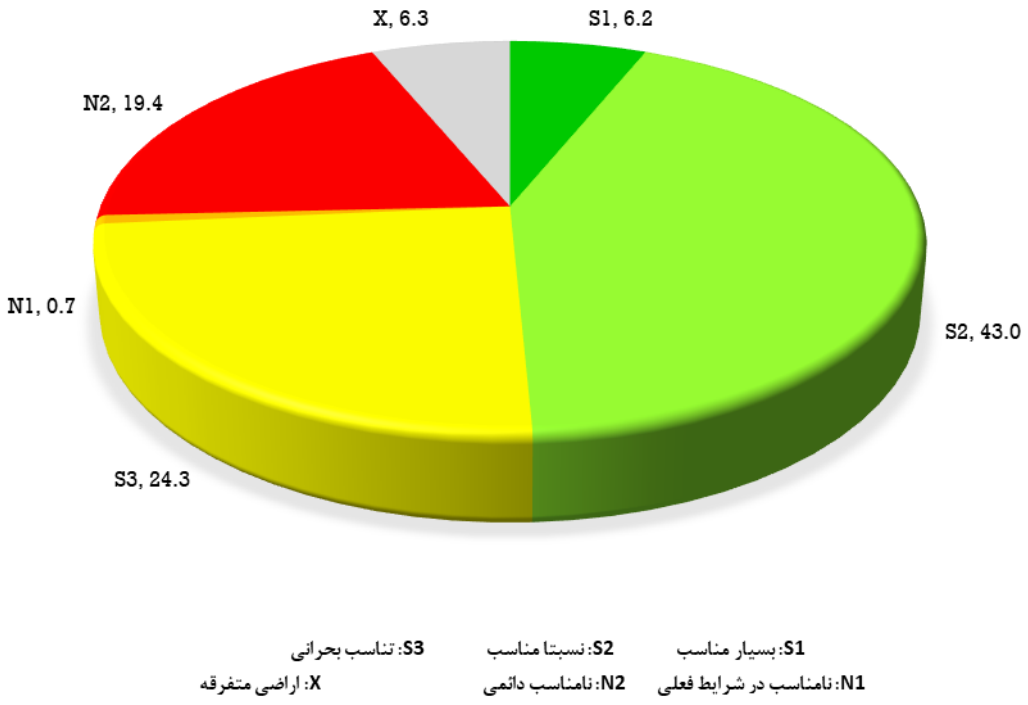
سویا (*Glycine max* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت سویا در جدول ۲۱ ارائه شده است. حدود ۳۷۰ هزار هکتار (۷۳/۶٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده در حوضه دریاچه ارومیه در رده مناسب (S) و حدود ۱۳۲ هزار هکتار (۲۶/۴۰٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای محصول سویا نشان داد که در این حوضه به استثنای منطقه ارومیه که برای کشت این محصول از نظر اقلیمی تقریباً بدون محدودیت است، سایر مناطق حوضه به دلیل کم بودن رطوبت نسبی و کم بودن میزان ساعات آفتابی در طول فصل رشد در کلاس تناسب اقلیمی نسبتاً مناسب (S2) قرار دارد. به طور کلی حدود ۳۱ هزار هکتار (۶/۲۵٪) از اراضی آبی مطالعه شده در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سویا دارای کلاس مناسب (S1) است. این اراضی در شهرستان ارومیه قرار دارند. اراضی با کلاس نسبتاً مناسب(S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به اقلیم، واکنش خاک، قلیائیت خاک، مقدار شوری، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۱۶ هزار هکتار (۴۳/۷٪) از اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به اقلیم، واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی با حدود ۱۲۲ هزار هکتار مساحت (۲۴/۲۸٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده است. حدود ۱۳۲ هزار هکتار (۲۶/۴٪) از اراضی با محدودیت‌های زیاد که عمدتاً از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی ناشی می‌شود در کلاس‌های تناسب اراضی نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیرقابل اصلاح (N2) قرار دارند. حدود ۳۳۹۰ هکتار (۰/۶۸٪) از این اراضی به دلیل محدودیت‌های شوری، قلیائیت، عوامل فیزیکی خاک و زهکشی در کلاس نامناسب قابل اصلاح قرار دارد. بقیه این اراضی با مساحت در حدود ۹۷ هزار هکتار (۱۹/۴٪) در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی آبی حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۴۱ و ۴۲ ارائه شده است.

مجموع سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت محصول سویا به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه در شکل ۴۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود دشت‌های میاندوآب، ارومیه و نقده بیشترین سطح مطالعه را دارند که بیشترین سطح رده مناسب نیز به ترتیب به این دشت‌ها اختصاص دارد. در بین دشت‌های حوضه، تنها دشت ارومیه با مساحت بیش از ۱۵ هزار هکتار دارای کلاس S1 برای کشت سویا بوده و در سایر مناطق مطالعه شده محدودیت‌های متوسط تا زیاد ناشی از عوامل اقلیمی، شوری و قلیائیت، حاصلخیزی خاک، زهکشی و پستی و بلندی رشد و تولید این محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



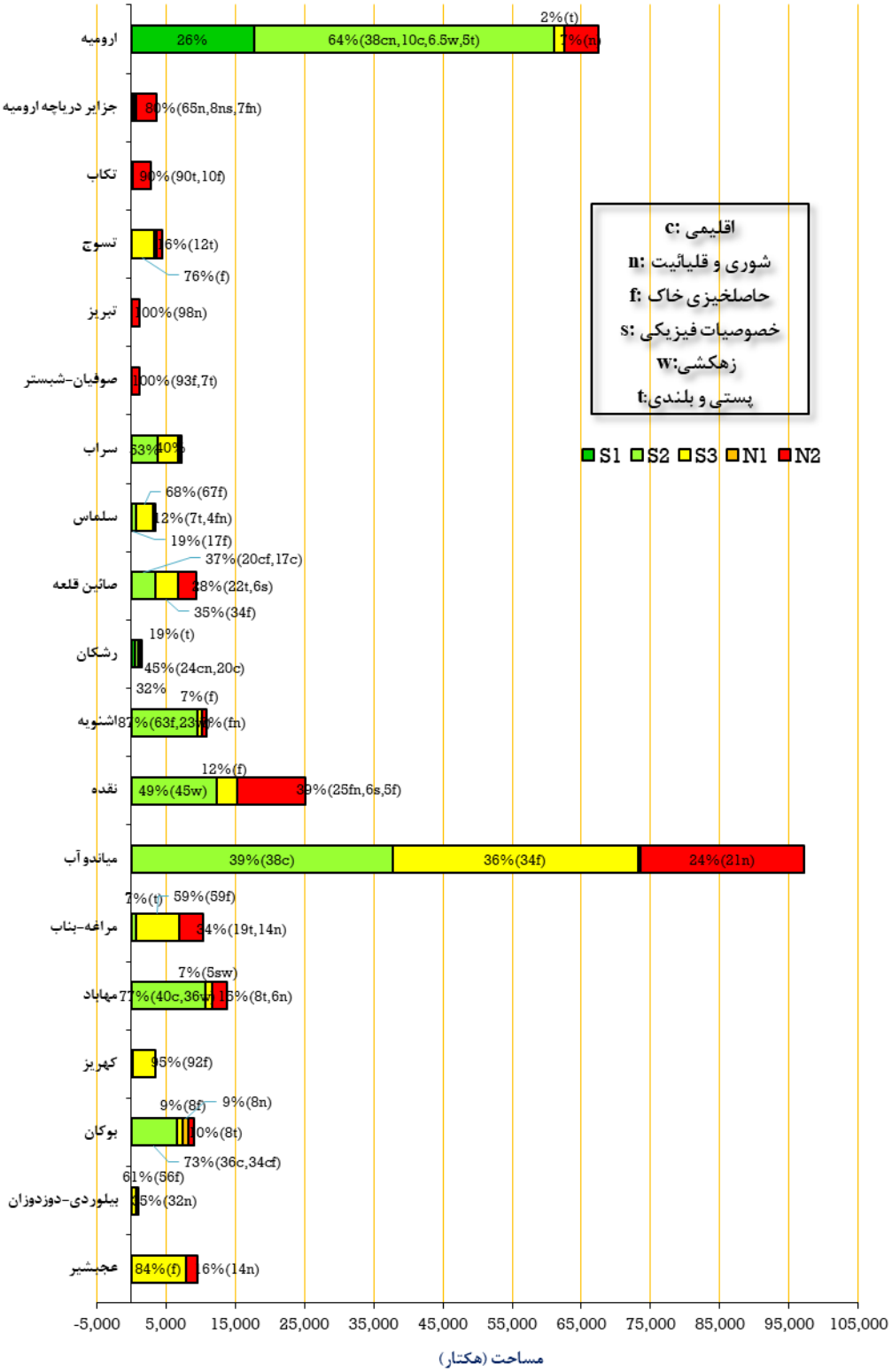
شکل ۴۱. پتانسیل کشت محصول سویا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۴۲. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای محصول سویا

جدول ۲۱. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیرکلاس های اراضی برای سویا

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	369466/04	73/60	S1	31386/16	6/25	S1	31386/16	6/25
			S2	216210/24	43/07	S2 c	91440/08	18/21
						S2 cf	8101/32	1/61
						S2 cn	44031/07	8/77
						S2 f	19559/30	3/90
						S2 s	5138/67	1/02
						S2 t	8098/30	1/61
						S2 w	39841/50	7/94
			S3	121869/64	24/28	S3 f	111004/54	22/11
						S3 ft	70/26	0/01
						S3 s	2987/55	0/60
						S3 st	311/69	0/06
						S3 sw	1147/38	0/23
						S3 t	5964/67	1/19
						S3 w	383/54	0/08
اراضی نا مناسب (N)	132557/22	26/40	N1	3390/08	0/68	N1 f	465/41	0/09
						N1 n	1858/89	0/37
						N1 s	1014/42	0/20
						N1 w	51/35	0/01
			N2	97391/08	19/40	N2 f	2344/02	0/47
						N2 fn	12877/87	2/57
						N2 n	55295/48	11/01
						N2 ns	1072/51	0/21
						N2 nt	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/10
						N2 s	3848/99	0/77
						N2 st	98/90	0/02
						N2 t	20006/69	3/99
						N2 w	1312/44	0/26
			X	31776/0	6/33	اراضی متفرقه	31776/06	6/33
جمع کل							502023/26	100/00

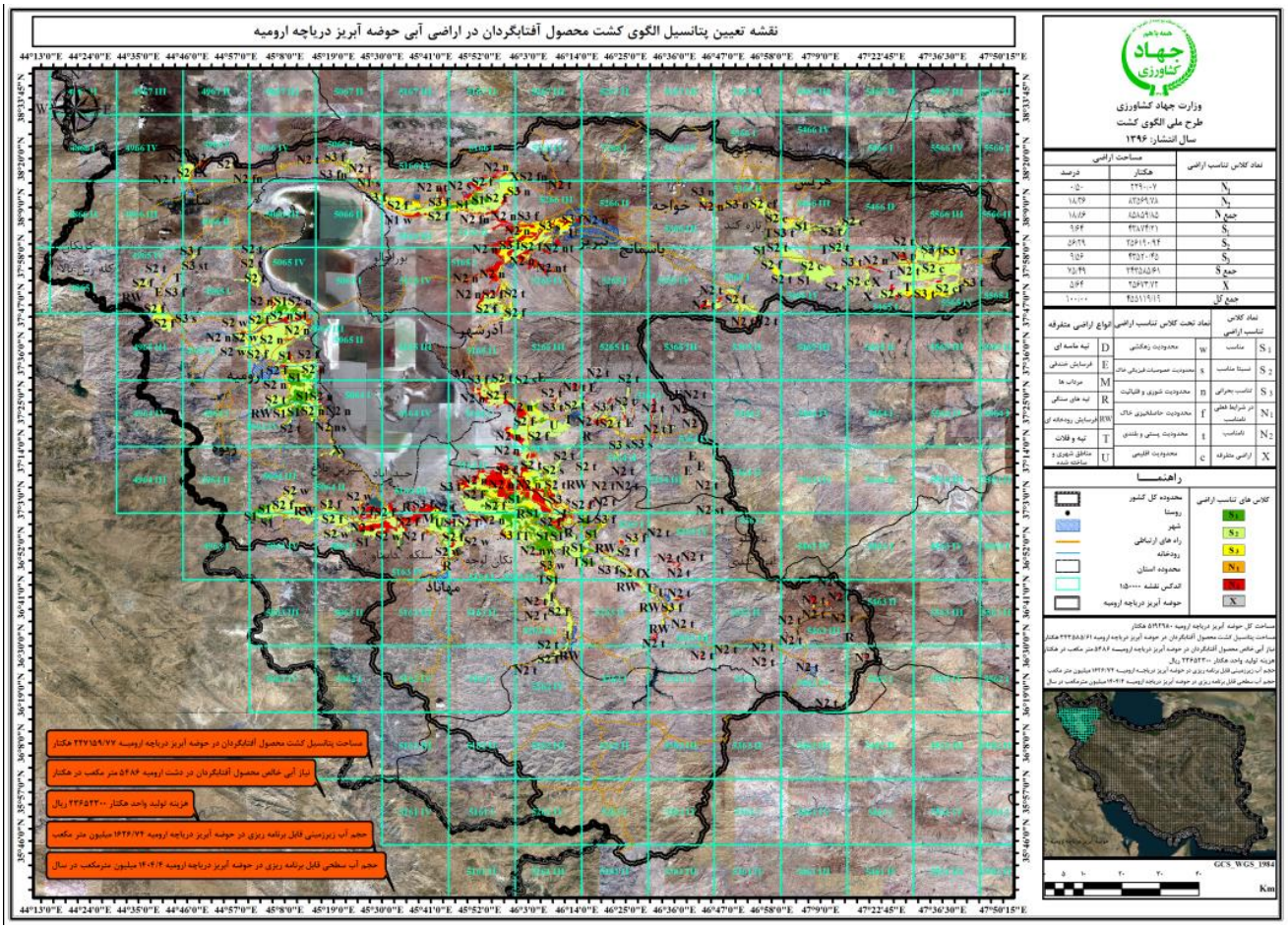


شکل ۴۳. پتانسیل کشت سویا در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

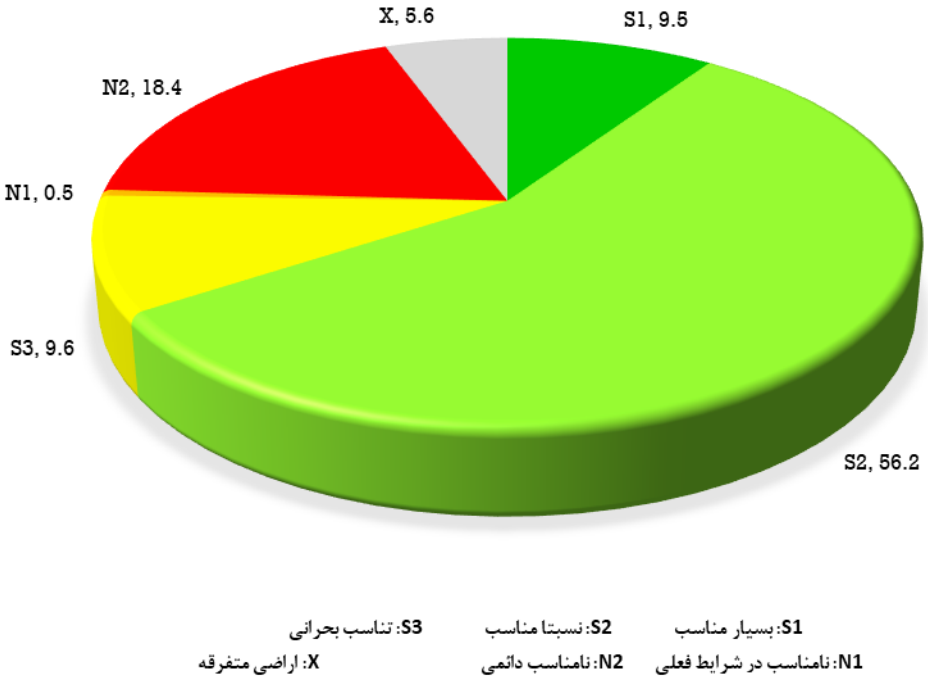
آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

حدود ۵۷۷ هزار هکتار (۷۵/۴۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول آفتابگردان در رده مناسب (S) و حدود ۱۸۸ هزار هکتار (۲۴/۵۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای آفتابگردان نشان داد که در این حوضه برای این محصول از نظر اقلیمی محدودیتی وجود ندارد و اگر محدودیتی هست بسیار جزئی است؛ بنابراین اراضی آبی در این حوضه در کلاس تناسب مناسب (S1) قرار دارد. به طور کلی حدود ۷۳ هزار هکتار (۹/۵۵٪) از اراضی آبی این حوضه برای آفتابگردان دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. این اراضی در مناطق بستان‌آباد، آذرشهر، عجب‌شیر، ملکان، مراغه، میاندوآب، ارومیه و نقده قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۴۳۰ هزار هکتار (۵۶/۲۴٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۷۳ هزار هکتار (۹/۶۲٪) از کل اراضی آبی است. ۱۸۸ هزار هکتار (۲۴/۵۸٪) از اراضی محدودیت‌های ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. حدود۳۹۲۱ هکتار (۰/۵۱٪) از این اراضی به دلیل محدودیت‌های قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار گرفت. بقیه این اراضی ۱۴۱ هزار هکتار (۱۸/۴۴ درصد) در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح قرار دارد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای آفتابگردان در شکل ۴۴ و ۴۵ ارائه شده است.

سطح مطالعه‌شده، کلاس‌های تناسب اراضی و نوع عوامل محدودکننده در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل ۴۶ نشان داده شده است. مقایسه دشت‌های حوضه نشان می‌دهد که دشت‌های میاندوآب و ارومیه از نظر مساحت و درصد از کل مساحت مطالعه‌شده دارای بیشترین سطح کلاس S1 هستند. حاصلخیزی خاک در دشت میاندوآب (۴۰٪ در کلاس S2 و ۶٪ در کلاس S3)، شوری و قلیائیت در دشت ارومیه (۴۳٪ در کلاس S2) و محدودیت اقلیمی در دشت سراب (۶۴٪ در کلاس S2) مهم‌ترین عواملی هستند که محدودیت متوسطی را در سطح قابل توجهی از این دشت‌ها برای تولید آفتابگردان ایجاد می‌کنند.



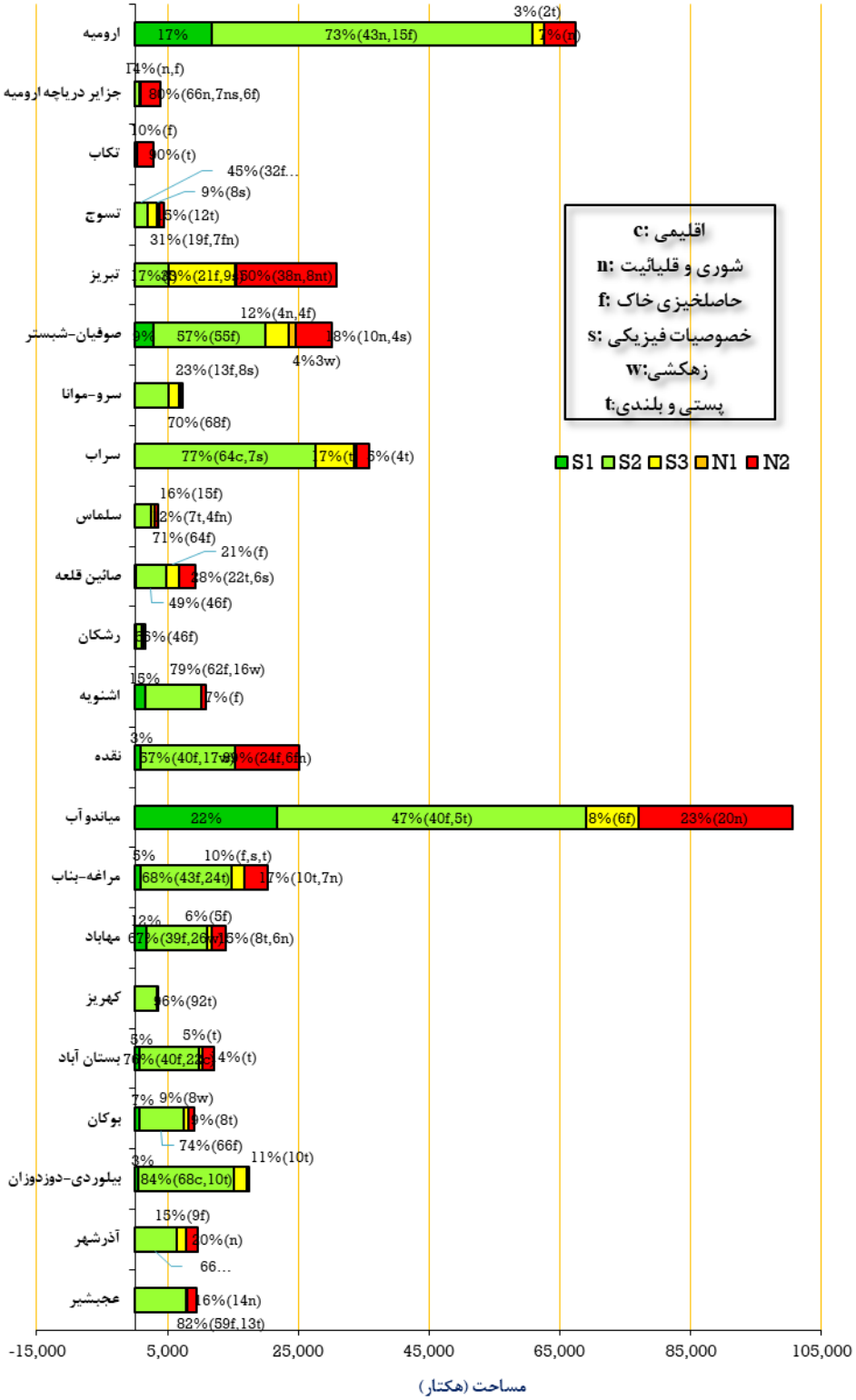
شکل ۴۴. پتانسیل کشت آفتابگردان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۴۵. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای آفتابگردان آبی

جدول ۲۲. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیرکلاس‌ها برای آفتابگردان

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	577277/52	75/42	S1	73099/35	9/55	S1	73099/35	9/55
			S2	430518/74	56/24	S2 c	64091/74	8/37
						S2 cf	3857/02	0/50
						S2 f	233215/65	30/47
						S2 fn	1046/06	0/14
						S2 fs	202/03	0/03
						S2 n	52514/73	6/86
						S2 s	13353/29	1/74
						S2 t	38333/77	5/01
						S2 w	23904/43	3/12
			S3	73659/43	9/62	S3 f	35832/76	4/68
						S3 fn	576/83	0/08
						S3 n	4700/95	0/61
						S3 s	11395/64	1/49
						S3 st	311/69	0/04
						S3 t	18920/20	2/47
						S3 w	1921/36	0/25
اراضی نا مناسب (N)	188165/07	24/58	N1	3921/40	0/51	N1 n	1327/45	0/17
						N1 s	1014/42	0/13
						N1 w	1579/53	0/21
			N2	141138/20	18/44	N2 f	12477/19	1/63
						N2 fn	3775/04	0/49
						N2 n	83116/38	10/86
						N2 ns	3069/86	0/40
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nt	5236/54	0/68
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	6173/28	0/81
						N2 st	98/90	0/01
						N2 t	26656/83	3/48
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

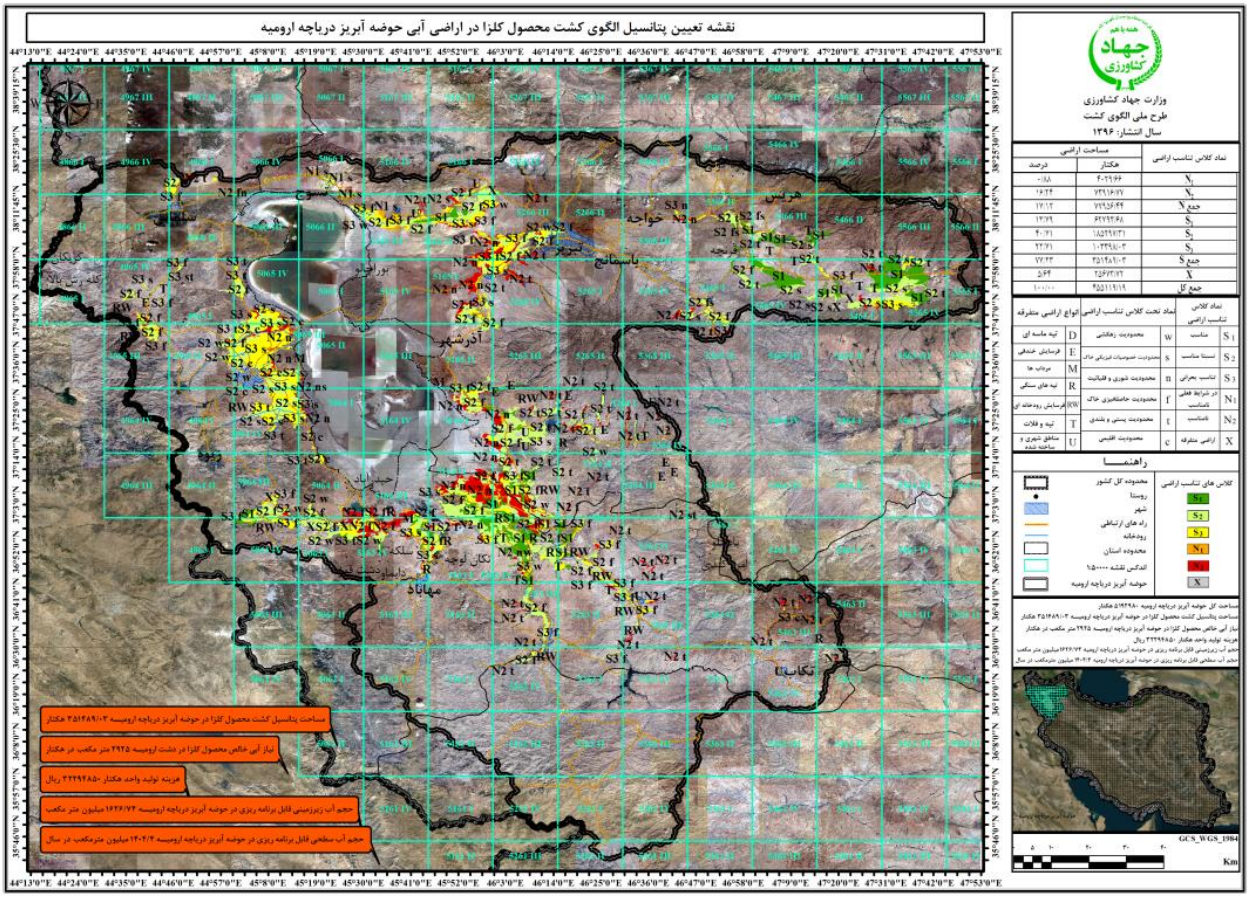


شکل ۴۶. پتانسیل کشت آفتابگردان در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

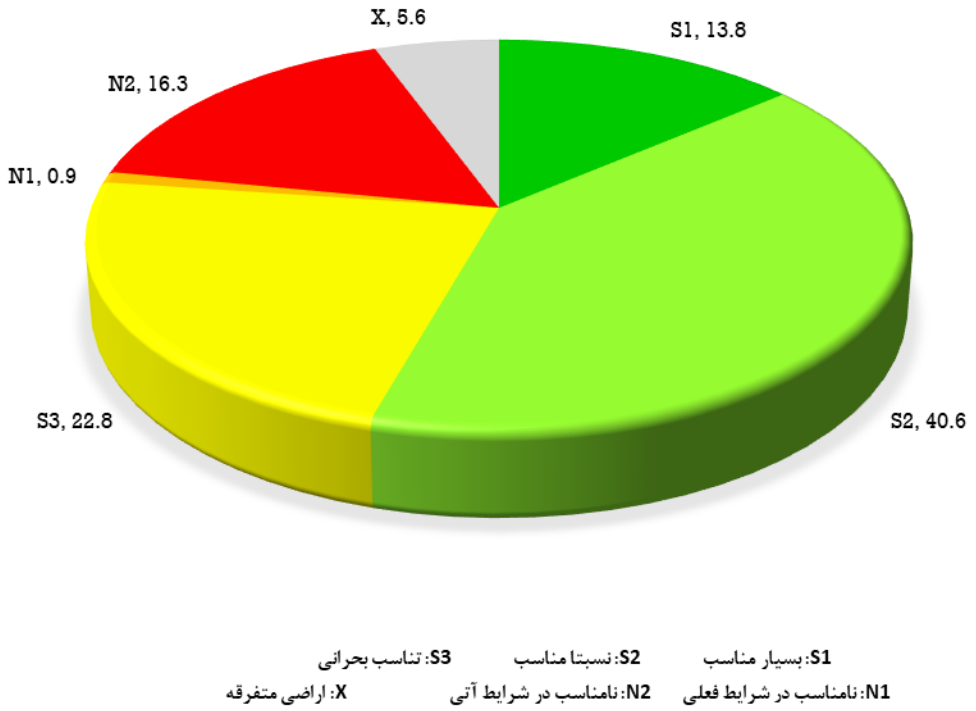
کلزا (*Brassica napus* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کلزا در جدول ۲۳ ارائه شده است. حدود ۵۹۰ هزار هکتار و (۷۷/۱٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای کلزا در رده مناسب (S) و اراضی حدود ۱۷۴ هزار هکتار (۲۳٪) در رده نامناسب(N) قرار دارند. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای محصول کلزا نشان داد که در این حوضه برای این محصول از نظر اقلیمی محدودیتی وجود ندارد و اگر محدودیتی هست بسیار جزئی است. بنابراین اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه در کلاس تناسب مناسب (S1) قرار دارد. وی به طور کلی حدود ۱۰۵ هزار هکتار (۱۳/۷۹٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول کلزا دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) و با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۳۱۱ هزارهکتار (۴۰/۶۳٪) از اراضی مطالعه شده است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی مساحت ۱۷۴ هزار هکتار (۲۲/۷۵٪) کل اراضی آبی است. ۱۷۴۷۳۱ هکتار (۲۳٪) از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. در حدود ۶۹۰۴/۴۴ هکتار از این اراضی به دلیل محدودیت قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار گرفت. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای کلزا در شکل ۴۷ و ۴۸ ارائه شده است.

شکل ۴۹ سطح مطالعه شده و کلاس‌های تناسب اراضی و نوع عوامل محدودکننده (زیرکلاس‌ها) را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی تناسب اراضی نشان می‌دهد که سطح قابل توجهی از اراضی حوضه واقع در دشت‌های میاندوآب (حدود ۲۲ هزار هکتار)، سراب (نزدیک به ۱۷ هزار هکتار) و بیلوردی-دوزدوزان (حدود ۱۰ هزار هکتار) در کلاس S1 قرار می‌گیرد. علاوه بر این، سطح قابل‌توجهی از اراضی در دشت‌های میاندوآب، مراغه-بناب، مهاباد، صوفیان-شبستر، نقده، تبریزو عجبشیر به دلیل محدودیت متوسط حاصلخیزی خاک در کلاس S2 قرار می‌گیرد که می‌تواند با عملیات مدیریتی مناسب شرایط مناسبی را برای تولید محصول کلزا فراهم نماید. محدودیت فیزیکی خاک عامل دیگری است که محدودیت متوسطی را در سطح قابل توجهی از دشت‌های ارومیه و سراب برای تولید کلزا ایجاد می‌کند.



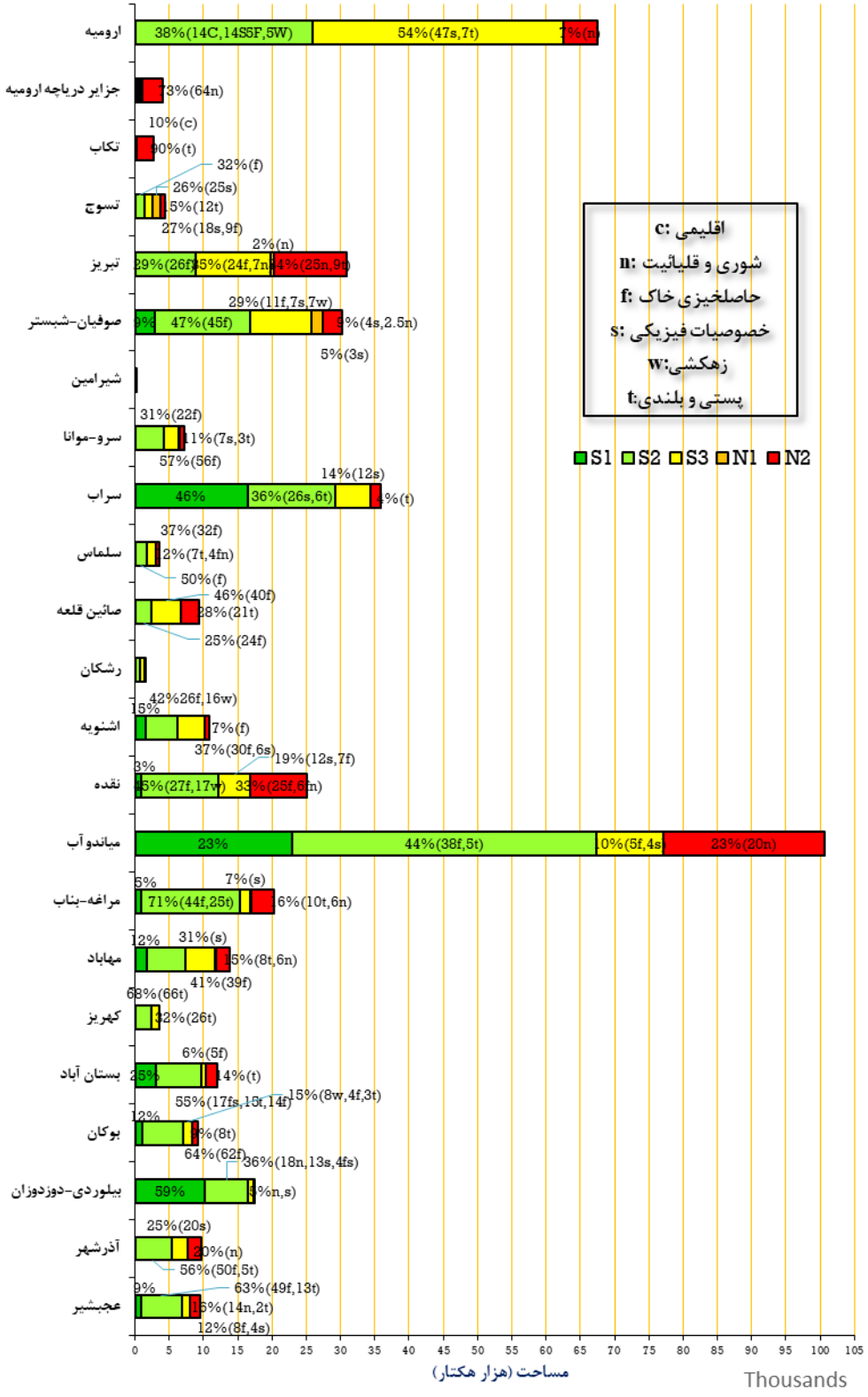
شکل ۴۷. پتانسیل کشت کلزا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۴۸. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای کلزا

جدول ۲۳. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس های اراضی برای کلزا

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	تحت کلاس تناسب	مساحت تحت کلاس (هکتار)	درصد مساحت تحت کلاس
اراضی مناسب (S)	590711/69	77/17	S1	105559/36	13/79	S1	105559/36	13/79
			S2	311005/35	40/63	S2 c	17401/61	2/27
						S2 f	192307/41	25/12
						S2 fs	7049/06	0/92
						S2 s	38828/05	5/07
						S2 t	36741/73	4/80
						S2 w	18677/50	2/44
			S3	174146/98	22/75	S3 c	465/41	0/06
						S3 f	50958/04	6/66
						S3 fs	38/75	0/01
						S3 n	7076/04	0/92
						S3 s	98831/94	12/91
						S3 st	271/74	0/04
						S3 t	10083/08	1/32
						S3 w	6421/98	0/84
اراضی نا مناسب (N)	174730/91	22/83	N1	6906/41	0/90	N1 n	1676/75	0/22
						N1 s	3694/89	0/48
						N1 w	1534/77	0/20
			N2	124719/03	16/29	N2 f	12639/08	1/65
						N2 fn	3613/15	0/47
						N2 n	70795/65	9/25
						N2 ns	672/89	0/09
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	3909/69	0/51
						N2 st	583/72	0/08
						N2 t	31970/67	4/18
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

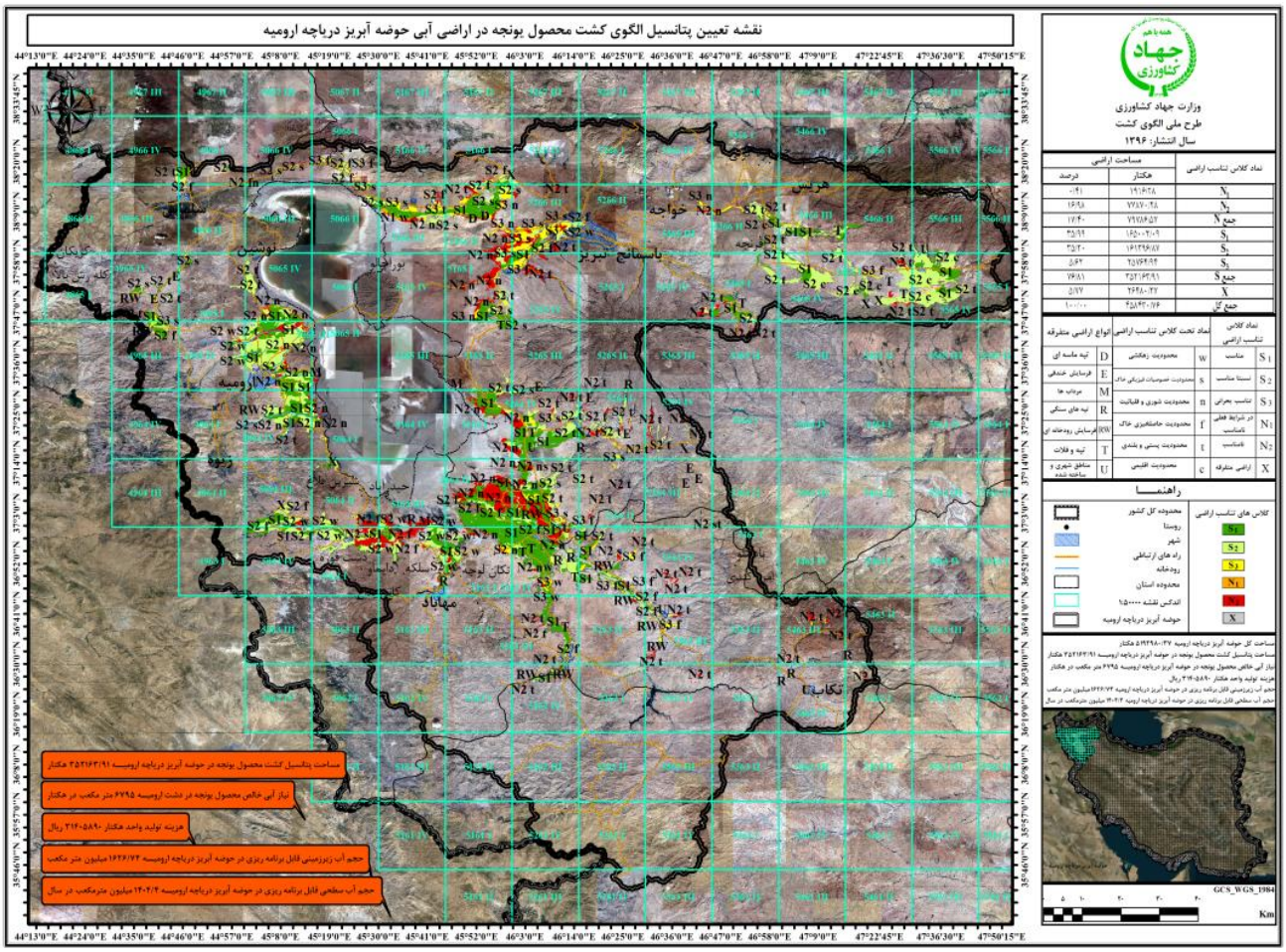


شکل ۴۹. پتانسیل کشت کلزا در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

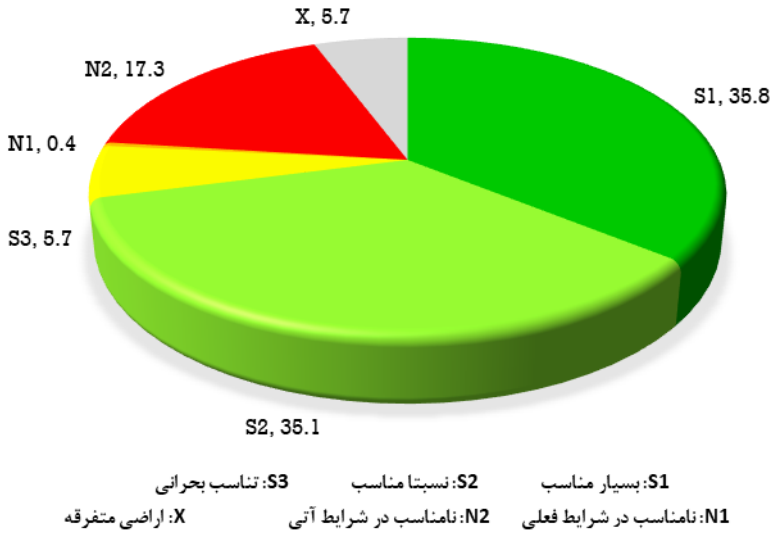
یونجه (*Medicago sativa* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت یونجه در جدول ۲۴ ارائه شده است. حدود ۳۷۰ هزار هکتار (۷۷٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول یونجه در رده مناسب (S) و اراضی حدود ۱۱۳ هزار هکتار (۲۳٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. به طور کلی حدود ۱۷۳ هزار هکتار (۳۶٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای یونجه دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) و با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۷۰ هزار هکتار (۳۵٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی مساحت ۲۷ هزار هکتار (حدود ۵٪) از کل اراضی آبی است. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای یونجه در شکل ۵۰ و ۵۱ ارائه شده است.

مجموع سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت یونجه به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه در شکل ۵۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می شود یونجه پتانسیل کشت بسیار بالایی در بسیاری از دشت‌های حوضه آبریز ارومیه دارد. بیش از ۵۵ هزار هکتار از اراضی دشت میاندوآب، حدود ۲۵ هزار هکتار از اراضی دشت ارومیه، نزدیک ۱۴ هزار هکتار از اراضی دشت صوفیان-شبستر و بیش از ۱۱ هزار هکتار از اراضی دشت مراغه-بناب بدون عوامل محدودکننده یا دارای محدودیت جزئی برای کشت این محصول است. خصوصیات فیزیکی خاک، پستی و بلندی، عوامل اقلیمی و زهکشی مهم‌ترین عواملی هستند که با ایجاد محدودیت متوسط باعث می شوند بخش زیادی از اراضی دشت‌ها در کلاس های S2 و S3 واقع شوند.



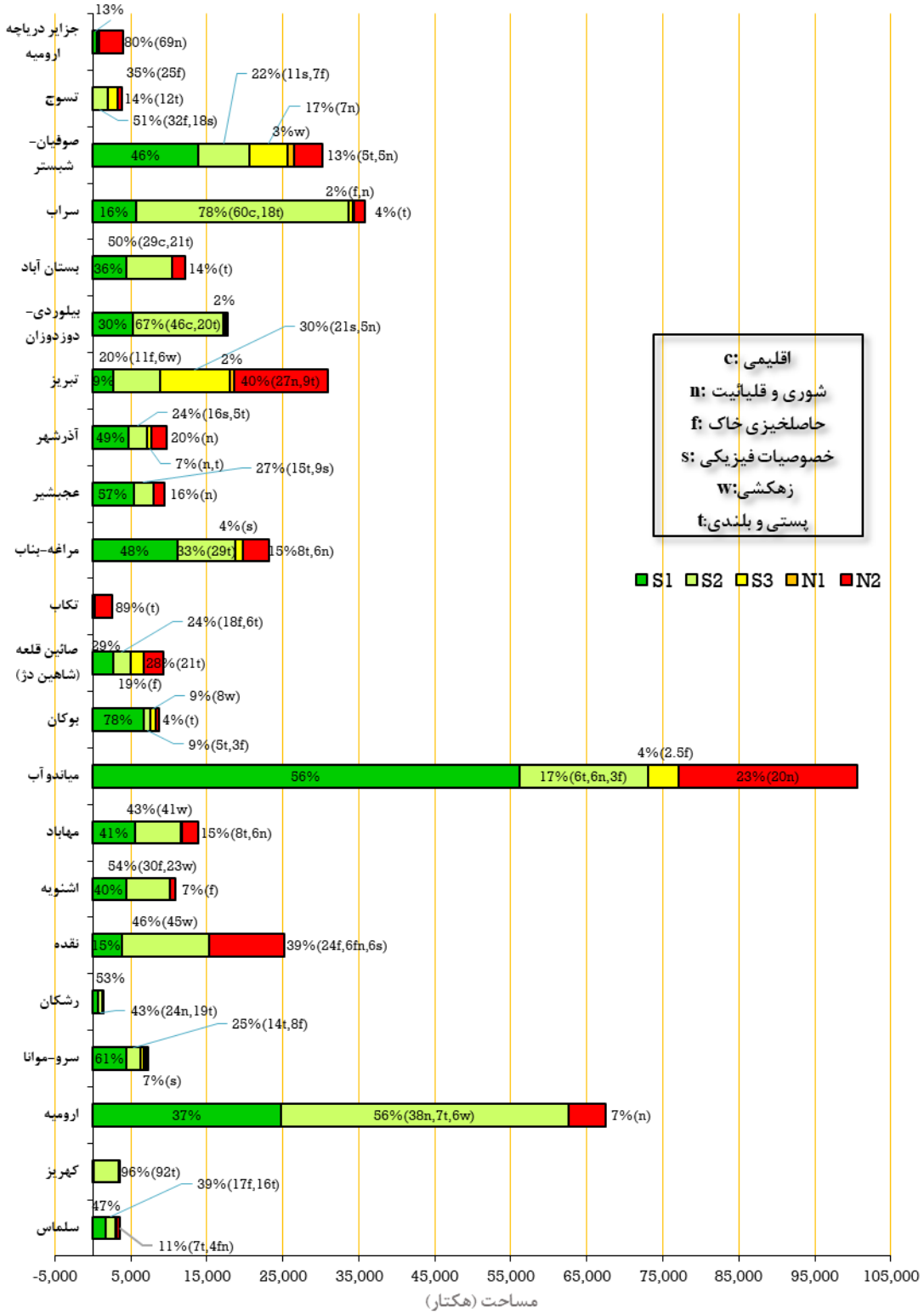
شکل ۵۰. پتانسیل کشت محصول یونجه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۵۱. مساحت و درصد اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای یونجه

جدول ۲۵. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای یونجه

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	370077/88	76/62	S1	172851/09	35/79	S1	172851/09	35/79
			S2	169782/00	35/15	S2 c	35117/61	7/27
						S2 f	19234/30	3/98
						S2 n	35646/22	7/38
						S2 s	12107/53	2/51
						S2 t	40012/41	8/28
						S2 tw	274/49	0/06
						S2 w	27389/44	5/67
			S3	27444/79	5/68	S3 f	8086/19	1/67
						S3 ft	24/71	0/01
						S3 n	4938/85	1/02
						S3 s	11377/95	2/36
						S3 t	1581/67	0/33
						S3 w	1435/41	0/30
اراضی نا مناسب (N)	112934/99	23/38	N1	2042/39	0/42	N1 n	533/48	0/11
						N1 s	566/90	0/12
						N1 w	942/01	0/20
			N2	83529/81	17/29	N2 f	7977/44	1/65
						N2 fn	2376/60	0/49
						N2 n	46771/53	9/68
						N2 ns	1937/17	0/40
						N2 nt	4/98	0/00
						N2 nw	337/31	0/07
						N2 s	2461/10	0/51
						N2 st	62/27	0/01
						N2 t	21601/42	4/47
			X	27362/80	5/67	اراضی متفرقه	27362/80	5/67
			جمع کل				483012/87	100/00

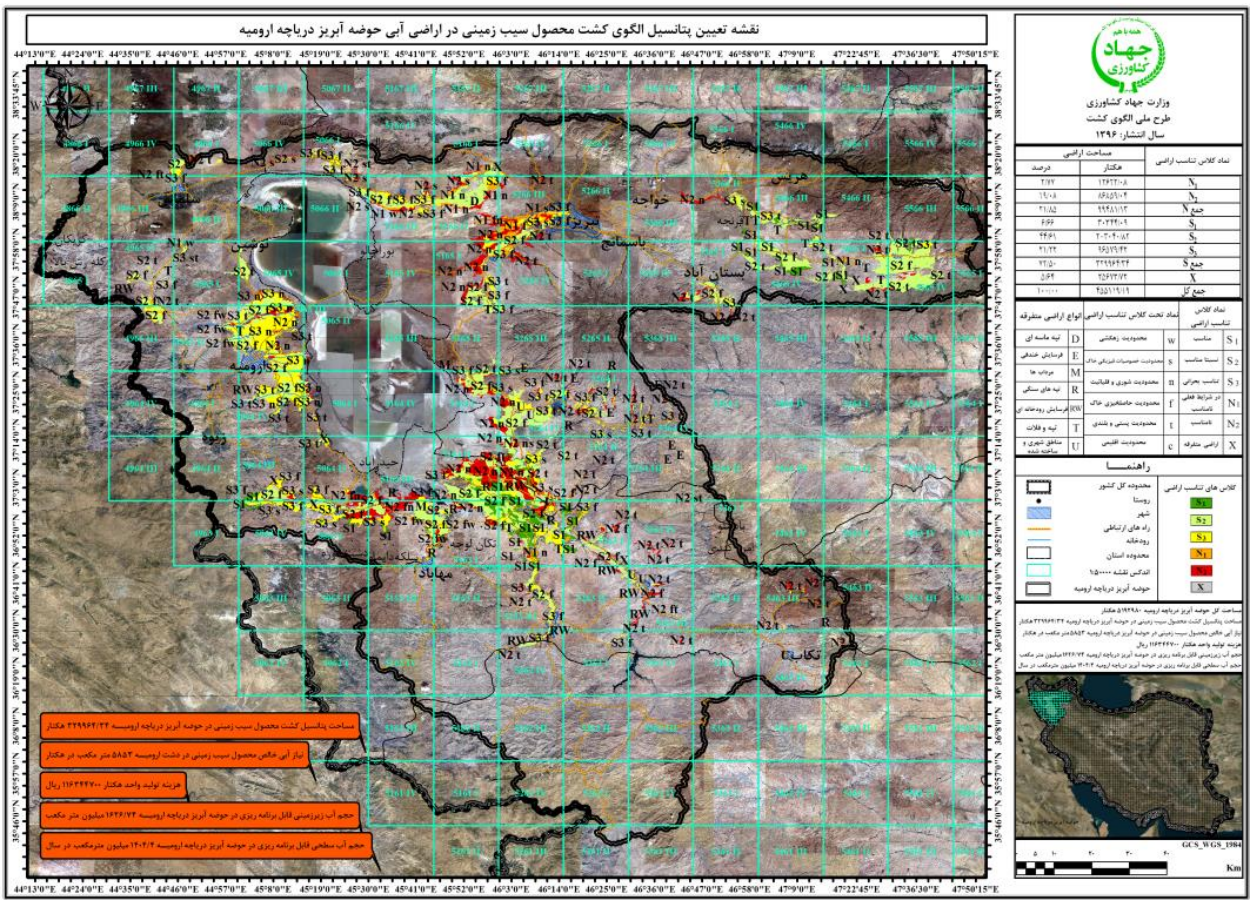


شکل ۵۲. پتانسیل کشت یونجه در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

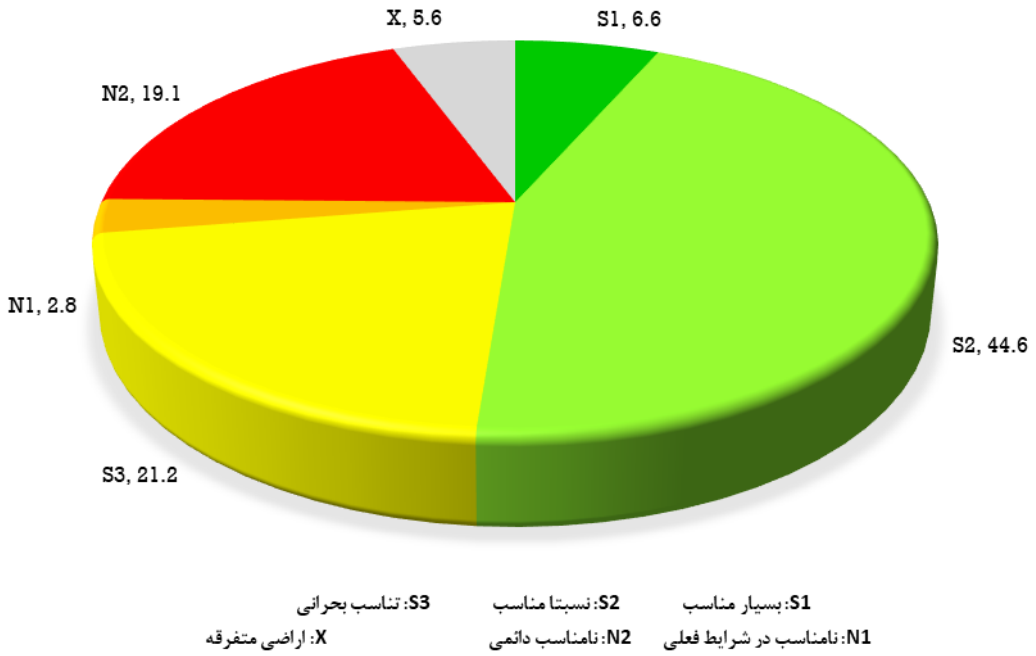
سیب‌زمینی (*Solanum tubrosem* L.)

حدود ۵۵۴ هزار هکتار (۷۲/۴۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سیب‌زمینی در رده مناسب (S) و اراضی نامناسب به مساحت حدود ۲۱۱ هزار هکتار (۲۷/۵۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای سیب‌زمینی نشان می‌دهد که در این حوضه برای این محصول از نظر اقلیمی محدودیتی وجود ندارد و اگر محدودیتی هست بسیار جزئی است. به طور کلی ۵۰ هزار هکتار (۶/۵۹ درصد) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای سیب‌زمینی دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۳۴۱ هزار هکتار (۴۴/۶۴٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۶۲ هزار هکتار (۲۱/۲٪) از کل اراضی آبی است. ۲۱۱ هزار هکتار (۲۷/۵۸٪) اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند که حدود ۲۱۵۰۰ هکتار (۲/۸۱٪) از این اراضی به دلیل محدودیت قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار گرفت. حدود ۱۴۶ هزار هکتار (۱۹/۱۴٪) در کلاس نامناسب و غیرقابل اصلاح قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای سیب‌زمینی در شکل ۵۳ و ۵۴ ارائه شده است.

شکل ۵۵ کل سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت سیب‌زمینی را به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای این محصول نشان می‌دهد که دشت میاندوآب با مساحتی حدود ۲۲ هزار هکتار از بیشترین سطح کلاس S1 برخوردار می‌باشد و در مجموع در ۷۵٪ سطح مطالعه شده این دشت پتانسیل کشت سیب‌زمینی وجود دارد. محدودیت حاصلخیزی خاک محدودیت غالب کشت سیب‌زمینی در بسیاری از دشت‌های حوضه شامل دشت ارومیه، صوفیان-شبستر، سرو-موانا، سراب، اشنویه، نقده، میاندوآب، مراغه-بناب، مهاباد، بستان‌آباد، بوکان، پیلوردی-دوزدوزان، آذرشهر و عجبشیر است. شوری و قلیائیت خاک عوامل مهمی است که با ایجاد محدودیت زیاد برای سیب زمینی موجب شده قسمت عمده اراضی در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح (N2) قرار بگیرد.



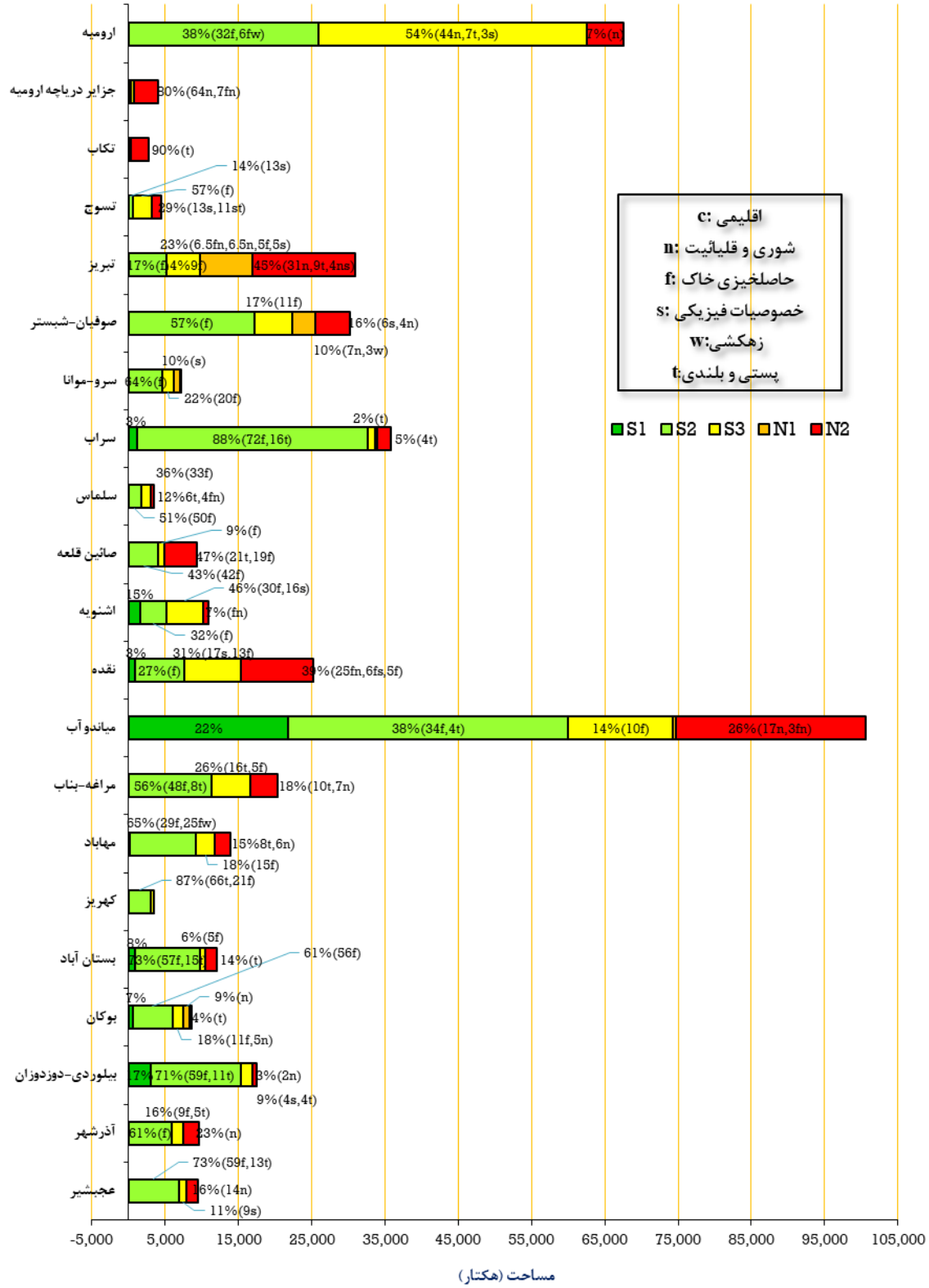
شکل ۵۳. پتانسیل کشت سیب‌زمینی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۵۴. مساحت و درصد اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای سیب‌زمینی

جدول ۲۶. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای سیب‌زمینی

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	554311/09	72/42	S1	50406/99	6/59	S1	50406/99	6/59
			S2	341656/45	44/64	S2 f	293007/79	38/28
						S2 fw	13142/23	1/72
						S2 s	3562/07	0/47
						S2 t	31944/36	4/17
			S3	162247/65	21/20	S3 f	59180/30	7/73
						S3 fn	1475/92	0/19
						S3 fs	1425/57	0/19
						S3 ft	155/11	0/02
						S3 n	54458/61	7/11
						S3 s	24600/46	3/21
						S3 st	271/74	0/04
						S3 t	20359/30	2/66
						S3 w	320/64	0/04
اراضی نامناسب (N)	211131/50	27/58	N1	21521/82	2/81	N1 f	2795/68	0/37
						N1 fn	3449/90	0/45
						N1 n	9800/27	1/28
						N1 s	3896/43	0/51
						N1 w	1579/53	0/21
			N2	146504/22	19/14	N2 f	9586/96	1/25
						N2 fn	18535/85	2/42
						N2 fns	399/62	0/05
						N2 fs	2594/86	0/34
						N2 ft	271/36	0/04
						N2 n	71863/41	9/39
						N2 ns	4587/64	0/60
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	6409/42	0/84
						N2 st	945/15	0/12
						N2 t	30775/76	4/02
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
			جمع کل				765442/59	100/00

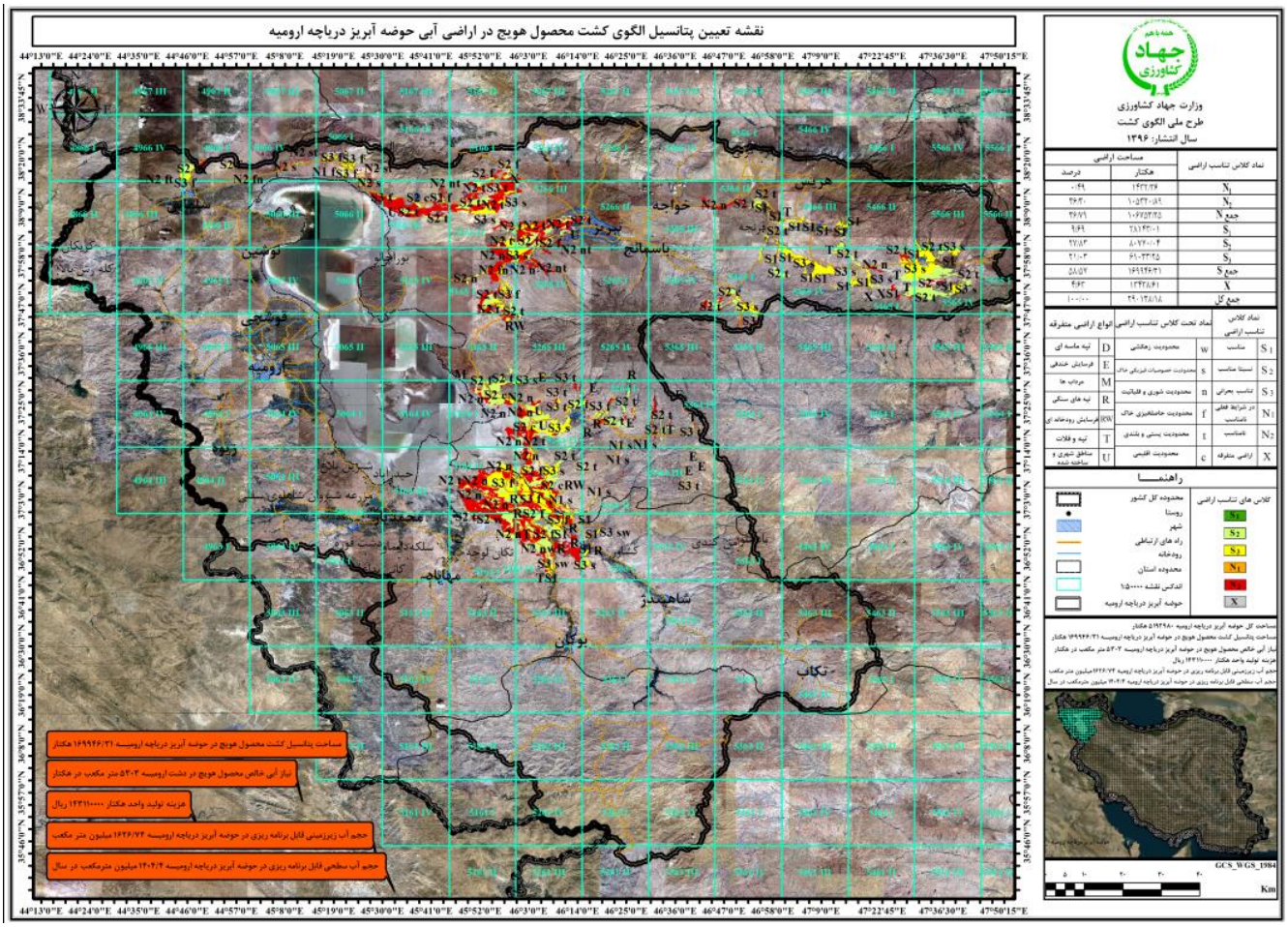


شکل ۵۵. پتانسیل کشت سیب‌زمینی در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

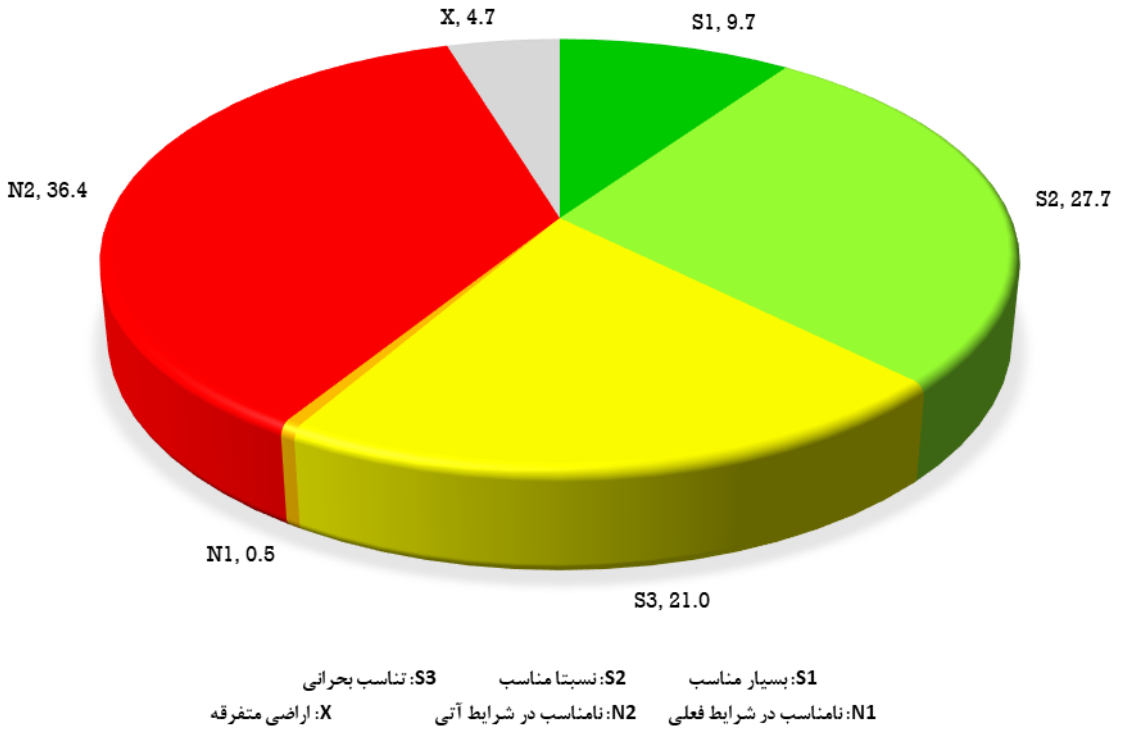
هویج (*Daucus carota L.*)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای هویج نشان می‌دهد حدود ۲۸۶ هزار هکتار (۵۸/۴۵٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه حوضه دریاچه ارومیه برای هویج در رده مناسب (S) و حدود ۲۰۳ هزار هکتار (۴۱٪) در رده نامناسب (N) قرار دارد. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای هویج نشان می‌دهد که در این حوضه برای هویج از نظر اقلیمی محدودیتی وجود ندارد. حدود ۴۷ هزار هکتار (۹/۷۱٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای هویج دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۳۵ هزارهکتار (۲۷/۷٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۰۳ هزار هکتار (۲۱٪) از کل اراضی آبی است. ۲۰۳۷۵۱/۱ هکتار (۴۱/۵۵٪) از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند که حدود ۲۴۰۶/۲ هکتار (۰/۴۹٪) از این اراضی به دلیل محدودیت‌های قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار می‌گیرد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای هویج در شکل ۵۶ و ۵۷ ارائه شده است.

شکل ۵۸ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت هویج را به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه نشان می‌دهد. دشت های سراب، بیلوردی-دوزدوزان، میاندوآب، بستان‌آباد و بوکان دشت‌هایی هستند که به ترتیب دارای بیشترین سطح کلاس S1 هستند. نوع عوامل محدودکننده تولید و سطحی که تحت تاثیر قرار می‌دهند در دشت‌های حوضه متفاوت است، اما به طور کلی در رده مناسب، اثر عوامل پستی و بلندی، خصوصیات فیزیکی خاک، حاصلخیزی و اقلیم غالب بوده و رده نامناسب بیشتر ناشی از محدودیت زیاد عوامل شوری و قلیائیت و پستی و بلندی است.



شکل ۵۶. پتانسیل کشت محصول هویج در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۵۷. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای هویج

جدول ۲۷. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیرکلاس‌های اراضی برای هویج.

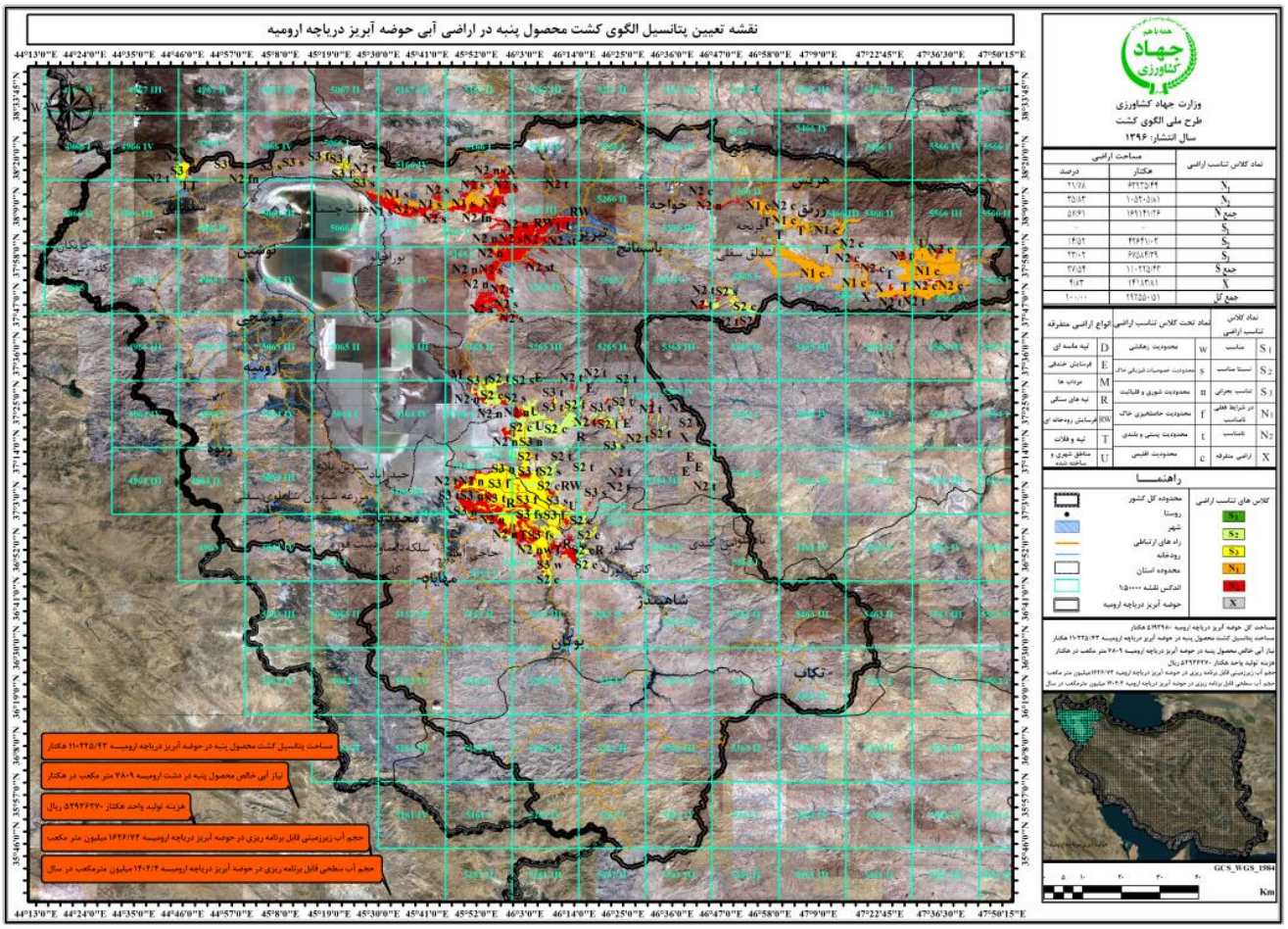
رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	286603/53	58/45	S1	47609/88	9/71	S1	47609/88	9/71
			S2	135950/96	27/73	S2 c	16647/46	3/39
						S2 f	44739/43	9/12
						S2 n	1119/36	0/23
						S2 s	10083/09	2/06
						S2 t	63300/88	12/91
						S2 w	60/75	0/01
			S3	103042/69	21/01	S3 f	34090/42	6/95
						S3 fs	14/94	0/00
						S3 n	452/84	0/09
						S3 s	60926/13	12/42
						S3 sw	2179/53	0/44
						S3 t	5378/83	1/10
اراضی نا مناسب (N)	203751/10	41/55	N1	2406/21	0/49	N1 f	576/83	0/12
						N1 s	1827/06	0/37
						N1 w	2/32	0/00
			N2	178458/09	36/39	N2 fn	3424/87	0/70
						N2 ft	90/95	0/02
						N2 n	83339/83	17/00
						N2 ns	373/99	0/08
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nt	5236/54	1/07
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	1048/80	0/21
						N2 st	1728/07	0/35
						N2 t	82680/85	16/86
			X	22886/80	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00

شکل ۵۸. پتانسیل کشت هویج در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

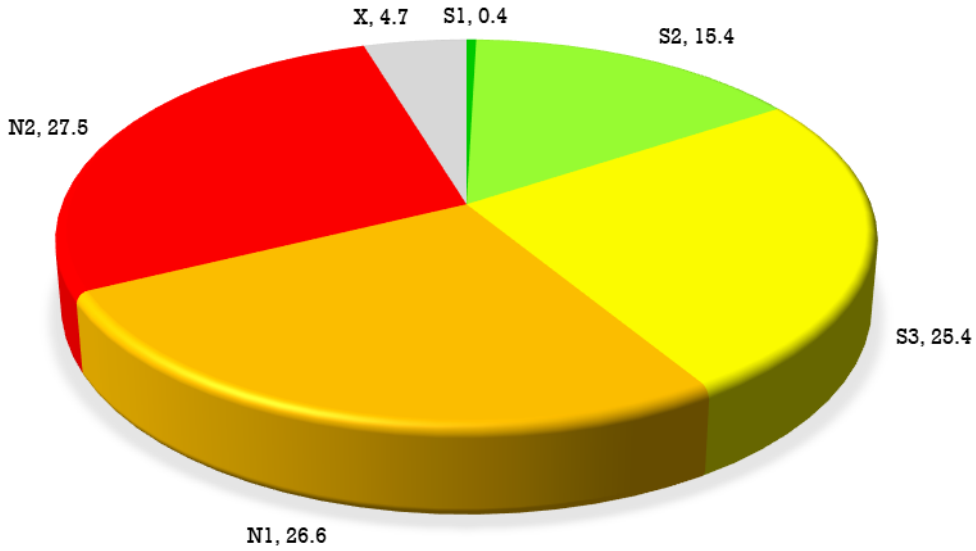
پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای پنبه نشان می‌دهد که حدود ۲۰۲ هزار هکتار (۴۱٪) از کل اراضی آبی مطالعه شدهٔ حوضه دریاچه ارومیه برای پنبه در رده مناسب (S) و حدود ۲۸۸ هزار هکتار (۵۹٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. حدود ۲ هزار هکتار (۰/۴۴٪) از کل اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای پنبه دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) و با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۷۵ هزارهکتار (۱۵٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی ۱۲۴ هزار (۲۵٪) از کل اراضی آبی است. ۲۸۸۲۶۵ هکتار (۵۹٪) اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای پنبه در شکل ۵۹ و ۶۰ ارائه شده است.

در شکل ۶۱ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت پنبه به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز ارومیه نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کشت این محصول در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه با محدودیت‌های متوسط تا زیادی مواجه است، به طوری که در کل دشت‌ها فاقد کلاس S1 برای این محصول است. دشت‌های میاندوآب و مراغه-بناب با حدود ۱۵۰۰۰ هکتار اراضی، بیشترین کلاس S2 را داشته و دشت‌های عجبشیر، بستان آباد و بوکان در رده‌های بعدی قرار دارند. سطح رده مناسب برای کشت پنبه در دشت میاندوآب حدود ۷۰ هزار هکتار، در دشت مراغه-بناب نزدیک به ۲۰ هزار هکتار و در دشت‌های عجبشیر، بستان آباد، بوکان، تسوج و سلماس کمتر از ۱۰ هزار هکتار بوده و سایر دشت‌های حوضه برای کشت این محصول نامناسب است. اقلیم، خصوصیات فیزیکی خاک، پستی و بلندی و در برخی دشت‌ها شوری و قلیائیت عوامل اصلی محدودکننده کشت پنبه است.



شکل ۵۹. پتانسیل کشت پنبه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۶۰. مساحت و درصد اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای پنبه

جدول ۲۹. مساحت و درصد اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای پنبه

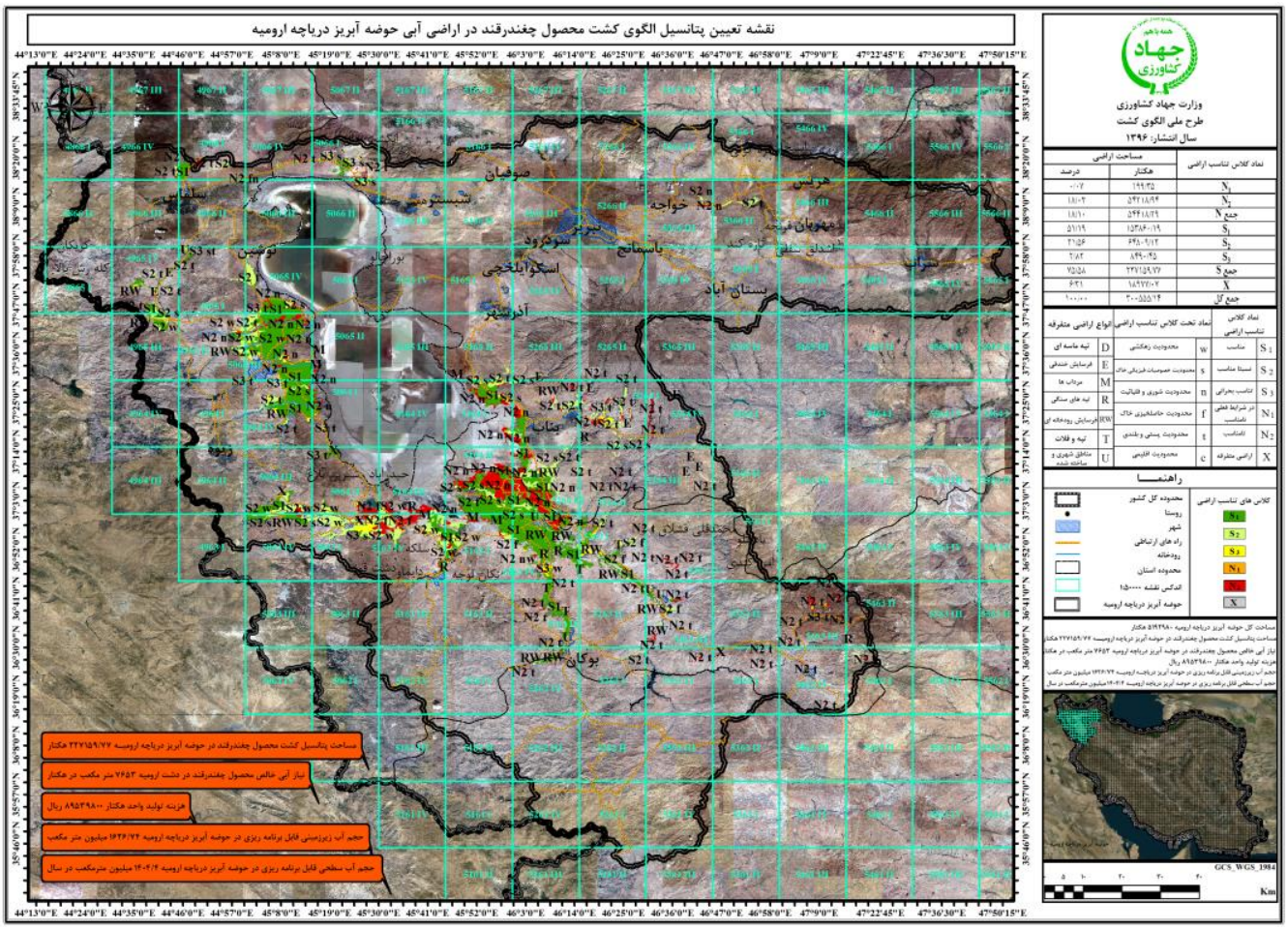
رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	202088/68	41/21	S1	2137/39	0/44	S1	2137/39	0/44
			S2	75254/36	15/35	S2 c	25795/50	5/26
						S2 f	10724/53	2/19
						S2 n	1475/92	0/30
						S2 s	8101/04	1/65
						S2 t	26361/99	5/38
						S2 w	2795/38	0/57
			S3	124696/93	25/43	S3 c	345/87	0/07
						S3 f	41869/84	8/54
						S3 fs	29209/54	5/96
						S3 n	27845/91	5/68
						S3 s	6712/26	1/37
						S3 t	16531/66	3/37
						S3 w	2181/85	0/44
اراضی نا مناسب (N)	288265/94	58/79	N1	130526/88	26/62	N1 c	129538/17	26/42
						N1 f	30/86	0/01
						N1 s	957/85	0/20
			N2	134852/27	27/50	N2 c	6445/46	1/31
						N2 f	15/88	0/00
						N2 fn	393/50	0/08
						N2 n	52499/73	10/71
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	2411/06	0/49
						N2 st	1122/07	0/23
						N2 t	71430/38	14/57
			X	22886/80	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00

شکل ۶۱. پتانسیل کشت پنبه در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

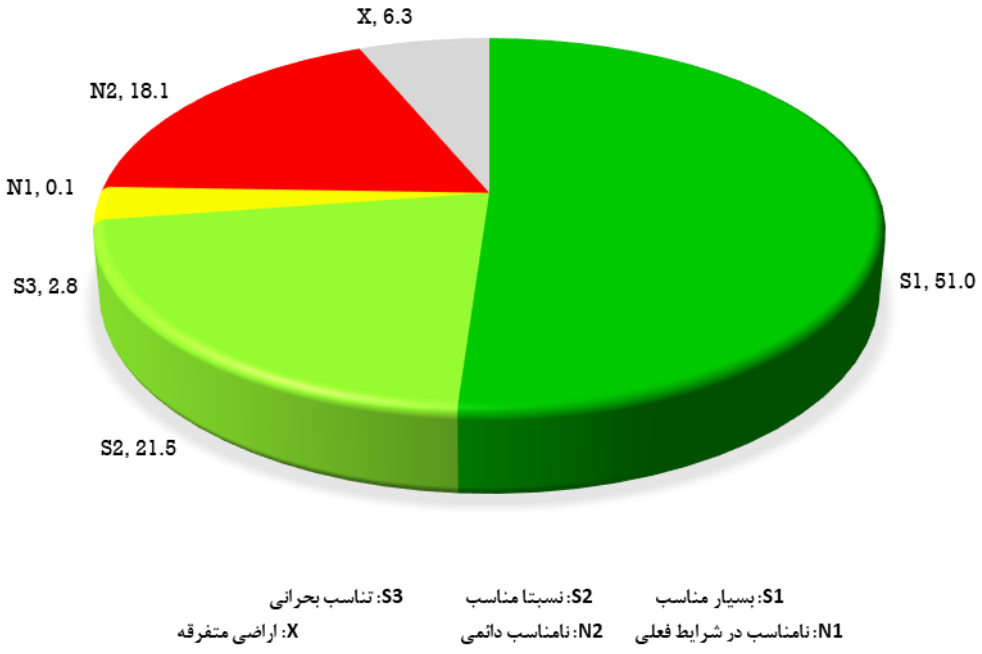
چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت چغندرقند در جدول ۳۰ ارائه شده است. حدود ۳۷۸ هزار هکتار (۷۵٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول چغندرقند در رده مناسب (S) و ۱۲۳ هزار هکتار (۲۵٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. حدود ۲۵۶ هزار هکتار (۵۲٪) از اراضی آبی این حوضه برای چغندرقند دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. این اراضی عمدتاً در مناطق عجب شیر، ملکان، میاندوآب، مهاباد ، اورمیه و اشنویه قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) و با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۰۸ هزار هکتار (۲۲٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی مساحت ۱۴ هزار هکتار (۲/۸۲٪) اراضی آبی است. حدود ۱۲۳ هزار هکتار (۲۴/۵۲٪) از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول چغندرقند در شکل ۶۲ و ۶۳ نشان داده شده است.

شکل ۶۴ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت چغندرقند به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. جز جزایر دریاچه ارومیه (به دلیل شوری و قلیائیت زیاد) و دشت تکاب (به دلیل محدودیت پستی و بلندی)، بخش عمده‌ای از اراضی مطالعه شده دشت‌ها در رده مناسب قرار گرفته و محصول چغندرقند از پتانسیل کشت بالایی در این مناطق برخوردار است. دشت‌های میاندوآب و ارومیه به ترتیب با حدود ۷۴ هزار هکتار و ۶۲ هزار هکتار اراضی بیشترین سطح رده مناسب برای کشت چغندرقند را به خود اختصاص می‌دهند. حاصلخیزی خاک، شوری و قلیائیت، پستی و بلندی و خصوصیات فیزیکی خاک محدودیت‌های عمده‌ای هستند که کشت چغندرقند را در بسیاری از دشت‌های حوضه تحت تاثیر قرار می‌دهند.



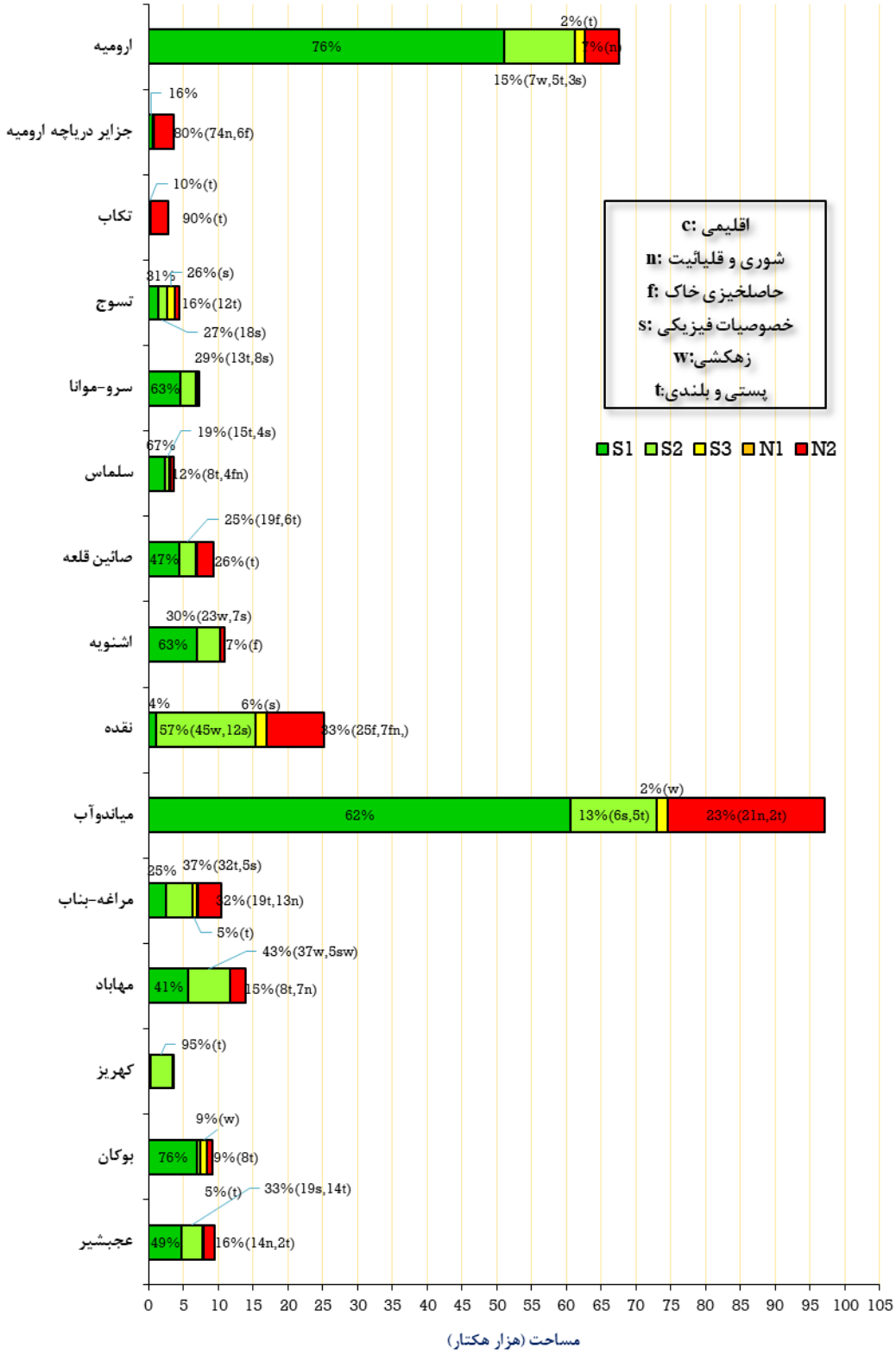
شکل ۶۲. پتانسیل کشت چغندرقند در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۶۳. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای چغندرقند

جدول ۳۰. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای چغندرقند

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	378903.69	75.48	S1	256488.29	51.09	S1	256488.29	51.09
			S2	108237.15	21.56	S2 f	6661.64	1.33
						S2 n	1485.62	0.30
						S2 s	26317.17	5.24
						S2 sw	1147.38	0.23
						S2 t	32783.85	6.53
						S2 w	39841.50	7.94
			S3	14178.25	2.82	S3 s	5690.33	1.13
						S3 st	39.96	0.01
						S3 t	4555.02	0.91
						S3 w	3892.94	0.78
اراضی نا مناسب (N)	123119.57	24.52	N1	334.56	0.07	N1 n	279.50	0.06
						N1 s	3.71	0.00
						N1 w	51.35	0.01
			N2	91008.94	18.13	N2 f	12228.45	2.44
						N2 fn	2993.44	0.60
						N2 n	54585.17	10.87
						N2 nt	7.82	0.00
						N2 nw	526.36	0.10
						N2 t	20667.70	4.12
			X	31776.06	6.33	اراضی متفرقه (X)	31776.06	6.33
جمع کل							502023.26	100.00

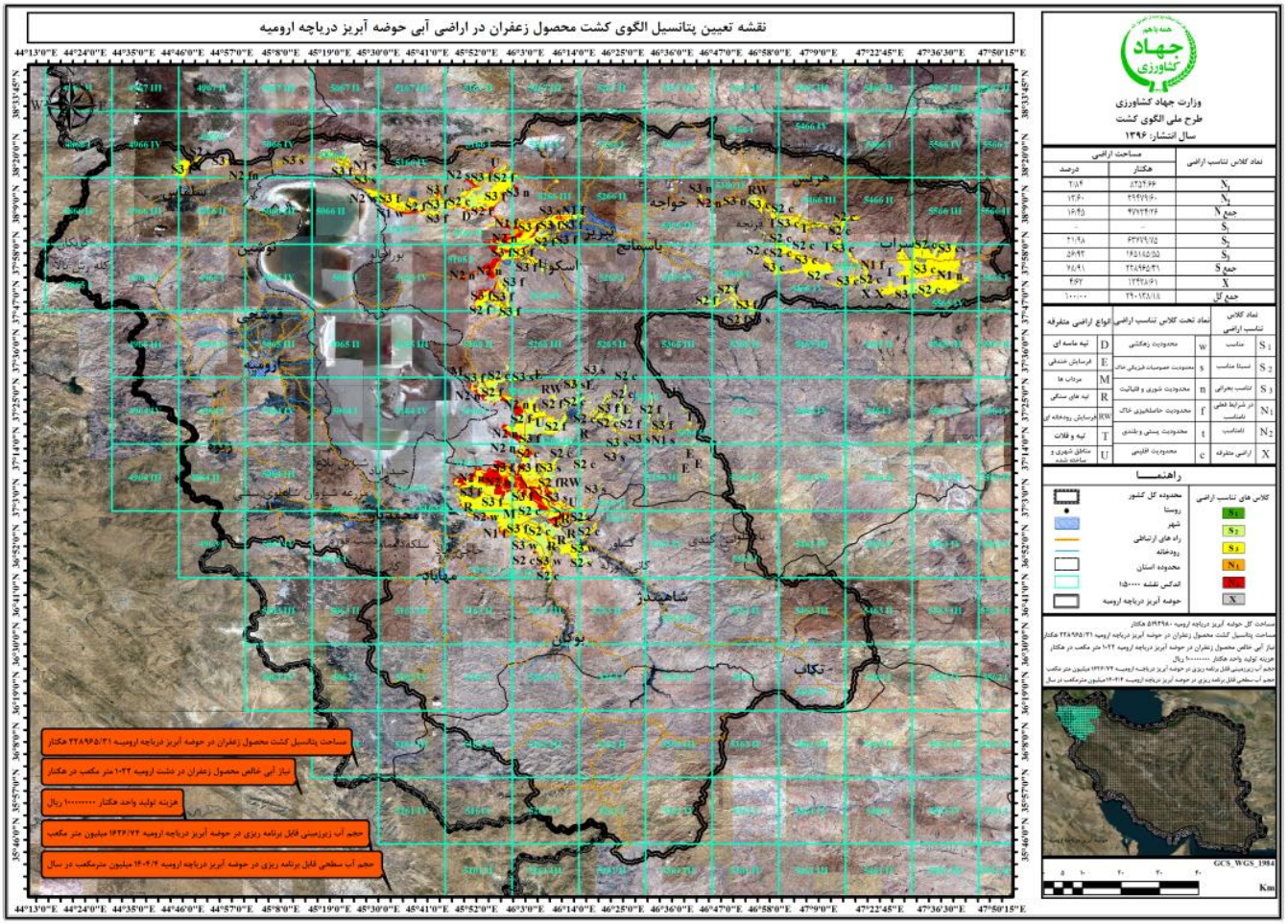


شکل ۶۴. پتانسیل کشت چغندرقند در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

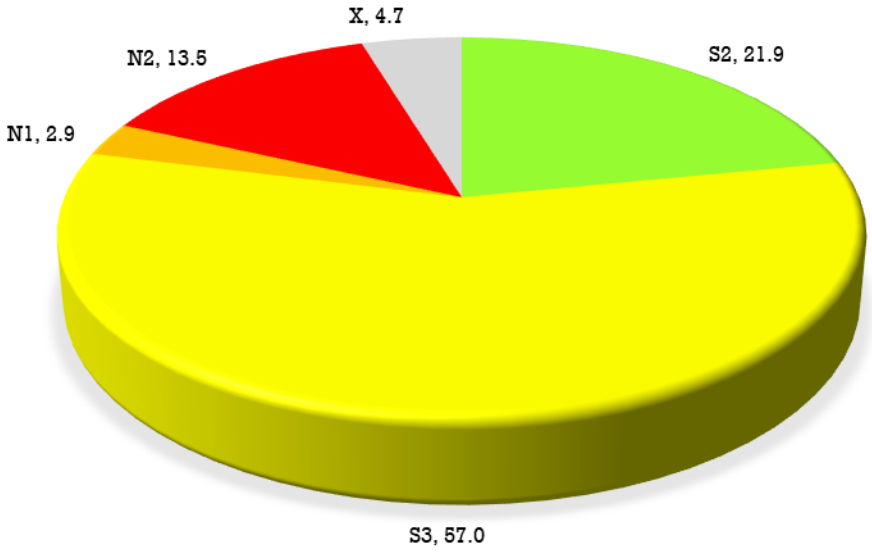
زعفران (*Crocus sativus* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت زعفران نشان می دهد که حدود ۷۹٪ اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول زعفران در رده مناسب (S) و ۲۱٪ در رده نامناسب قرار دارند. کاشت زعفران به لحاظ اقلیم به دلیل محدویت دمای پایین در دوره رشد در مناطق تبریز، آذرشهر، بناب، مراغه، ملکان، میاندوآب و مهاباد در کلاس تناسب متوسط (S2) قرار می‌گیرد، اما در مناطق سرد سیر حوضه به دلیل همین محدودیت در کلاس تناسب کم (S3) قرار می‌گیرد. حدود ۱۰۷ هزار هکتار (۲۲٪) از اراضی دارای تناسب متوسط و ۲۷۹ هزار هکتار (۵۷٪) تناسب کم است. از طرفی اراضی نامناسب شامل کلاس‌های N1 و N2 به ترتیب وسعتی برابر با ۱۴ هزار و ۶۶ هزار هکتار را دارند. ویژگی های اقلیمی، شوری و قلیاییت، خصوصیات خاک و سیل‌گیری در کلاس S2 و کلاسS3 نیز به ترتیب اقلیم، خصوصیات فیزیکی، شوری و قلیاییت و سیل‌گیری محدودکننده‌ترین عوامل تولید زعفران است. محدودیت‌های اصلی اراضی نامناسب (N) در این حوضه برای زعفران، شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی هستند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول زعفران در شکل ۶۵ و ۶۶ ارائه شده است.

شکل ۶۷ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت زعفران را به تفکیک دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. بیشترین سهم در بین کلاس‌های تناسب اراضی در بیشتر دشت‌های حوضه به کلاس S3 با محدودیت‌های اقلیمی- خاکی متوسط اختصاص دارد و در مجموع کل دشت‌ها، سطح رده مناسب برای کشت زعفران بیشتر از رده نامناسب است. محدودیت غالب برای کشت زعفران در رده مناسب در دشت‌های تسوج، تبریز، صوفیان-شبستر، سلماس، میاندوآب، مراغه-بناب، آذرشهر و عجبشیر محدودیت حاصلخیزی خاک و در دشت‌های سراب، بستان‌آباد، بوکان و بیلوردی-دوزدوزان اقلیمی است.



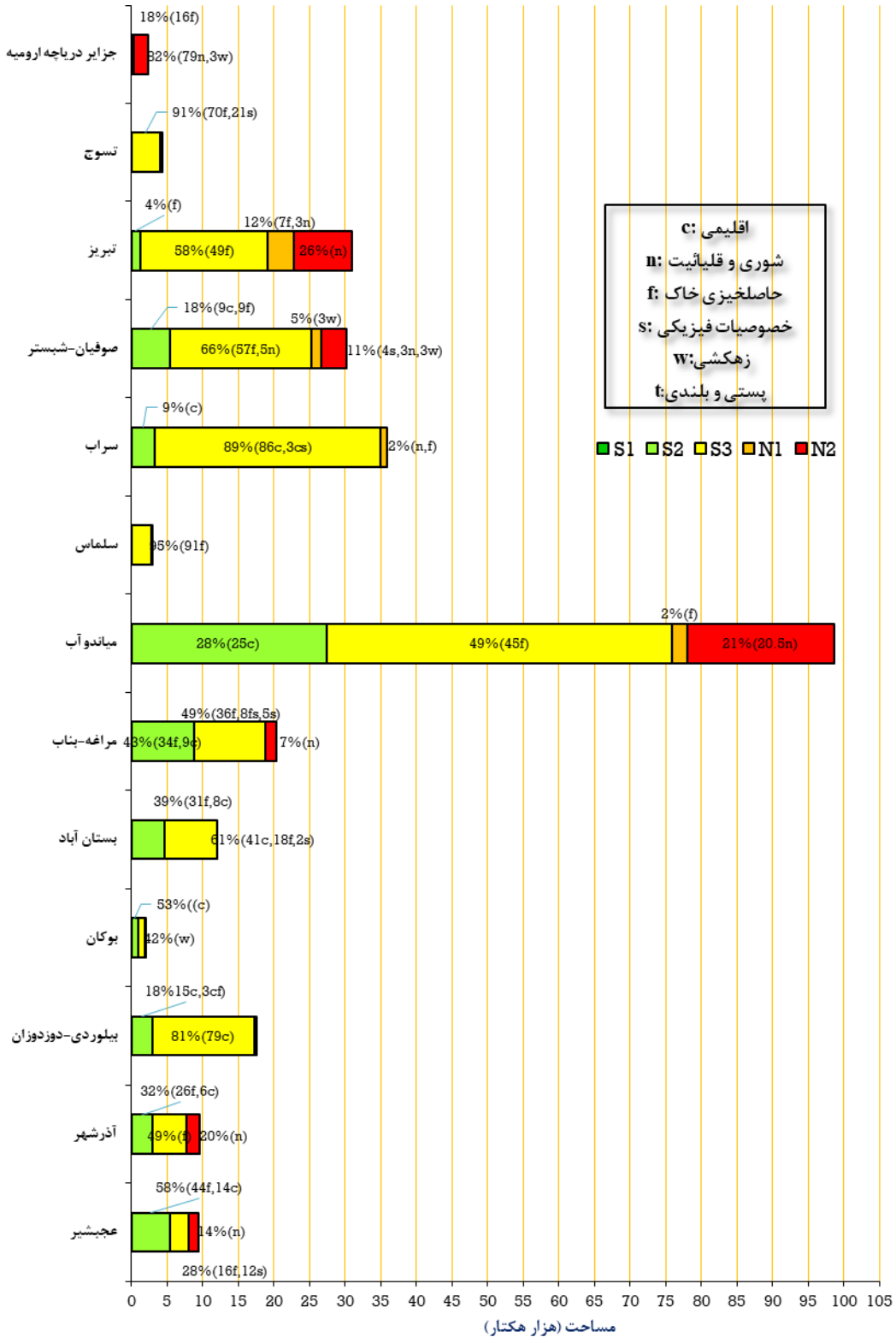
شکل ۶۵. پتانسیل کشت زعفران در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۶۶. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای زعفران

جدول ۳۱. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای زعفران

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	387195/61	78/96	S2	107551/73	21/93	S2 c	64969/19	13/25
						S2 cf	680/07	0/14
						S2 f	39929/67	8/14
						S2 s	1912/05	0/39
						S2 w	60/75	0/01
			S3	279643/88	57/03	S3 c	84650/07	17/26
						S3 cs	1372/47	0/28
						S3 f	167460/95	34/15
						S3 fn	24/58	0/01
						S3 fs	4328/37	0/88
						S3 n	5761/17	1/17
						S3 s	12554/31	2/56
						S3 w	3491/97	0/71
اراضی نا مناسب (N)	103159/02	21/04	N1	14015/07	2/86	N1 f	7634/77	1/56
						N1 n	3672/37	0/75
						N1 s	1242/65	0/25
						N1 w	1465/28	0/30
			N2	66257/14	13/51	N2 f	426/51	0/09
						N2 fn	1013/22	0/21
						N2 n	60538/42	12/35
						N2 ns	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	2324/29	0/47
						N2 w	1420/52	0/29
			X	22886/80	4/67	اراضی	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00

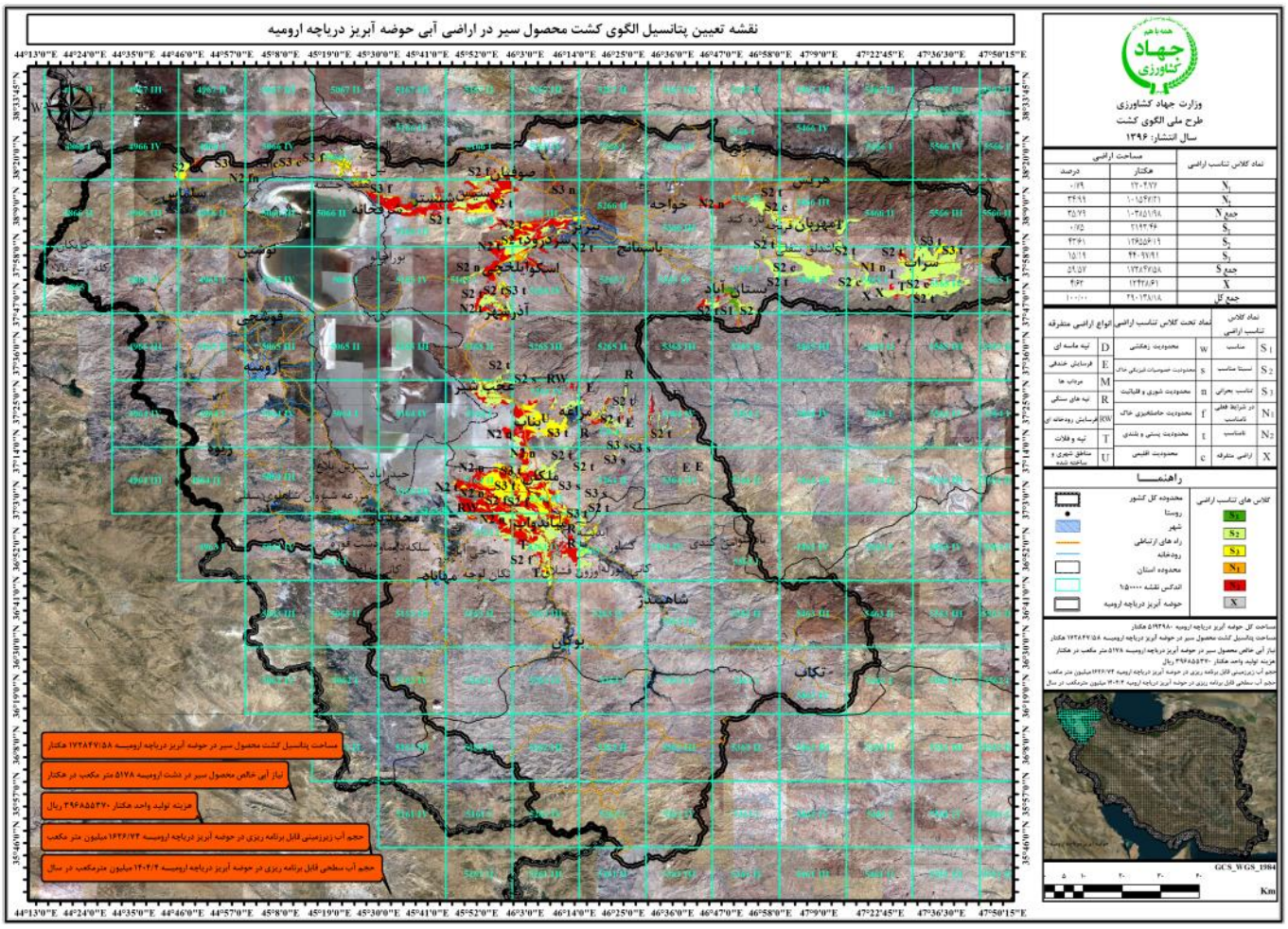


شکل ۶۷. پتانسیل کشت زعفران در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

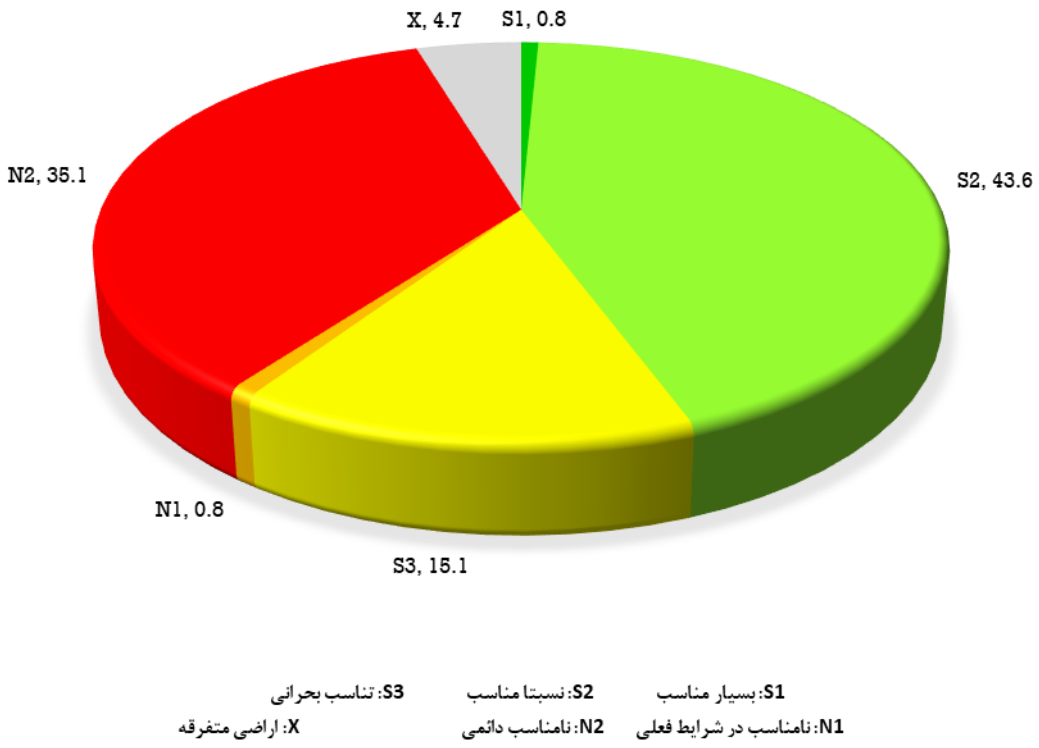
سیر (*Allium Sativum* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت محصول سیر نشان می‌دهد که حدود ۲۹۱ هزار هکتار (۵۹٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سیر در رده مناسب (S) و حدود ۱۹۸ هزار هکتار (۴۱٪) در رده نا مناسب (N) قرار دارند. کاشت محصول سیر به لحاظ اقلیمی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در کلاس‌های مناسب (S1) و (S2) نسبتاً مناسب قرار دارد. در مناطق ملکان و میاندوآب، طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای محصول سیر نشان می‌دهد که در این حوضه برای این محصول از نظر اقلیمی محدودیتی وجود نداشته و یا بسیار جزئی است. به طور کلی، حدود ۳۷۰۰ هکتار (۰/۷۶ درصد) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول سیر دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) و با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۱۳ هزار هکتار (۴۳/۵۷٪) از اراضی مطالعه شده را شامل می شود. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی مساحت۷۴ هزار هکتار (۱۵/۱۲٪) از کل اراضی آبی است. ۱۹۸ هزار هکتار (۴۱٪) با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای سیر در شکل ۶۸ و ۶۹ نشان داده شده است.

شکل ۷۰ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت سیر را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. در بین دشت‌های مطالعه شده، تنها در حدود ۱۶٪ (حدود ۱۹۰۰ هکتار) دشت بستان‌آباد دارای کلاس S1 برای کشت محصول سیر است. دشت میاندوآب با سطح حدود ۷۵ هزار هکتار و دشت سراب با حدود ۳۳ هزار هکتار بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. شوری و قلیائیت خاک و پستی و بلندی مهم‌ترین عواملی هستند که باعث می‌شوند بخش قابل ملاحظه‌ای از اراضی مطالعه‌شده دشت‌ها در رده نامناسب غیرقابل اصلاح قرار بگیرند. در رده مناسب نیز عواملی نظیر اقلیم، حاصلخیزی خاک و پستی و بلندی تولید محصول سیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



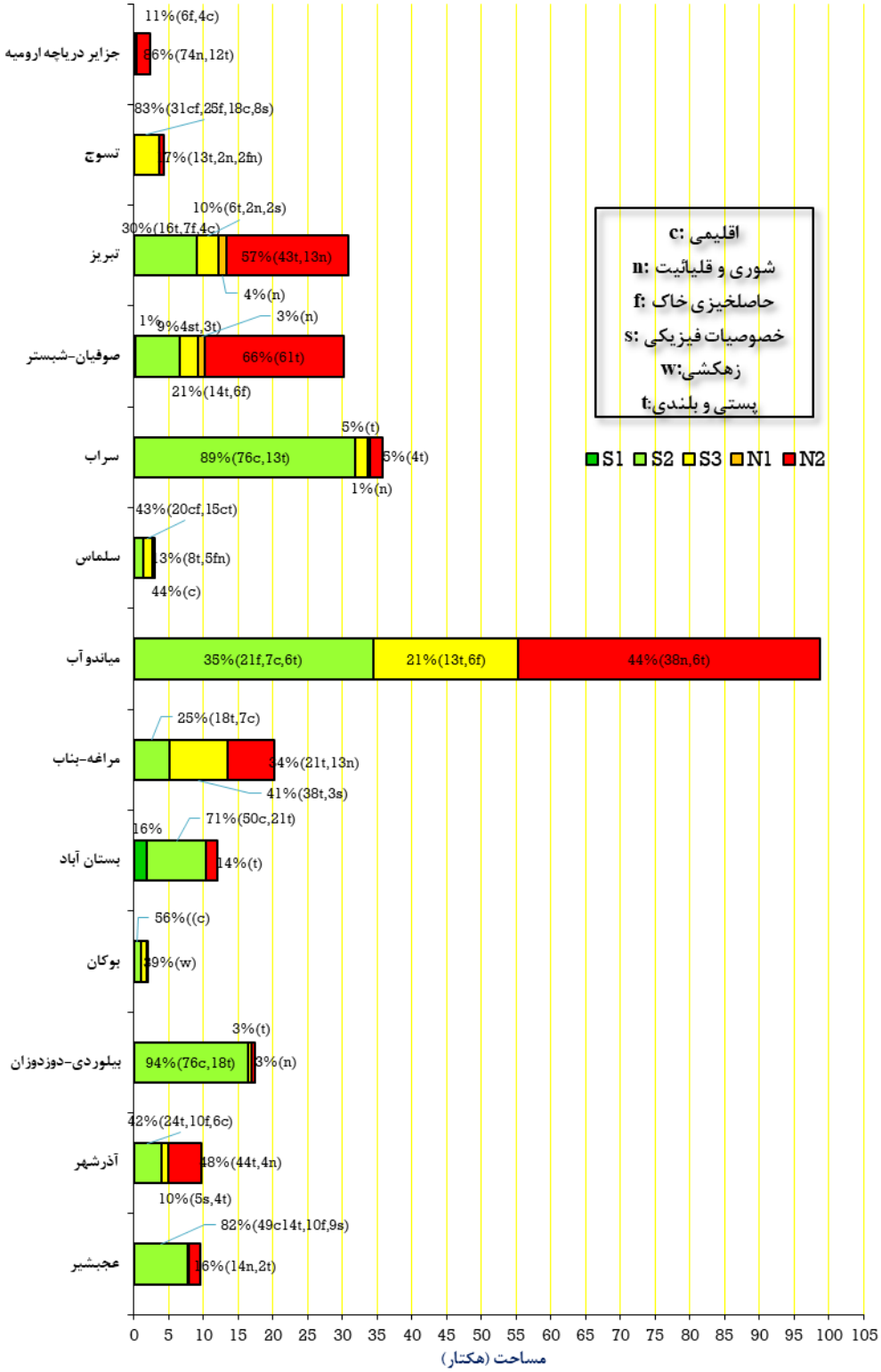
شکل ۶۸. پتانسیل کشت سیر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۶۹. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای سیر

جدول ۳۲. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای سیر

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیرکلاس تناسب	مساحت زیرکلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	291532/14	59/45	S1	3729/06	0/76	S1	3729/06	0/76
			S2	213669/02	43/57	S2 c	108255/74	22/08
						S2 f	43925/30	8/96
						S2 n	1119/36	0/23
						S2 s	3946/32	0/80
						S2 t	56267/28	11/47
						S2 w	155/01	0/03
			S3	74134/05	15/12	S3 c	1567/08	0/32
						S3 cf	3412/30	0/70
						S3 cft	113/64	0/02
						S3 ct	888/80	0/18
						S3 f	12371/67	2/52
						S3 n	1992/33	0/41
						S3 s	6130/57	1/25
						S3 st	1884/22	0/38
						S3 t	43593/91	8/89
						S3 w	2179/53	0/44
اراضی نا مناسب (N)	198822/49	40/55	N1	3943/67	0/80	N1 n	3941/35	0/80
						N1 w	2/32	0/00
			N2	171992/01	35/08	N2 f	15/88	0/00
						N2 fn	393/50	0/08
						N2 n	81312/03	16/58
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	2324/29	0/47
						N2 t	87412/12	17/83
			X	22886/80	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00

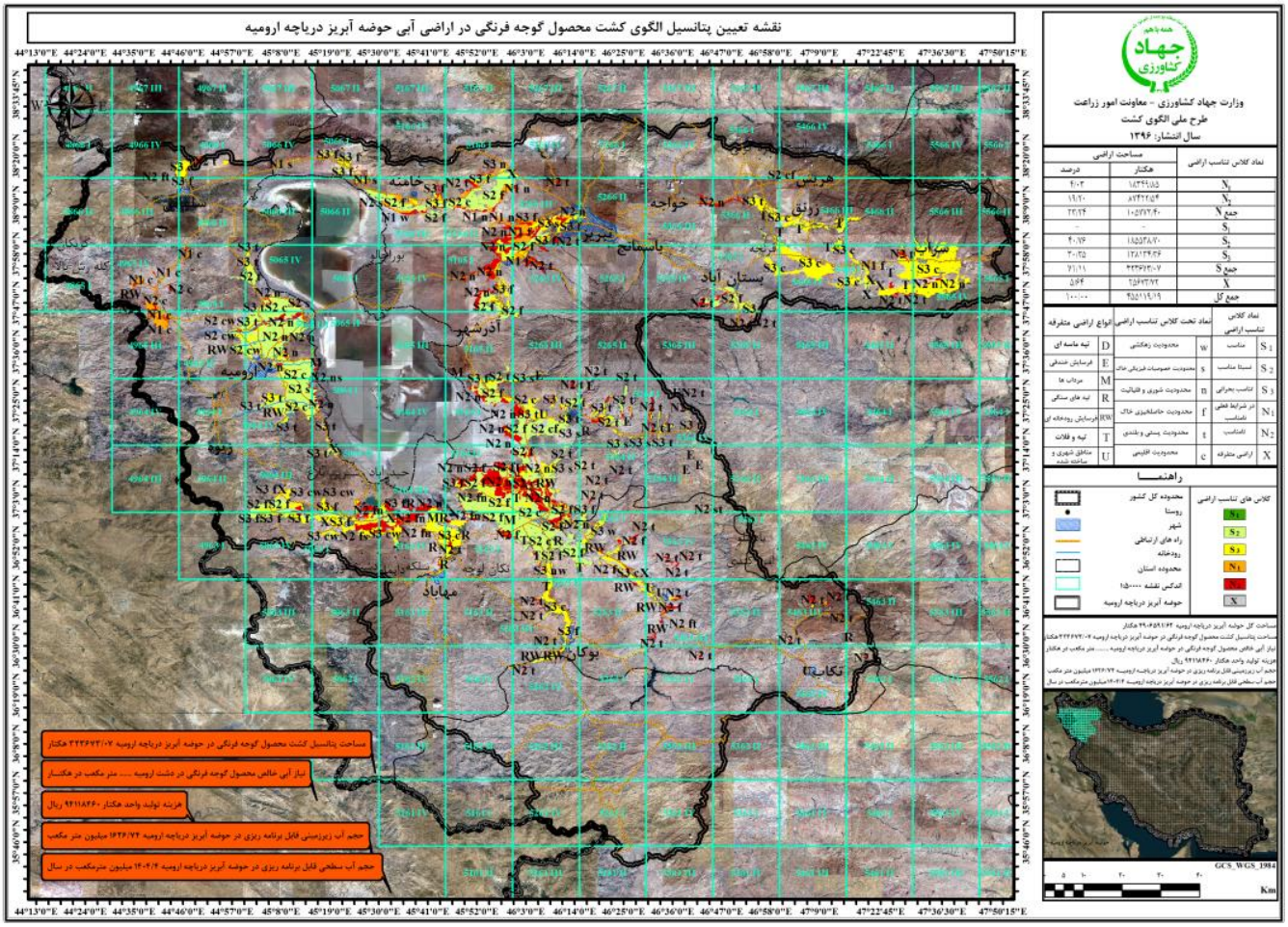


شکل ۷۰. پتانسیل کشت سیر در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

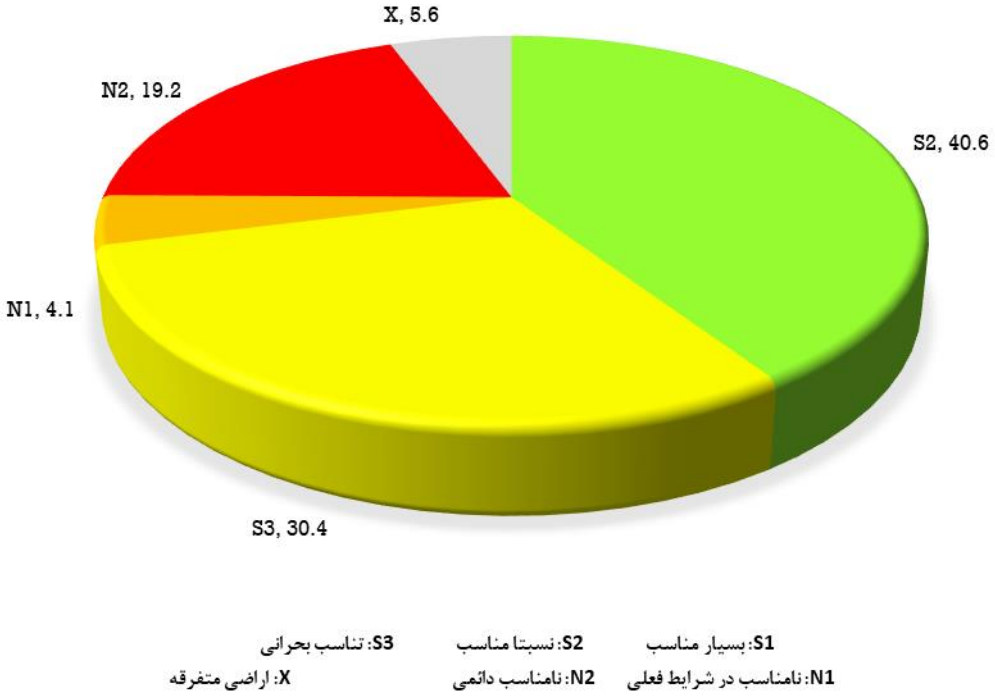
گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای گوجه‌فرنگی در جدول ۳۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد حدود ۵۴۳ هزار هکتار (۷۱٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای گوجه‌فرنگی در رده مناسب (S) و حدود ۲۲۱ هزار هکتار (۲۹٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۳۱۱ هزار هکتار (۴۱٪) از اراضی مطالعه‌شده است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۳۲ هزار هکتار (۳۰/۳۸٪) از کل اراضی آبی است. ۲۲۱ هزار هکتار (۲۹٪) از محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند که ۳۱۳۴۷ هکتار (۴٪/۱) از این اراضی به دلیل محدودیت قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار می‌گیرد.

سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت گوجه‌فرنگی در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل‌های ۷۱ الی ۷۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد هیچ یک از دشت‌های مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه دارای کلاس S1 برای گوجه‌فرنگی نیست، اما سطح قابل توجهی از اراضی مطالعه‌شده دشت‌ها در رده مناسب برای این محصول قرار دارد. دشت‌های میاندوآب (بیش از ۷۴ هزار هکتار)، ارومیه (بیش از ۶۲ هزار هکتار)، سراب (حدود ۳۳ هزار هکتار)، صوفیان-شبستر (بیش از ۲۱ هزار هکتار)، بیلوردی-دوزدوزان (بیش از ۱۷ هزار هکتار) و مراغه-بناب (بیش از ۱۶ هزار هکتار) به ترتیب بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. عوامل اقلیم و حاصلخیزی خاک مهم‌ترین محدودیت‌ها در کلاس‌های S2 و S3 بوده و تولید محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند و شوری و قلیائیت نیز مهم‌ترین محدودیتی است که سبب می‌شود بخشی از اراضی دشت‌ها برای کشت گوجه‌فرنگی به صورت کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح درآیند.



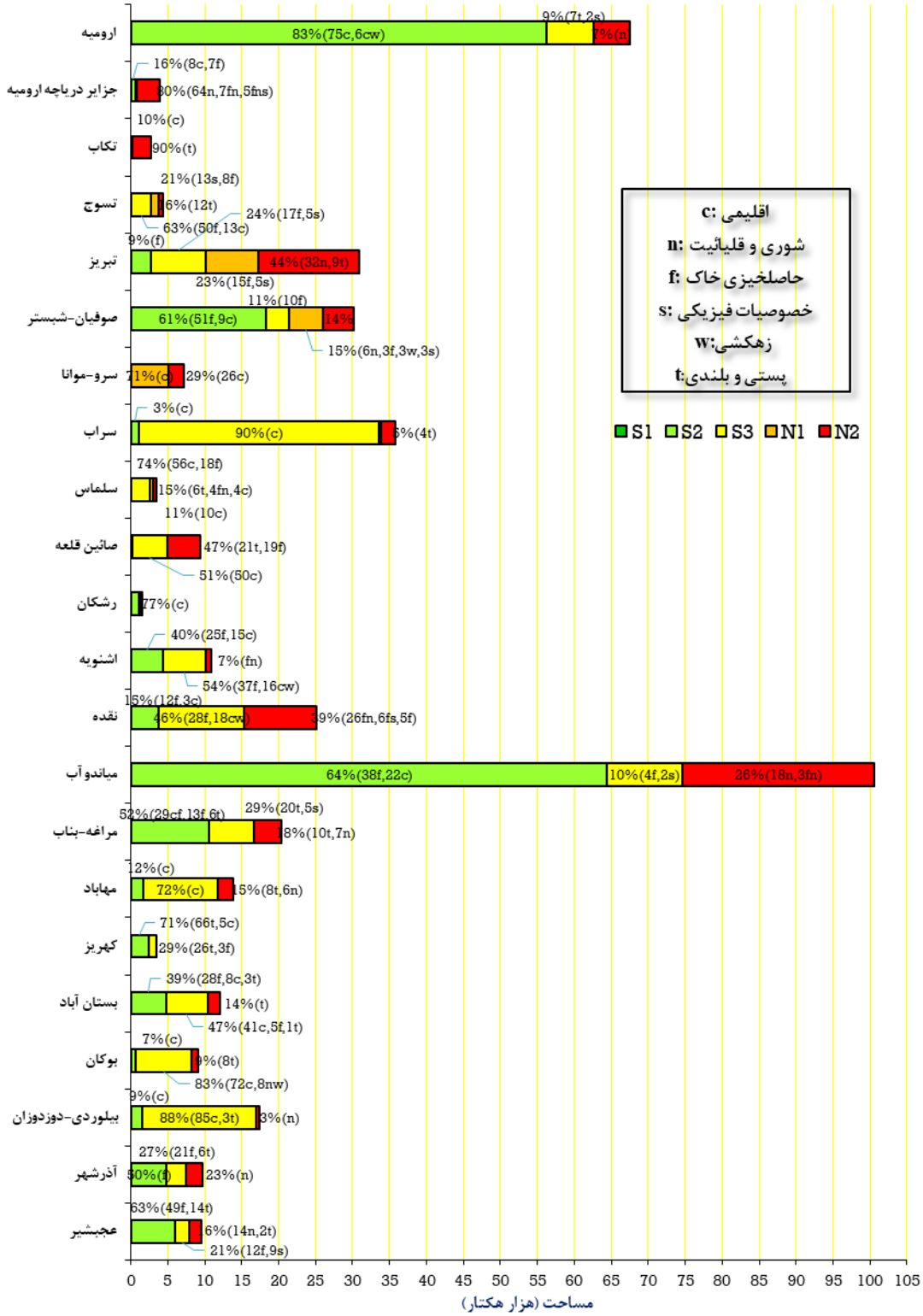
شکل ۷۱. پتانسیل کشت محصول گوجه‌فرنگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۷۲. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای گوجه‌فرنگی

جدول ۳۴. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای گوجه‌فرنگی

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	543561/17	71/01	S2	311020/62	40/63	S2 c	145065/21	18/95
						S2 cf	9870/28	1/29
						S2 cw	7334/70	0/96
						S2 f	132109/32	17/26
						S2 s	1609/86	0/21
						S2 t	15031/26	1/96
			S3	232540/54	30/38	S3 c	131841/83	17/22
						S3 cf	434/16	0/06
						S3 cw	10227/46	1/34
						S3 f	52608/77	6/87
						S3 n	1662/01	0/22
						S3 nw	1858/89	0/24
						S3 s	12087/72	1/58
						S3 t	21436/60	2/80
						S3 w	383/11	0/05
اراضی نا مناسب (N)	221881/42	28/99	N1	31347/01	4/10	N1 c	9287/47	1/21
						N1 f	10881/14	1/42
						N1 n	4694/86	0/61
						N1 s	5018/25	0/66
						N1 w	1465/28	0/19
			N2	147428/95	19/26	N2 c	3427/56	0/45
						N2 f	9586/96	1/25
						N2 fn	18535/85	2/42
						N2 fns	399/62	0/05
						N2 fs	2594/86	0/34
						N2 ft	271/36	0/04
						N2 n	72433/39	9/46
						N2 ns	2563/63	0/33
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	3036/32	0/40
						N2 st	98/90	0/01
						N2 t	33946/31	4/43
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

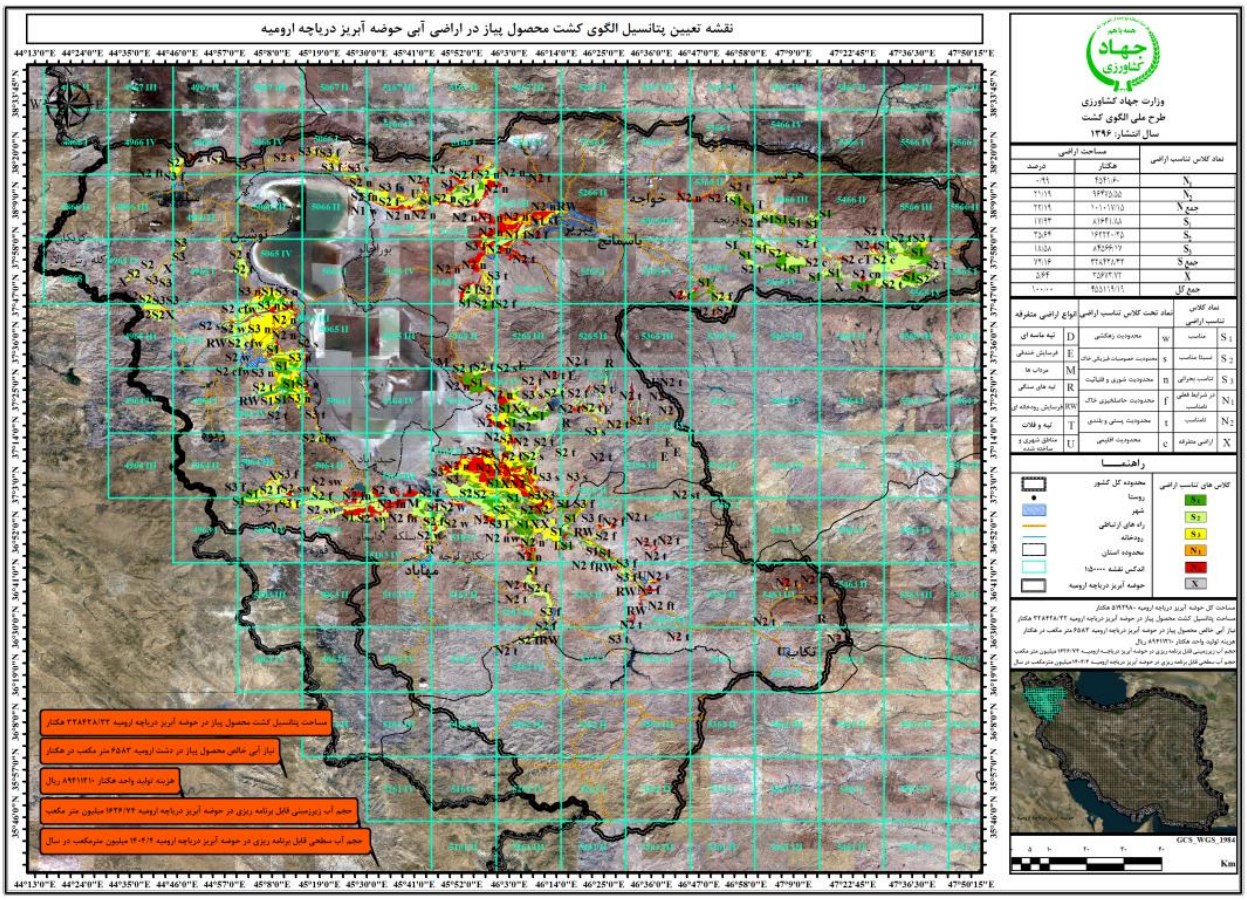


شکل ۷۳. پتانسیل کشت گوجه‌فرنگی در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

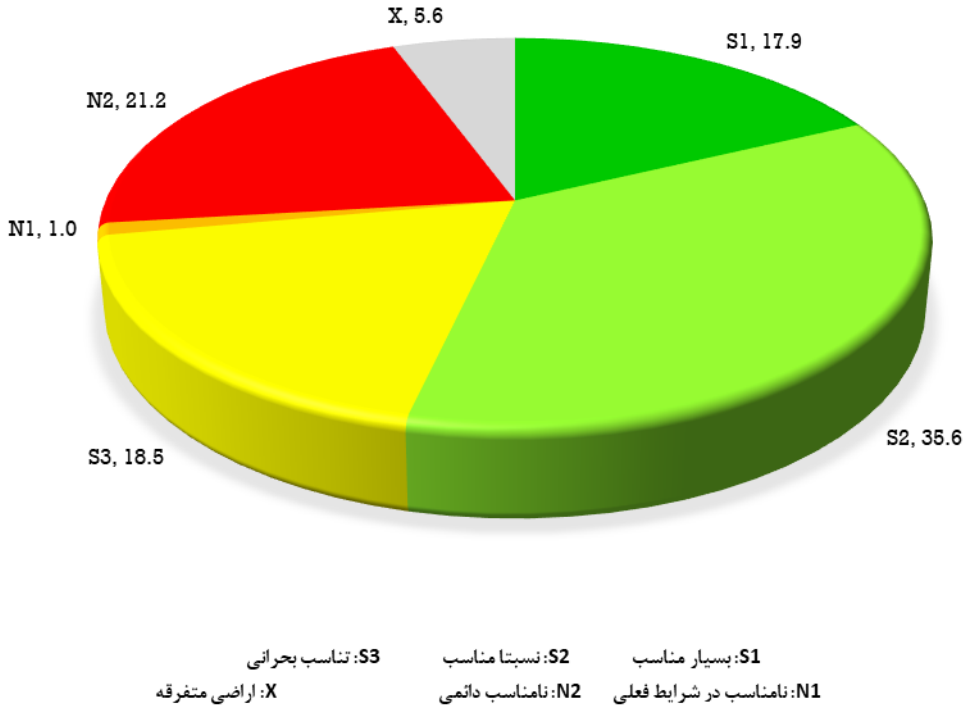
پیاز (*Allium cepa* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت پیاز نشان می‌دهد که حدود ۵۵۱ هزار هکتار (۷۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول پیاز در رده مناسب (S) و حدود ۲۱۳ هزار هکتار (۲۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. نزدیک ۱۳۷ هزار هکتار (۱۸٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول پیاز دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۷۲ هزار هکتار (۳۶٪) از اراضی مطالعه شده است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۴۲ هزار هکتار (۱۹٪) از کل اراضی آبی است. ۲۱۳ هکتار (۲۸٪) از اراضی با محدودیت های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای پیاز در شکل ۷۴ و ۷۵ ارائه شده است.

شکل ۷۶ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت پیاز را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. جز دشت‌های تکاب (به دلیل محدودیت زیاد ناشی از پستی و بلندی) و جزایر دریاچه ارومیه (عمدتاً به دلیل شوری زیاد) که برای کشت پیاز نامناسب است، بخش عمده‌ای از سایر دشت‌های حوضه برای کشت پیاز در رده مناسب قرار می‌گیرند. بیش از ۷۴ هزار هکتار از اراضی دشت میاندوآب، بیش از ۶۲ هزار هکتار از اراضی دشت ارومیه و بیش از ۳۳ هزار هکتار از دشت سراب برای کشت پیاز در رده مناسب قرار دارند. حاصلخیزی خاک، زهکشی، اقلیم و پستی و بلندی عوامل محدودکننده‌ای هستند که در حد متوسط تولید محصول پیاز را در بیشتر دشت‌های حوضه تحت تاثیر قرار می‌دهند. شوری و قلیائیت بالا و پستی و بلندی نیز مهم‌ترین عواملی هستند که سبب می شوند بخشی از اراضی دشت‌ها برای کشت پیاز در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح قرار بگیرند.



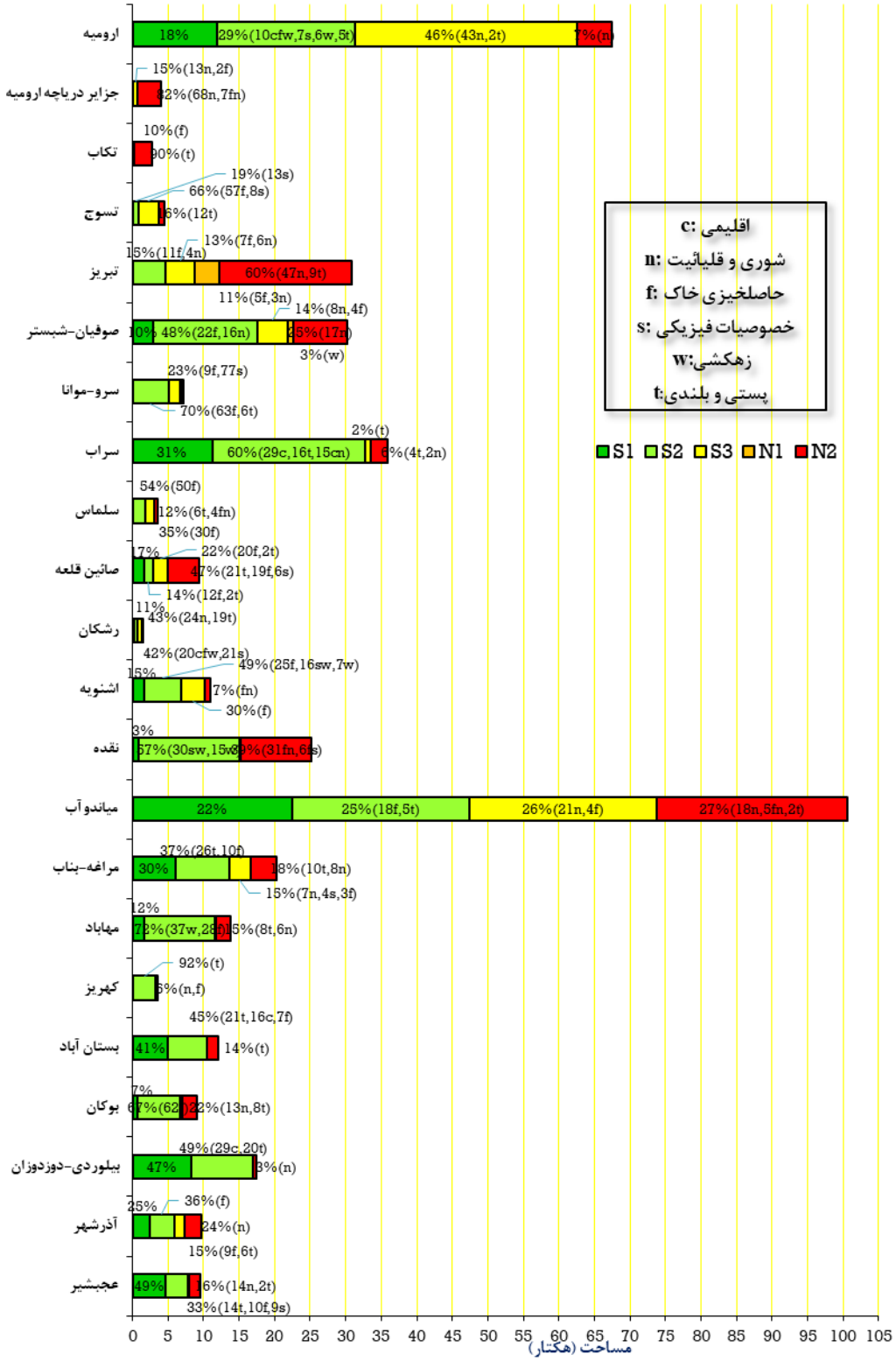
شکل ۷۴. پتانسیل کشت پیاز در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۷۵. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای پیاز

جدول ۳۵. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای پیاز

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	55175 1/05	72/08	S1	137023	17/90	S1	137023/60	17/90
			S2	272697 /70	35/63	S2 c	29957/51	3/91
						S2 cfw	12080/87	1/58
						S2 cn	9093/71	1/19
						S2 f	98736/99	12/90
						S2 fn	3982/34	0/52
						S2 fs	129/16	0/02
						S2 fw	1147/38	0/15
						S2 n	10746/65	1/40
						S2 s	14014/79	1/83
						S2 sw	15469/95	2/02
						S2 t	54054/66	7/06
						S2 w	23283/67	3/04
			S3	142029 /75	18/56	S3 f	32422/41	4/24
						S3 fs	1423/25	0/19
						S3 n	95249/58	12/44
						S3 s	5860/41	0/77
						S3 st	271/74	0/04
						S3 t	6418/83	0/84
						S3 w	383/54	0/05
اراضی نا مناسب (N)	21369 1/54	27/92	N1	7769/3 1	1/02	N1 f	2795/68	0/37
						N1 n	1679/84	0/22
						N1 s	1777/16	0/23
						N1 w	1516/63	0/20
			N2	162816 /76	21/27	N2 f	4101/16	0/54
						N2 fn	24021/66	3/14
						N2 fns	399/62	0/05
						N2 fs	2594/86	0/34
						N2 ft	271/36	0/04
						N2 n	92220/74	12/05
						N2 ns	2392/42	0/31
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	4559/85	0/60
						N2 st	98/90	0/01
						N2 t	31622/01	4/13
			X	43105/	5/63	اراضی	43105/46	5/63
			جمع کل				765442/59	100/00

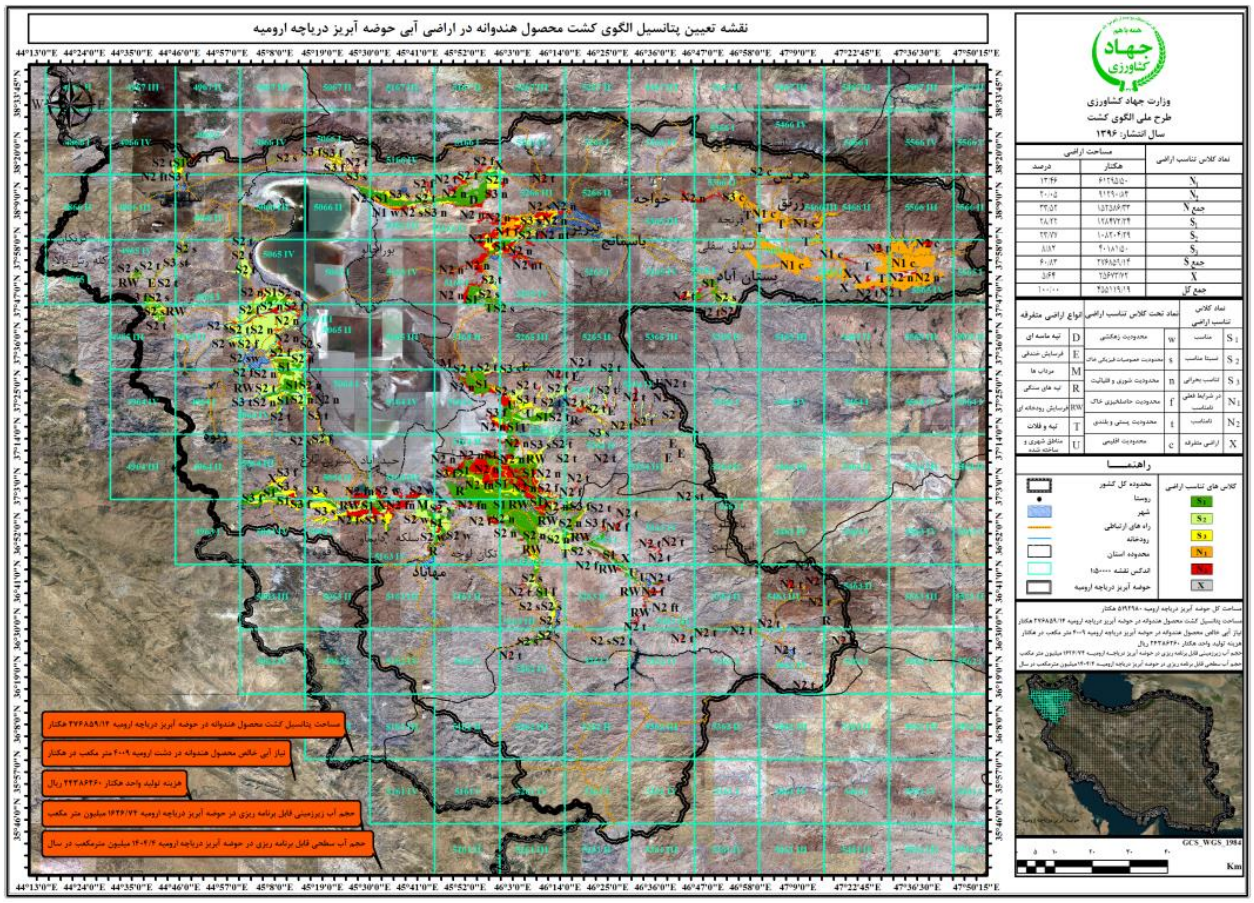


شکل ۷۶. پتانسیل کشت پیاز در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

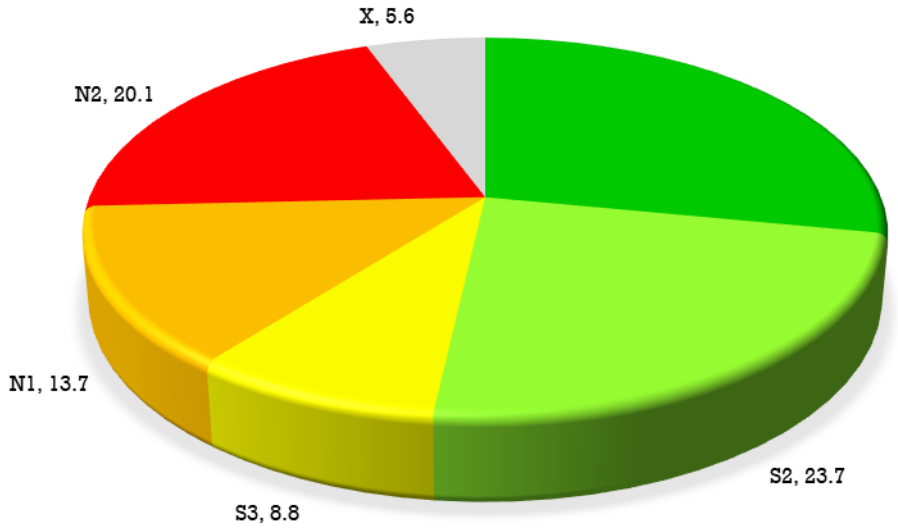
هندوانه (*Citrullus lanatus* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت هندوانه نشان می‌دهد که حدود ۴۶۳ هزار هکتار (۶۱٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول هندوانه در رده مناسب (S) و حدود ۳۱۶ هزار هکتار (۳۹٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. نزدیک به ۲۱۴ هزار هکتار (۲۸٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای هندوانه دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۸۱ هزار هکتار (۲۴٪) از اراضی مطالعه شده است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۶۷ هزار هکتار (۹٪) از کل اراضی آبی است. ۳۱۶ هزار هکتار (۳۹٪) از اراضی با محدودیت های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند که ۱۰۴ هزار هکتار (۱۴٪) از این اراضی به دلیل محدودیت های قلیائیت خاک و عوامل فیزیکی در این کلاس قرار می‌گیرد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای هندوانه در شکل ۷۷ و ۷۸ نشان داده شده است.

سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت هندوانه در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل ۷۹ آمده است. حدود ۵۵ هزار هکتار از اراضی دشت میاندوآب، بیش از ۱۵ هزار هکتار از اراضی دشت صوفیان-شبستر و نزدیک به ۱۲ هزار هکتار از اراضی دشت ارومیه برای کشت هندوانه در کلاس S1 قرار می‌گیرد. علاوه بر این، سطح قابل توجهی از اراضی دشت‌های تبریز، سرو-موانا، سلماس، صائین قلعه، اشنویه، نقده، مراغه-بناب، مهاباد، بستان آباد، بوکان، آذرشهر و عجبشیر در کلاس S1 قرار می‌گیرد که سازگاری اکولوژیک بالای هندوانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. با این حال، محدودیت زیاد اقلیمی در دشت‌های سراب و بیلوردی-دوزدوزان، شوری و قلیائیت زیاد جزایر دریاچه ارومیه و پستی و بلندی در دشت تکاب باعث می‌شود که کشت محصول هنداونه در این دشت‌ها امکان پذیر نباشد.



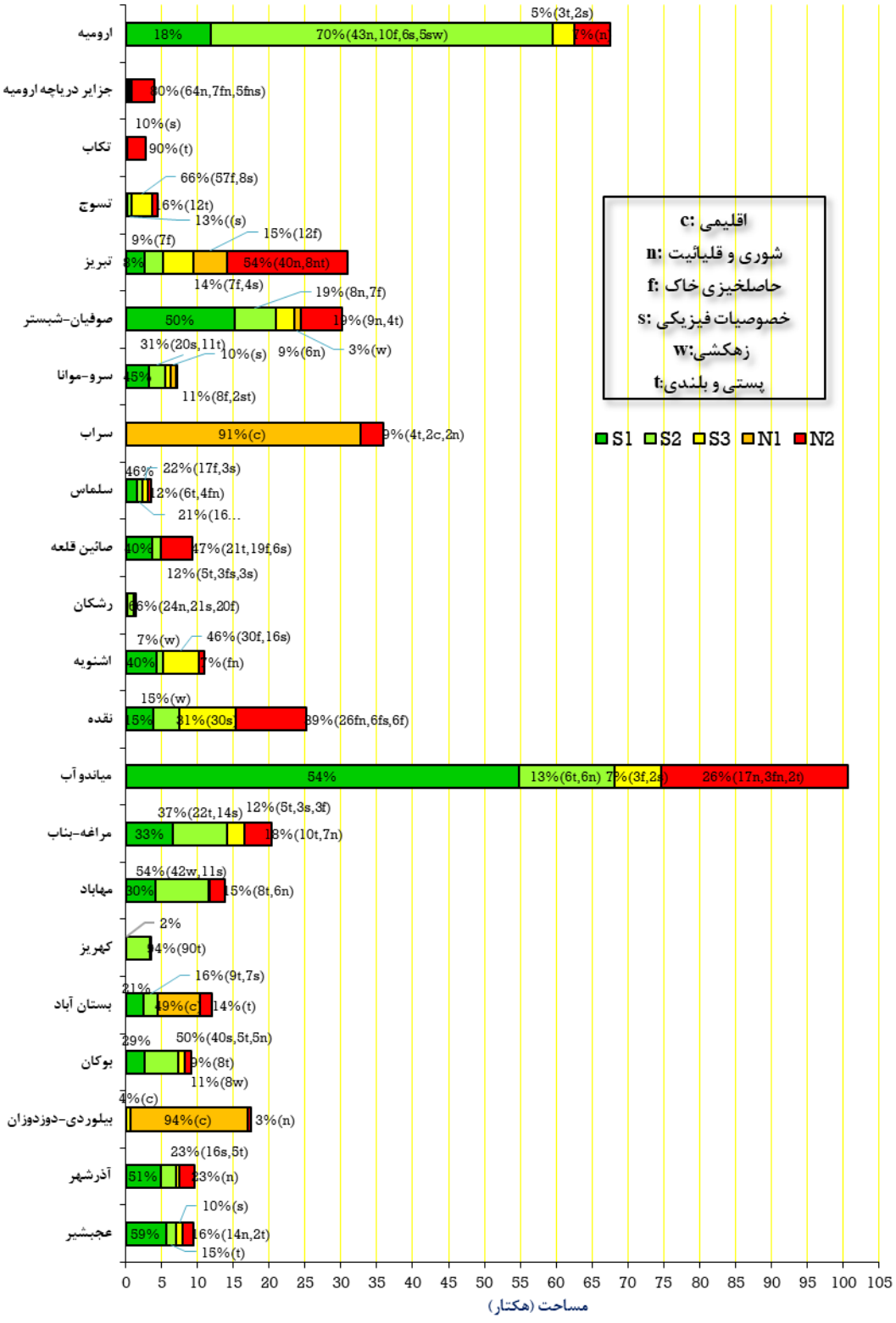
شکل ۷۷. پتانسیل کشت محصول هندوانه آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۷۸. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای هندوانه

جدول ۳۶. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای هندوانه

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیرکلاس (هکتار)	درصد مساحت زیرکلاس
اراضی مناسب (S)	463762/84	60/59	S1	214648/2	28/04	S1	214648/28	28/04
			S2	181738/27	23/74	S2 c	1/01	0/00
						S2 f	20646/77	2/70
						S2 fs	553/58	0/07
						S2 n	66813/74	8/73
						S2 s	29780/09	3/89
						S2 sw	5518/34	0/72
						S2 t	39512/02	5/16
						S2 w	18912/71	2/47
			S3	67376/29	8/80	S3 c	1058/90	0/14
						S3 f	23850/65	3/12
						S3 n	4136/71	0/54
						S3 s	29232/70	3/82
						S3 st	271/74	0/04
						S3 sw	915/91	0/12
						S3 t	5604/79	0/73
						S3 w	2304/90	0/30
اراضی نا مناسب (N)	301679/75	39/41	N1	104494/00	13/65	N1 c	93820/49	12/26
						N1 f	6245/59	0/82
						N1 s	2911/29	0/38
						N1 w	1516/63	0/20
			N2	154080/28	20/13	N2 c	1372/47	0/18
						N2 f	9571/08	1/25
						N2 fn	18551/74	2/42
						N2 fns	399/62	0/05
						N2 fs	2594/86	0/34
						N2 ft	271/36	0/04
						N2 n	79992/48	10/45
						N2 ns	2677/59	0/35
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nt	5236/54	0/68
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	4069/70	0/53
						N2 st	98/90	0/01
						N2 t	28709/77	3/75
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه	43105/46	5/63
			جمع کل				765442/59	100/00

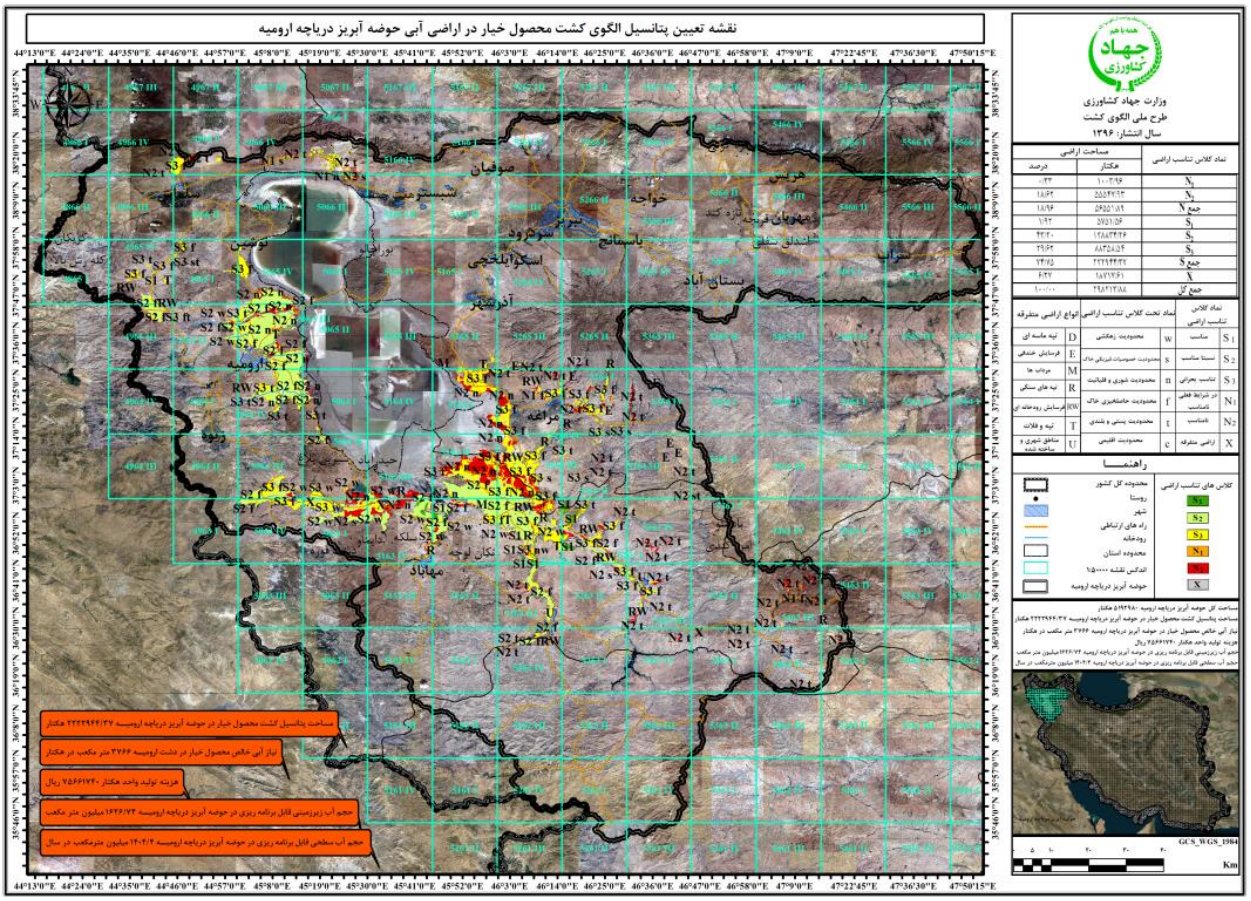


شکل ۷۹. پتانسیل کشت هندوانه در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

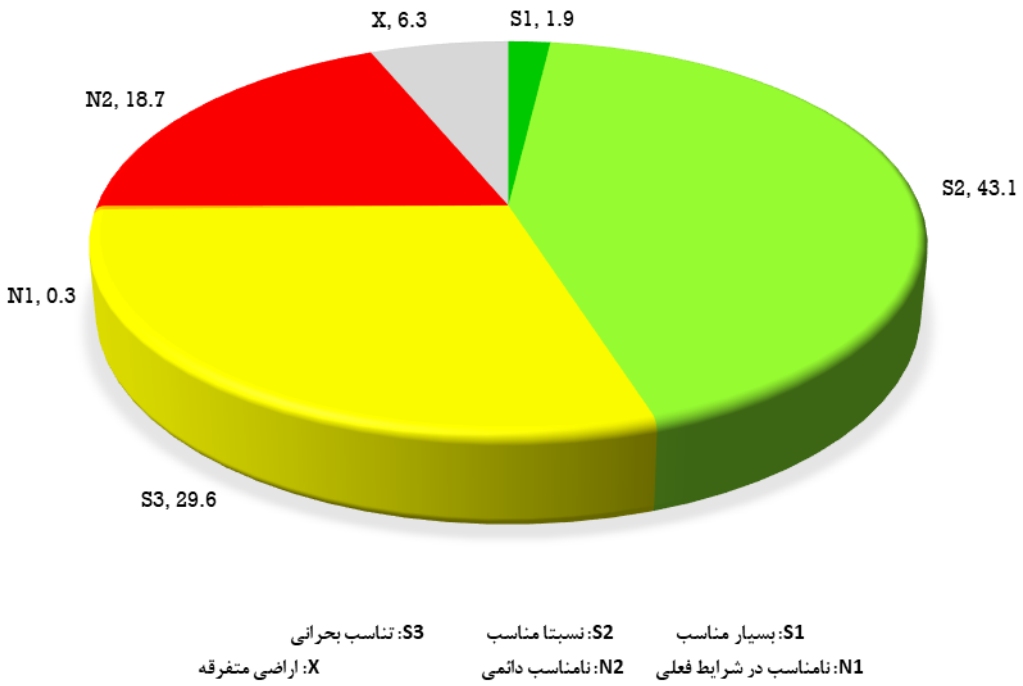
خیار (*Cucumis sativus* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت خیار نشان می‌دهد که حدود ۳۷۱ هزار هکتار (۷۵٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول خیار در رده مناسب (S) و حدود ۱۲۶ هزار هکتار (۲۵٪) در رده نا مناسب (N) قرار دارند. حدود ۹۵۰۰ هکتار (۱/۹۱٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول خیار دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۱۴ هزار هکتار (۴۳٪) از اراضی مطالعه شده است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۴۷ هزار هکتار (۳۰٪) از کل اراضی آبی است. ۱۲۶ هزار هکتار (۲۵٪) از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای خیار در شکل ۸۰ و ۸۱ ارائه شده است.

شکل ۸۲ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت خیار را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که به غیر از جزایر ارومیه به دلیل شوری و قلیائیت زیاد و دشت تکاب به دلیل محدودیت پستی و بلندی، در بیشتر دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه سطح قبل توجهی از اراضی برای کشت خیار در رده مناسب قرار می‌گیرند. حاصلخیزی خاک مهم‌ترین عامل محدودکننده خیار در بسیاری از دشت‌ها است، اما در برخی از دشت‌ها مانند دشت نقده عامل زهکشی و دشت ارومیه شوری و قلیائیت غالبیت دارد.



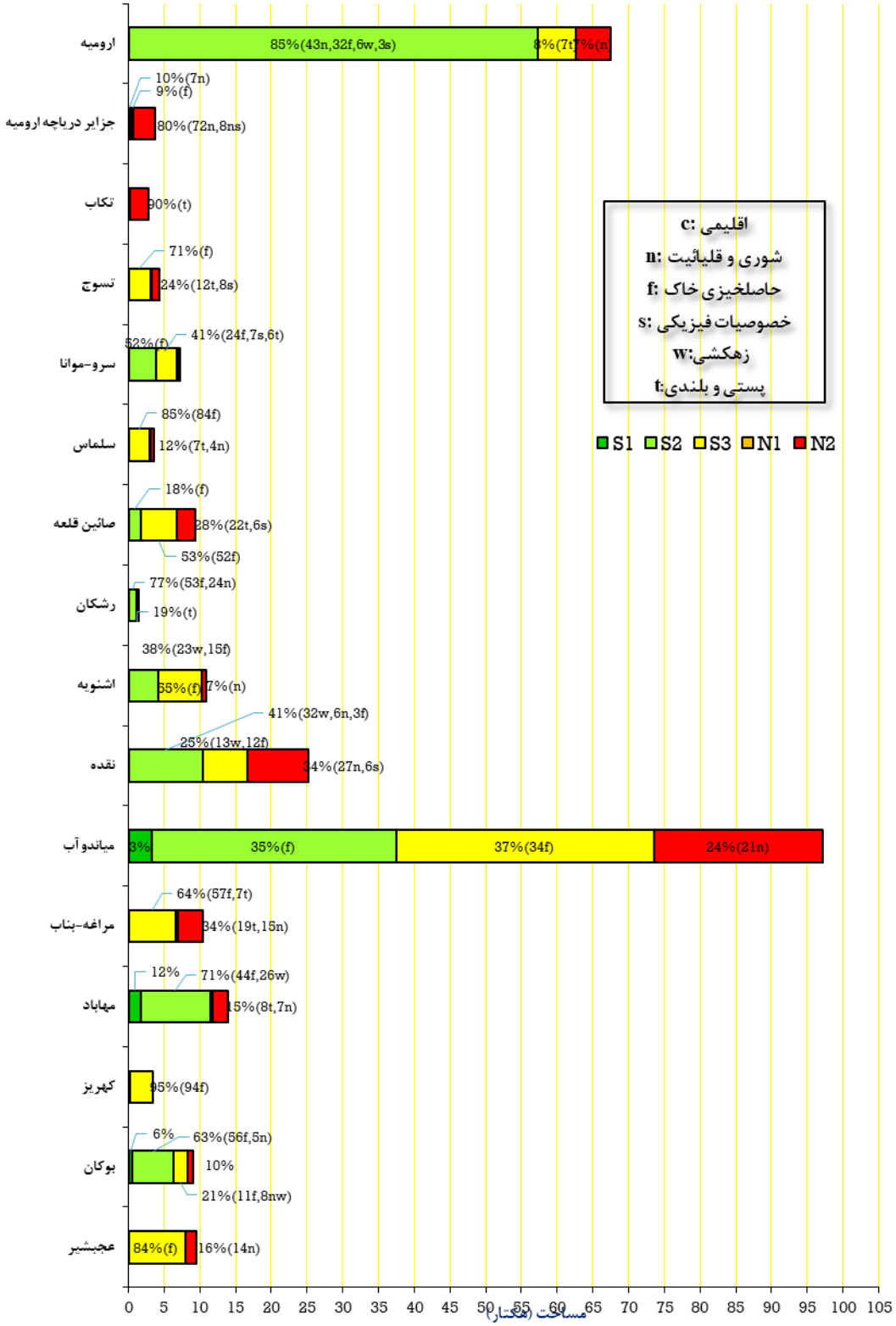
شکل ۸۰. پتانسیل کشت محصول خیار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۸۱. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای خیار

جدول ۳۷. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای خیار

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	371794/84	74/66	S1	9489/95	1/91	S1	9489/95	1/91
			S2	214840/53	43/14	S2 f	125182/82	25/14
						S2 n	54727/56	10/99
						S2 s	3344/95	0/67
						S2 t	482/80	0/10
						S2 w	31102/39	6/25
			S3	147464/36	29/61	S3 f	122764/13	24/65
						S3 ft	93/39	0/02
						S3 nw	1858/89	0/37
						S3 s	3264/57	0/66
						S3 st	271/74	0/05
						S3 t	13648/51	2/74
						S3 w	5563/13	1/12
اراضی نا مناسب (N)	126209/11	25/34	N1	1688/63	0/34	N1 f	840/55	0/17
						N1 n	15/88	0/00
						N1 s	717/95	0/14
						N1 w	114/25	0/02
			N2	93189/86	18/71	N2 n	65718/42	13/20
						N2 ns	1072/51	0/22
						N2 nt	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	4521/63	0/91
						N2 st	98/90	0/02
						N2 t	19931/77	4/00
						N2 w	1312/44	0/26
			X	31330/62	6/29	اراضی متفرقه (X)	31330/62	6/29
جمع کل							498003/95	100/00

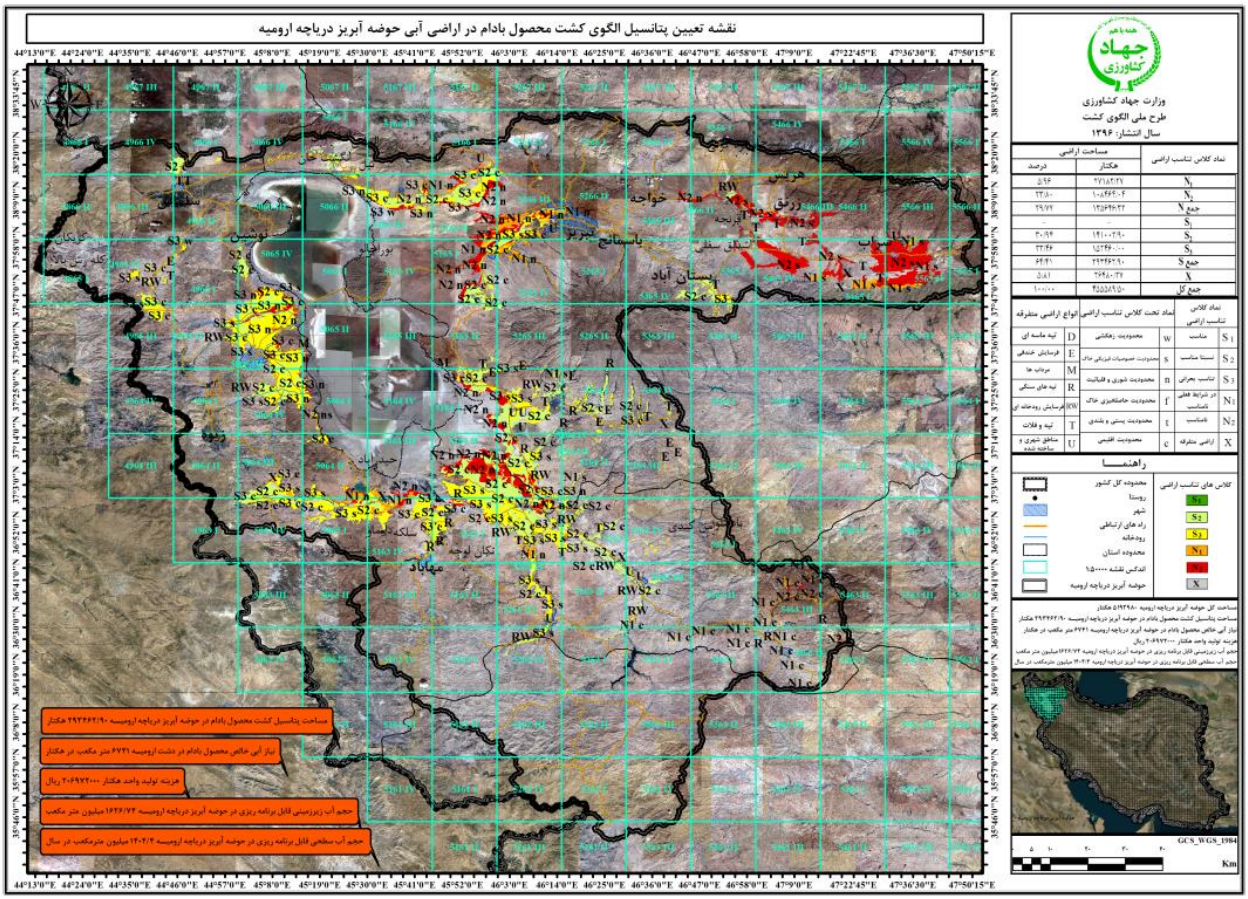


شکل ۸۲. پتانسیل کشت خیار در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

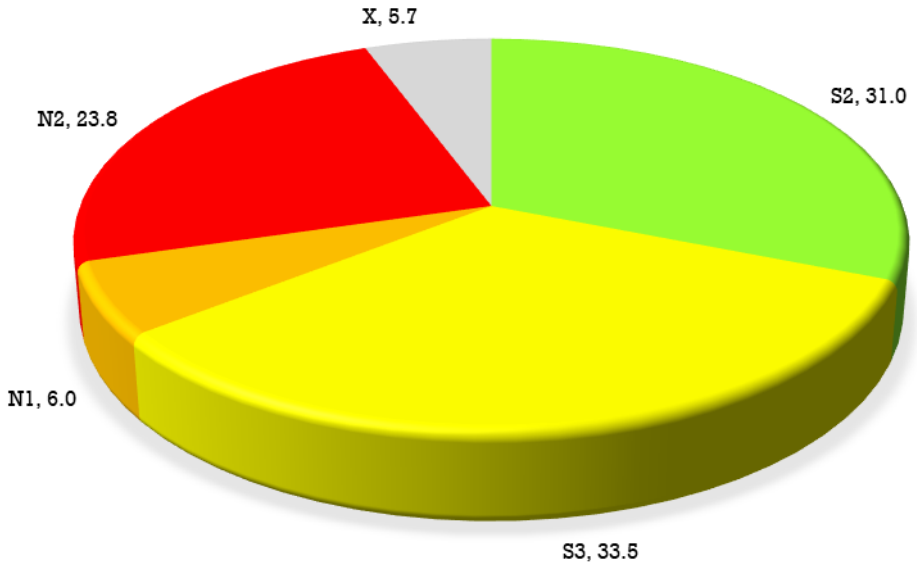
بادام (*Amygdalus communis* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصول بادام نشان می دهد که حدود ۳۱۱ هزار هکتار (۶۴/۵۳ درصد) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول بادام در رده مناسب (S) و حدود ۱۷۱ هزار هکتار (۳۵/۴۷ درصد) در رده نامناسب (N) قرار دارند. محدوده مطالعه شده فاقد کلاس S1 برای محصول بادام بوده اما سطح کلاس‌های S2 و S3 به ترتیب حدود ۳۱ و ۳۳٪ از سطح حوضه است. محدودکننده‌ترین خصوصیات اراضی تناسب متوسط (S2) ویژگی‌های اقلیمی و عوامل فیزیکی خاک و کلاس (S3) نیز به ترتیب اقلیم، خصوصیات فیزیکی، شوری و قلیاییت و زهکشی است. محدودیت های اصلی اراضی نامناسب در این حوضه برای بادام آبی شوری و خصوصیات فیزیکی خاک ا ست. پراکنش ارا ضی منا سب و ن سبتاً منا سب عمدتاً در جنوب شرق، غرب و جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است و شامل مناطق مراغه و عجبشیر، ارومیه و اشنویه است. اراضی نامناسب عمدتاً در مناطق سراب، بستان‌آباد، هریس، میاندوآب، تبریز، اسکو، شبستر و آذرشهر مشاهده می‌شوند. همچنین شرق دریاچه ارومیه بیشتر کلاس‌های نامناسب وجود دارند. نقشه پراکنش کلاس های تنا سب ارا ضی در حو ضه دریاچه ارومیه برای محصول بادام در شکل ۸۳ و ۸۴ ارائه شده است.

شکل ۸۵ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت بادام را در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. بادام به دلیل محدودیت شدید اقلیمی مناسب کشت در دشت تکاب و به دلیل محدودیت زیاد خصوصیت فیزیکی خاک مناسب کشت در دشت سراب نیست. همچنین، بخش عمده‌ای (۹۶٪) از اراضی مطالعه شده دشت‌های بیلوردی-دوزدوزان به دلیل محدودیت شدید فیزیک خاک و در جزایر دریاچه ارومیه (۷۶٪ عمدتاً به دلیل شوری و قلیائیت زیاد) در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح قرار می‌گیرد. محدودیت اقلیمی و تا حدودی نیز محدودیت خ صو صیات فیزیکی خاک و شوری عواملی ه ستند که در حد متو سط تولید محصول را در کلاس‌های S2 و S3 تحت تاثیر قرار می‌دهند.



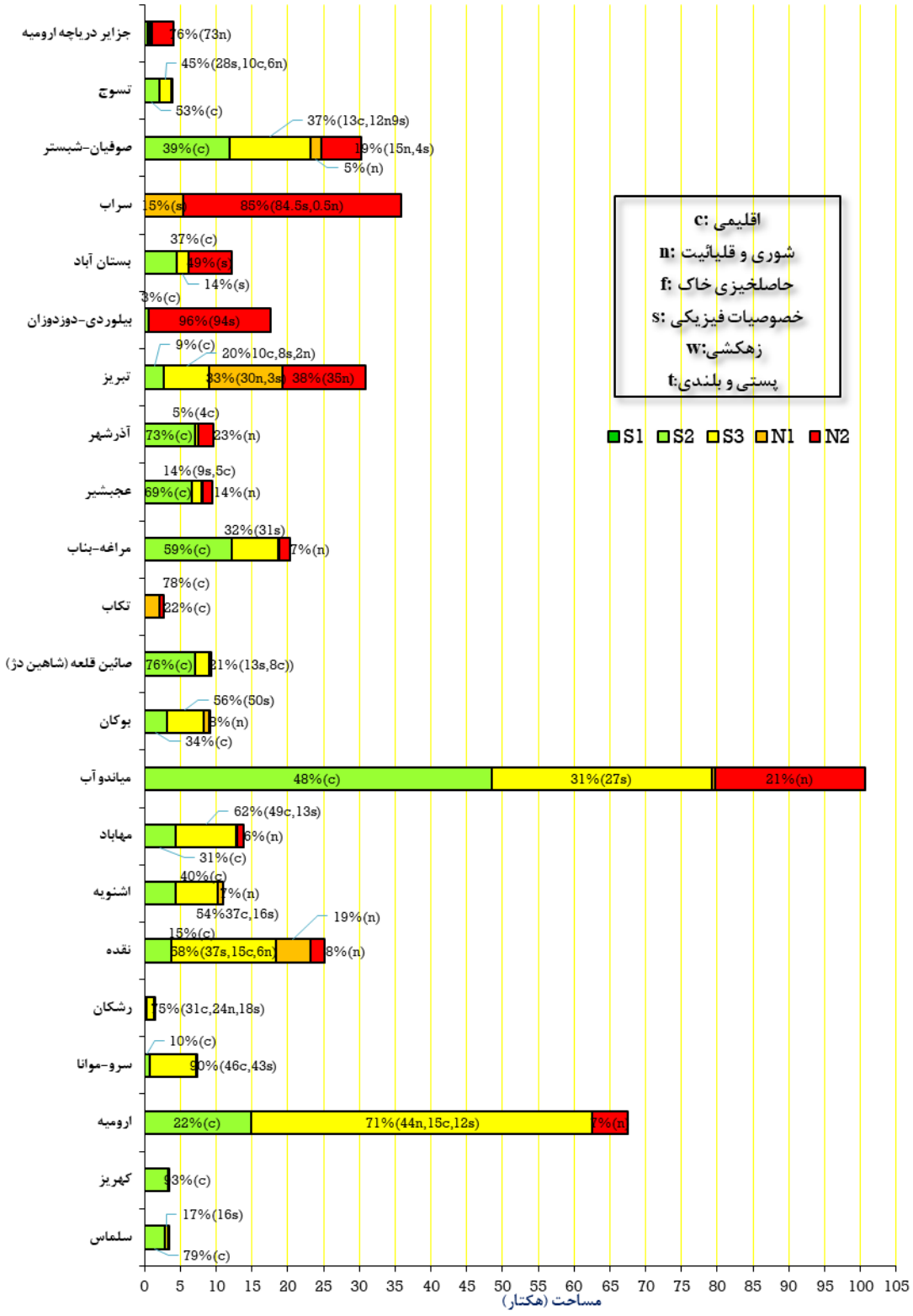
شکل ۸۳. پتانسیل کشت بادام در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۸۴. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای بادام

جدول ۳۸. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای بادام

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	311680/48	64/53	S2	149803/69	31/01	S2 c	149414/85	30/93
						S2 cs	183/64	0/04
						S2 s	205/21	0/04
			S3	161876/78	33/51	S3 c	41803/84	8/65
						S3 n	39989/24	8/28
						S3 nw	99/62	0/02
						S3 s	78262/40	16/20
						S3 w	1721/68	0/36
اراضی نا مناسب (N)	171332/40	35/47	N1	29010/81	6/01	N1 c	2625/89	0/54
						N1 n	18885/67	3/91
						N1 s	7499/25	1/55
			N2	114958/79	23/80	N2 c	636/75	0/13
						N2 n	55516/06	11/49
						N2 ns	1018/17	0/21
						N2 nsw	9/49	0/00
						N2 nw	337/31	0/07
						N2 s	57441/01	11/89
			X	27362/80	5/67	اراضی متفرقه (X)	27362/80	5/67
جمع کل							483012/87	100/00

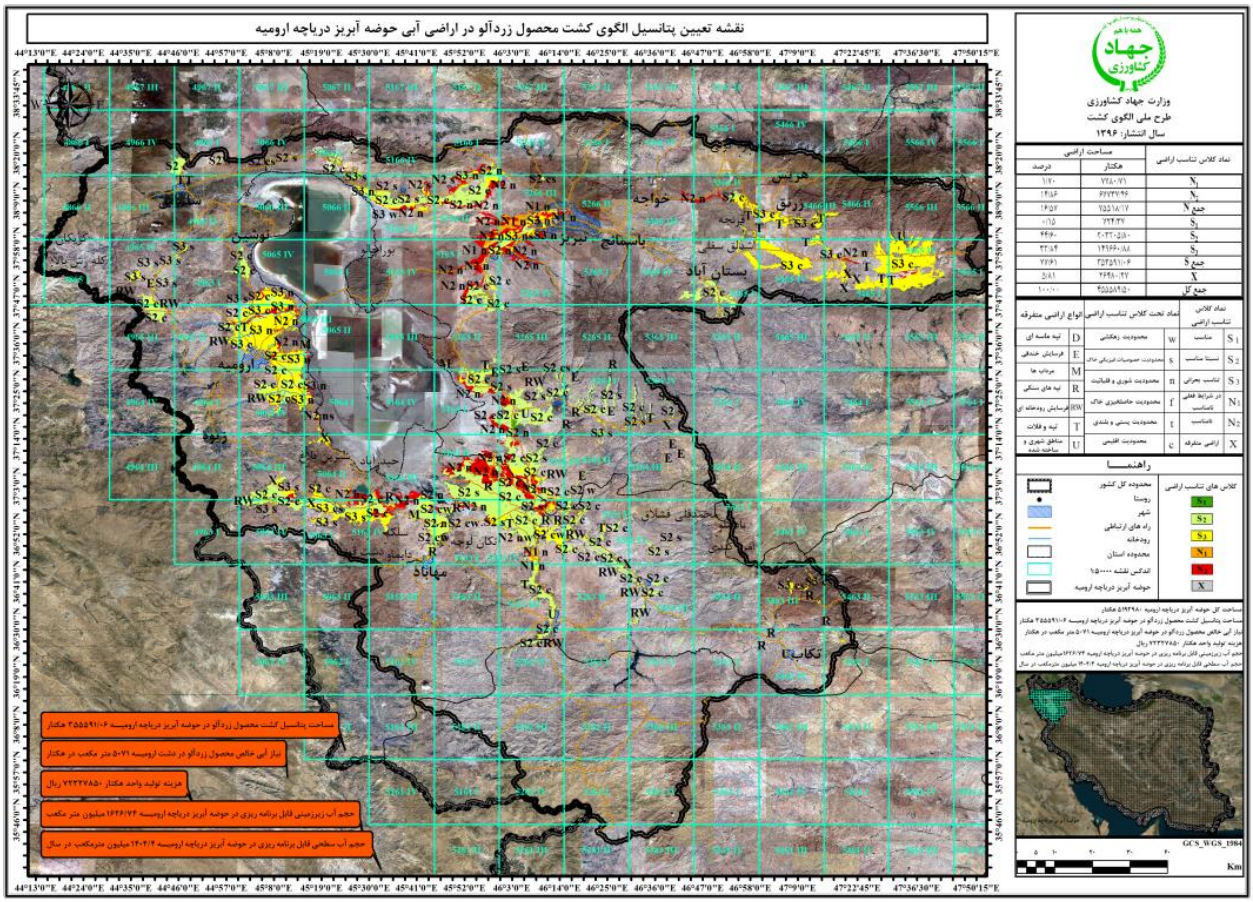


شکل ۸۵. پتانسیل کشت بادام در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

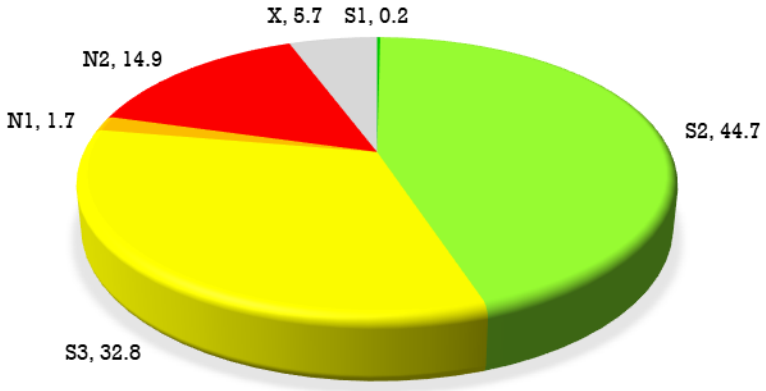
زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)

حدود ۳۷۵ هزار هکتار (۷۷/۷٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای زردآلو در رده مناسب (S) و حدود ۱۰۷ هزار هکتار (۲۲/۳٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. نزدیک به ۷۶۶ هکتار (۰/۱۶ درصد) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای زردآلو دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۲۱۶ هزار هکتار (۴۴٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۵۸ هزار هکتار (۳۳ ٪) از اراضی است. ۸۲۴۰ هکتار (۱/۷ درصد) و ۷۲ هزار هکتار(۱۴ درصد) درصد از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای زردآلو در شکل ۸۶ و ۸۷ ارائه شده است.

سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت زردآلو در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل ۸۸ نشان داده شده است. اراضی واقع در محدوده سراب، هریس و بستان‌آباد به دلیل محدودیت اقلیمی و ارومیه عمدتاً به دلیل محدودیت‌های خاکی دارای تناسب کم (S3) تفکیک شده است. دشت مراغه-بناب که در جنوب شرق حوضه واقع شده عمدتاً تناسب متوسط است. مناطق تبریز، اسکو، میاندوآب و نقده عمدتاً برای زردآلو نامناسب (N1,N2) بوده ولی لکه‌های مناسب (S2,S3) نیز مشاهده می‌شود. دشت تبریز به دلیل محدودیت شوری بیشترین پراکنش اراضی نامناسب را دارد ولی جنوب دشت تبریز شامل آذرشهر اغلب مناسب (تناسب متوسط) و اراضی نامناسب نیز با محدودیت شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی دارد. تناسب اراضی شمال غرب و جنوب غربی حوضه غالباً تناسب متوسط (S2) ولی برخی واحدهای خاک نامناسب (N) است. غرب دریاچه ارومیه اراضی در کلاس‌های تناسب کم و تناسب متوسط (S2 ,S3) است، ولی درصد اراضی کلاس S3 نسبت به بقیه کلاس‌ها بیشتر است.



شکل ۸۶. پتانسیل کشت زردآلو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

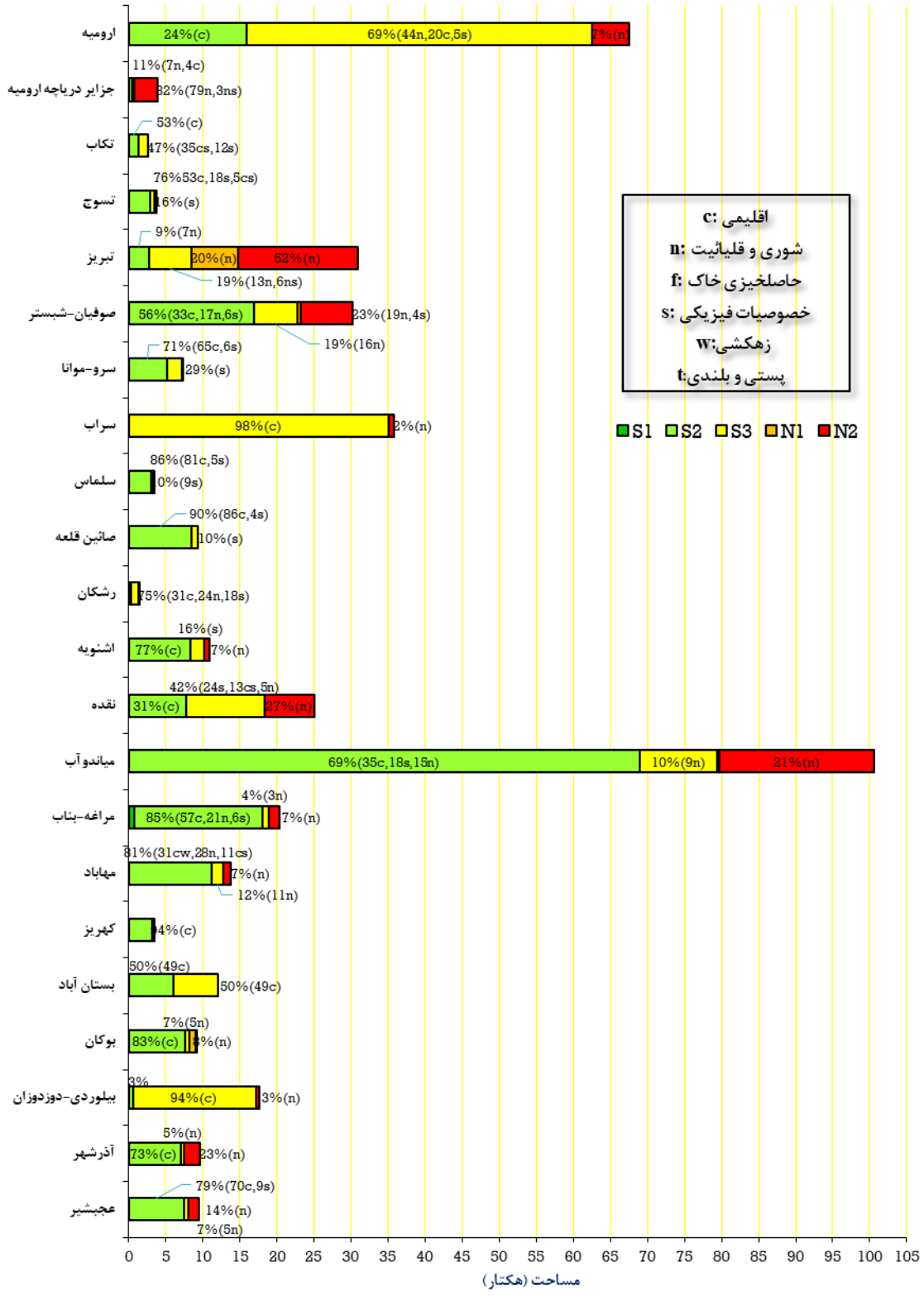


S1: بسیار مناسب S2: نسبتا مناسب S3: تناسب بحرانی
N1: نامناسب در شرایط فعلی N2: نامناسب در شرایط آتی X: اراضی متفرقه

شکل ۸۷. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای زرد

جدول ۳۹. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای زردآلو

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کل اس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	375340/40	77/71	S1	766/24	0/16	S1	766/24	0/16
			S2	216080/64	44/74	S2 c	149781/54	31/01
						S2 cs	2304/85	0/48
						S2 cw	5281/97	1/09
						S2 n	32654/39	6/76
						S2 s	25979/51	5/38
						S2 w	78/39	0/02
			S3	158493/52	32/81	S3 c	75621/99	15/66
						S3 cs	4322/22	0/89
						S3 n	55944/44	11/58
						S3 ns	1740/38	0/36
						S3 s	19883/27	4/12
						S3 w	981/21	0/20
اراضی نا مناسب (N)	107672/47	22/29	N1	8240/16	1/71	N1 n	8212/06	1/70
						N1 s	28/10	0/01
			N2	72069/52	14/92	N2 n	69852/18	14/46
						N2 ns	438/87	0/09
						N2 nw	337/31	0/07
						N2 s	1441/16	0/30
			X	27362/80	5/67	اراضی متفرقه (X)	27362/80	5/67
جمع کل							483012/87	100/00



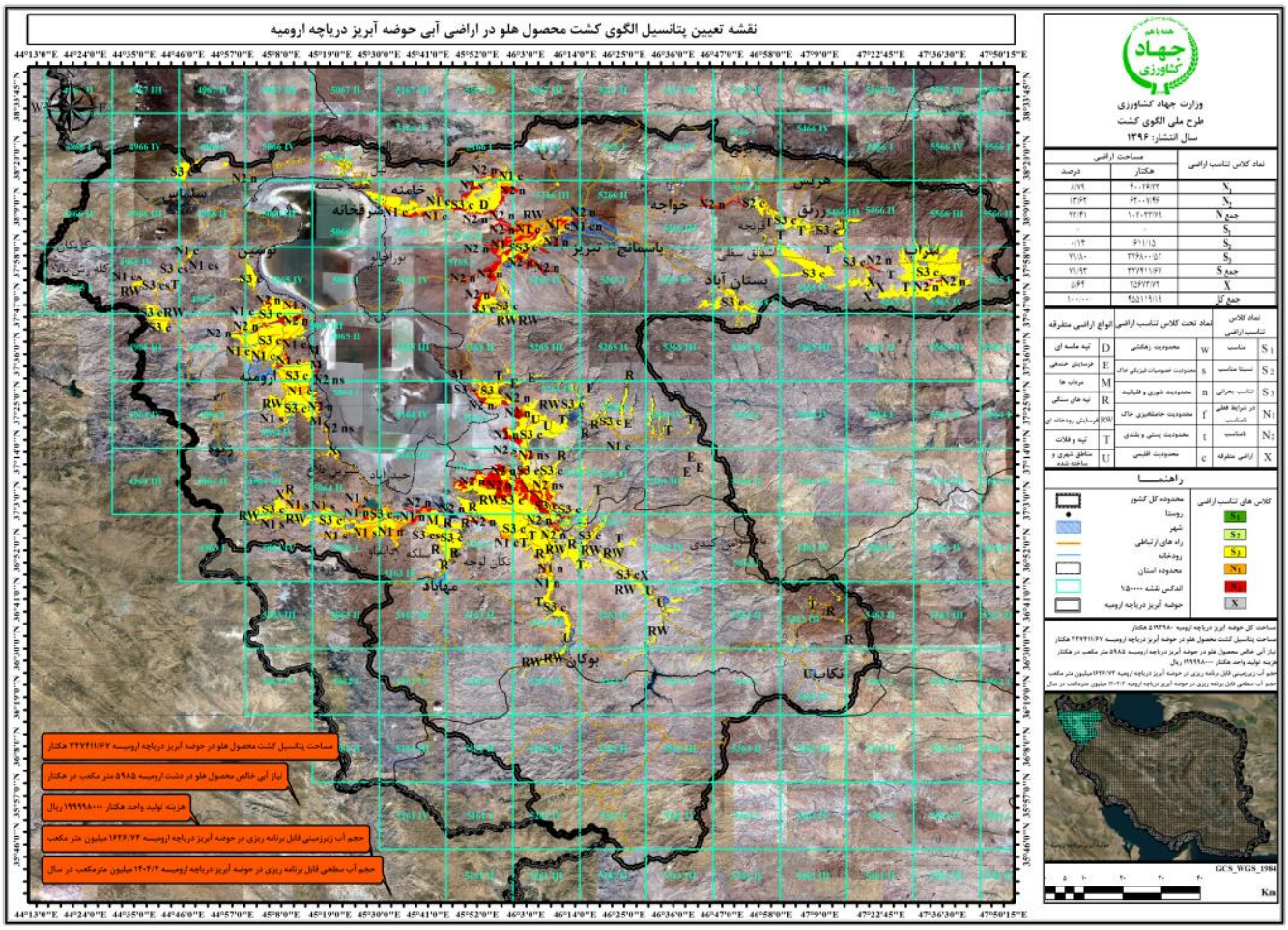
شکل ۸۸. پتانسیل کشت زردآلو در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

هلو (*Prunus Persica*)

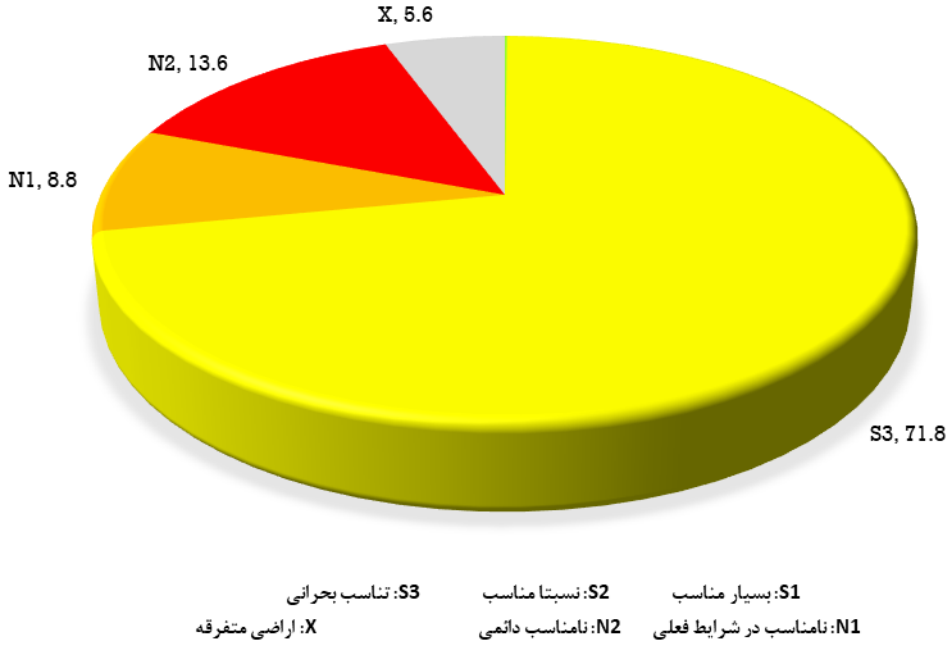
حدود ۵۵۰ هزار هکتار (۷۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول هلو در رده مناسب (S) و ۲۱۴ هزار هکتار (۲۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت‌های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۰۴۹ هکتار (۰/۱۴٪) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۵۴۹ هزار هکتار (۷۱٪) از اراضی است. وسعتی برابر با ۶۷ هزار و ۱۰۴ هزار هکتار از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی نیز به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرد.

شکل‌های ۸۹ الی ۹۱ سطح مطالعه‌شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی را برای کشت هلو در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. کاشت هلو به لحاظ اقلیم در حوضه دریاچه اورمیه در دشت‌های ارومیه و مهاباد به دلیل محدودیت میانگین دما در مرحله گلدهی و پایین بودن متوسط حداقل دما در کلاس نسبتاً مناسب (S2) و در شهرستان‌های تبریز، سراب و مراغه به دلیل پایین بودن دما در دوره رشد در کلاس تناسب کم (S3) قرار می گیرد. بررسی نقشه‌های تناسب اراضی هلو در این حوضه نشان می‌دهد در این حوضه دامنه تغییرات کلاس‌های تناسب اراضی از تناسب متوسط (S2) تا نامناسب دائمی (N2) متغیر است، ولی بخش عمده اراضی در کلاس S3 (تناسب متوسط) طبقه‌بندی می شود. بررسی نتایج طبقه‌بندی تناسب نهایی اراضی برای کاشت هلو در این حوضه نشان می‌دهد شرق حوضه شامل منطقه سراب و بستان‌آباد عمدتاً کلاس S3 ولی لکه‌هایی از کلاس N2 (نامناسب دائمی) وجود دارد. در منطقه هریس عمدتاً تناسب کم (S3) ولی کلاس‌های با تناسب متوسط و نامناسب دائمی نیز وجود دارد. محدودیت اصلی کشت هلو در این محدوده اقلیم، شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی است. غرب و جنوب غرب حوضه کلاس اصلی S3 (تناسب کم) ولی لکه‌های کوچکی از اراضی نامناسب (N1,N2) به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. در این موقعیت دشت‌های ارومیه، اشنویه و نقده قرار گرفته و خصوصیات اراضی نامناسب برای کشت هلو عمدتاً اقلیم، شوری و قلیاییت است. در اراضی بررسی شده شمال غرب و شمال حوضه نظیر سلماس، کلاس‌های S3 با مخلوط N1 و N2 تفکیک شده است. محدودیت‌های عمده این مناطق مشابه سایر مناطق آذربایجان غربی (اقلیم، شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی) است. در جنوب

حوضــه ارومیه مناطق شــاهین دژ، بوکان و مهاباد قرار دارند که در این محدوده کلاس‌های S3 تا N2 طبقه‌بندی می شود، ولی کلاس اصلی S3 است. در دشت تبریز اکثر مناطق دارای کلاس‌های N1 و N2 ولی به صورت موضعی اراضی با تناسب کم وجود دارد و عوامل خاکی محدودیت غالب است. شرق منطقه مراغه نیز عمدتاً S3 ولی اراضی با کلاس N1 مشاهده می شود. در شرق دریاچه ارومیه شامل اسکو و آذرشهر به ترتیب بیشتر کلاس‌های N2 و S3 تفکیک شده است که نشان‌دهنده محدودیت‌های زیاد پارامترهای نظیر اقلیم، شــوری و قلیاییت و خصــوصــیات فیزیکی اســت. در منطقه جنوب شــرق دریاچه ارومیه شامل شهرهای عجبشیر، بناب و ملکان به ترتیب کلاس‌های S3 و N2 و N1 مشاهده می‌شــود. در دشــت میاندوآب که در جنوب دریاچه ارومیه قرار دارد بخش اعظم اراضــی برای هلو در کلاس S3 ولی کلاس‌های N2 و N1 نیز با محدودیت‌های اقلیم و شوری و قلیاییت تفکیک شده است. به طور کلی اراضی مطالعه شده برای هلو در آذربایجان غربی از S3 تا N2 و بخش اعظم اراضی تحت پوشش S3 است. نتایج ارزیابی نهایی نشان می‌دهد که علاوه بر محدودیت‌های اقلیمی خصوصیات فیزیکی محدودکننده‌ترین ویژگی‌ها برای کاشت این محصول در این حوضه است. محدودیت‌های اصلی اراضی نامناسب در این حوضه برای هلو اقلیم، شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی است.



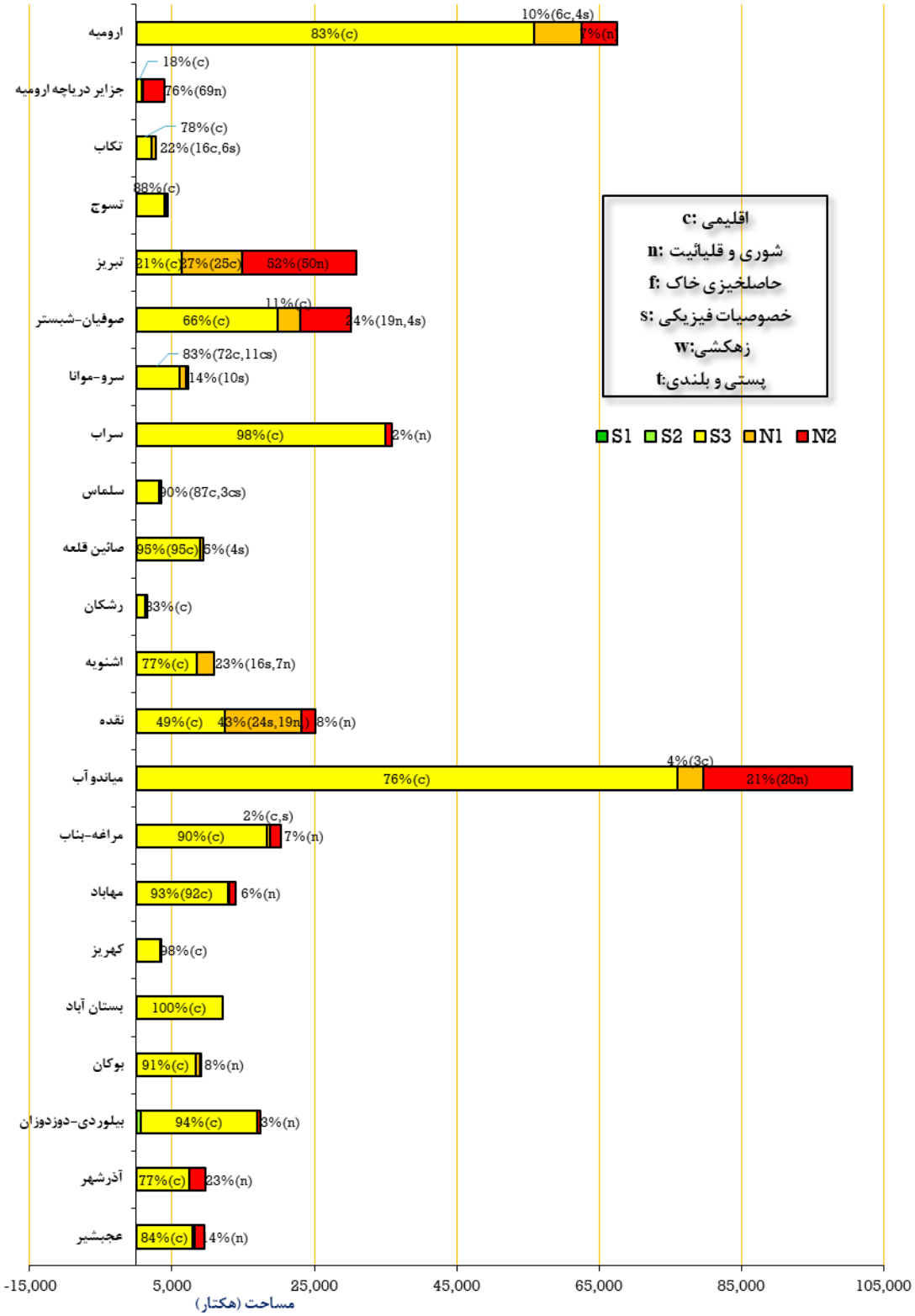
شکل ۸۹. پتانسیل کشت هلو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۹۰. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای هلو

جدول ۴۰. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای هلو

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	550709/71	71/95	S2	1049/40	0/14	S2 c	1049/40	0/14
			S3	549660/31	71/81	S3c	547801/48	71/57
						S3 cs	1740/72	0/23
						S3 s	118/10	0/02
اراضی نا مناسب (N)	214732/88	28/05	N1	67162/50	8/77	N1 c	33020/58	4/31
						N1 cn	915/91	0/12
						N1 cs	439/97	0/06
						N1 n	12279/54	1/60
						N1 s	20506/50	2/68
			N2	104464/92	13/65	N2 n	98803/14	12/91
						N2 ns	1991/74	0/26
						N2 s	3670/04	0/48
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
جمع کل							**765442/59**	**100/00**

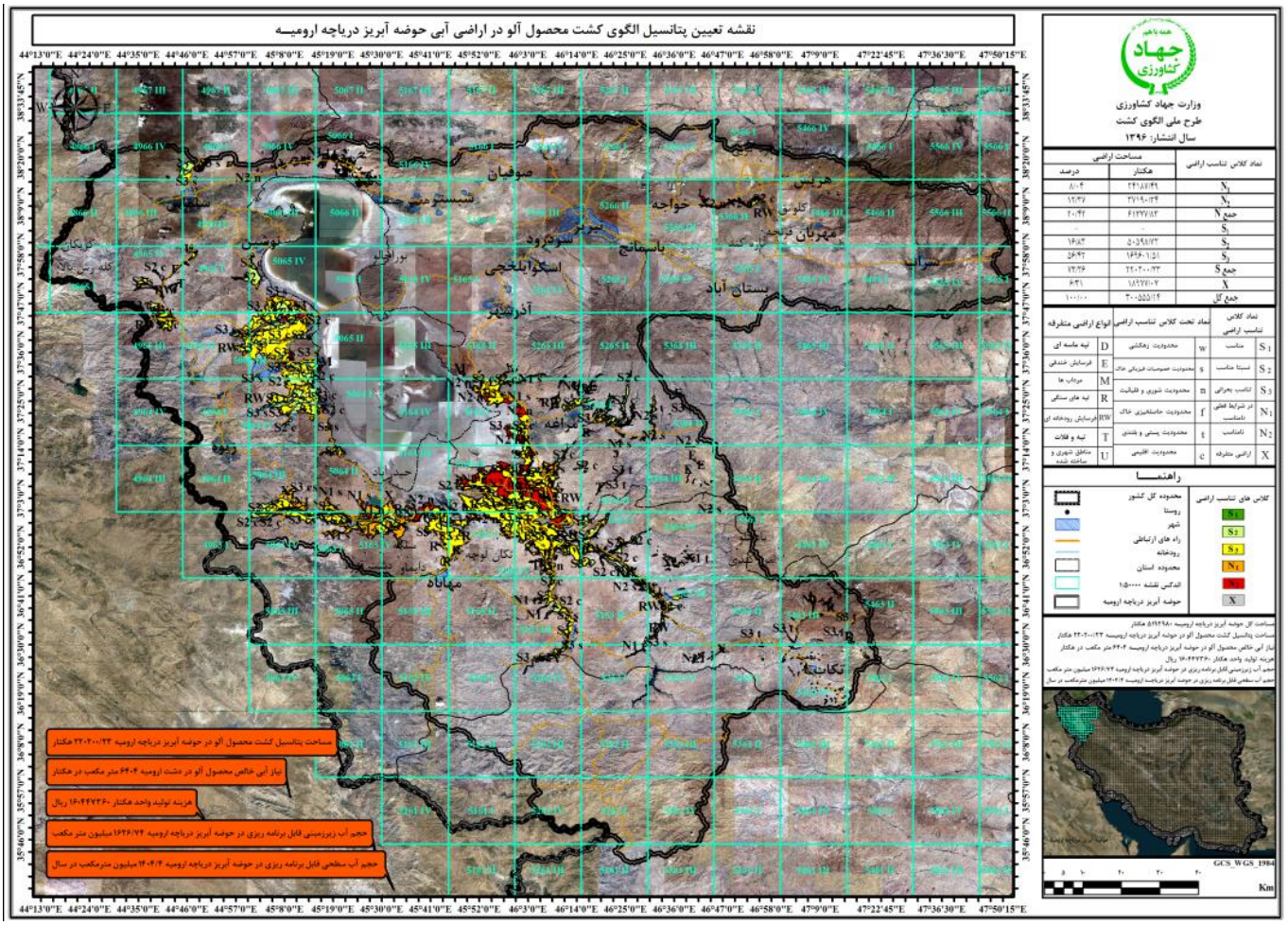


شکل ۹۱. پتانسیل کشت هلو در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

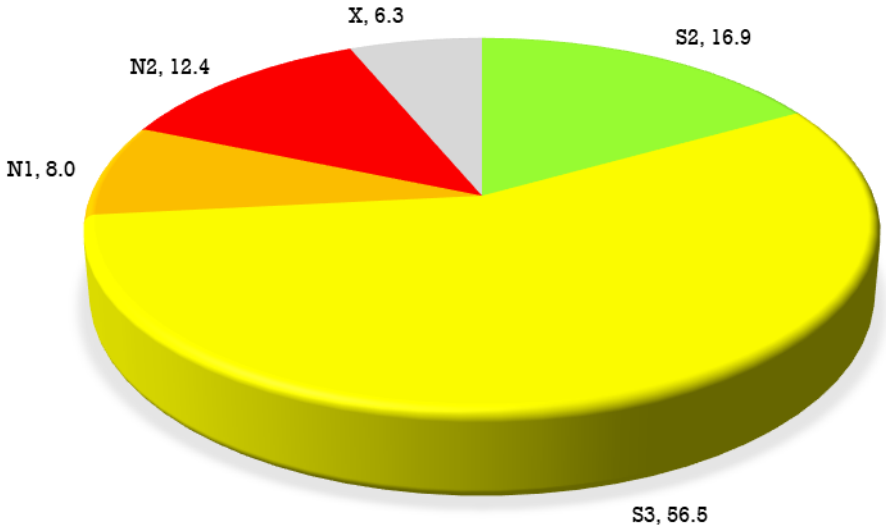
آلو (*Prunus domestica*)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت آلو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می دهد که ۳۶۸ هزار هکتار (۷۳٪) از کل ارا ضی آبی مورد مطالعه برای مح صول آلو در رده منا سب (S) و ۱۳۳ هزار هکتار (۲۷٪) در رده نامنا سب (N) قرار دارند. ارا ضی با کلاس تنا سب ن سبتاً منا سب (S2) حدود ۸۴ هزار هکتار (۱۶٪) و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) حدود ۲۸۳ هزار هکتار (۵۶٪) از اراضی مطالعه شده ا ست. حدود ۸ و ۱۲ هزار هکتار از ارا ضی نیز به ترتیب در کلاس‌های تنا سب نامنا سب قابل ا صلاح (N1) و نامناســـب غیر قابل اصـــلاح (N2) قرار می‌گیرند. ویژگی‌های اقلیمی در کلاس S2 و اقلیم، خ صو صیات فیزیکی، شوری و قلیاییت، پ ستی و بلندی و سیل‌گیری در کلاسS3 به ترتیب محدود کننده‌ترین عوامل تولید محصول ا ست. محدودیت‌های ا صلی اراضی نامنا سب در این حو ضه برای آلو، اقلیم، شوری و قلیاییت و خصوصیات فیزیکی است. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای آلو در شکل ۹۲ و ۹۳ ارائه شده است.

شکل ۹۴ سطح مطالعه شده، مساحت و در صد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تنا سب اراضی را برای کشت آلو در د شت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. هیچ یک از د شت‌های حوضه در ســطوح مطالعه‌شــده دارای کلاسS1 برای آلو نیســت و کشــت این محصــول تحت تاثیر عوامل محدودکننده اقلیمی-خاکی قرار می‌گیرد؛ هرچند در مورد بیشتر دشت‌های حوضه، سطح قابل توجهی از ارا ضی مطالعه شده در رده منا سب برای ک شت آلو قرار می‌گیرند. د شت‌های میاندوآب و ارومیه که سطح قابل ملاحظه‌ای از ارا ضی آنها مورد مطالعه قرار گرفته ا ست به ترتیب در بیش از ۷۰ هزار و ۶۰ هزار هکتار از مســاحت آنها پتانســیل کشــت آلو وجود دارد. در رده مناســب، عامل اقلیم مهم‌ترین محدودیت تولید آلو در بیشتر دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده و پس از آن محدودیت ناشی از فیزیک خاک بیشــترین تاثیر را بر تولید این محصــول دارد. شــوری و قلیائیت نیز مهم‌ترین عواملی است که سبب می‌شود بخشی از اراضی مطالعه شده در بیشتر دشت‌های حوضه در رده نامناسب برای آلو قرار بگیرد.



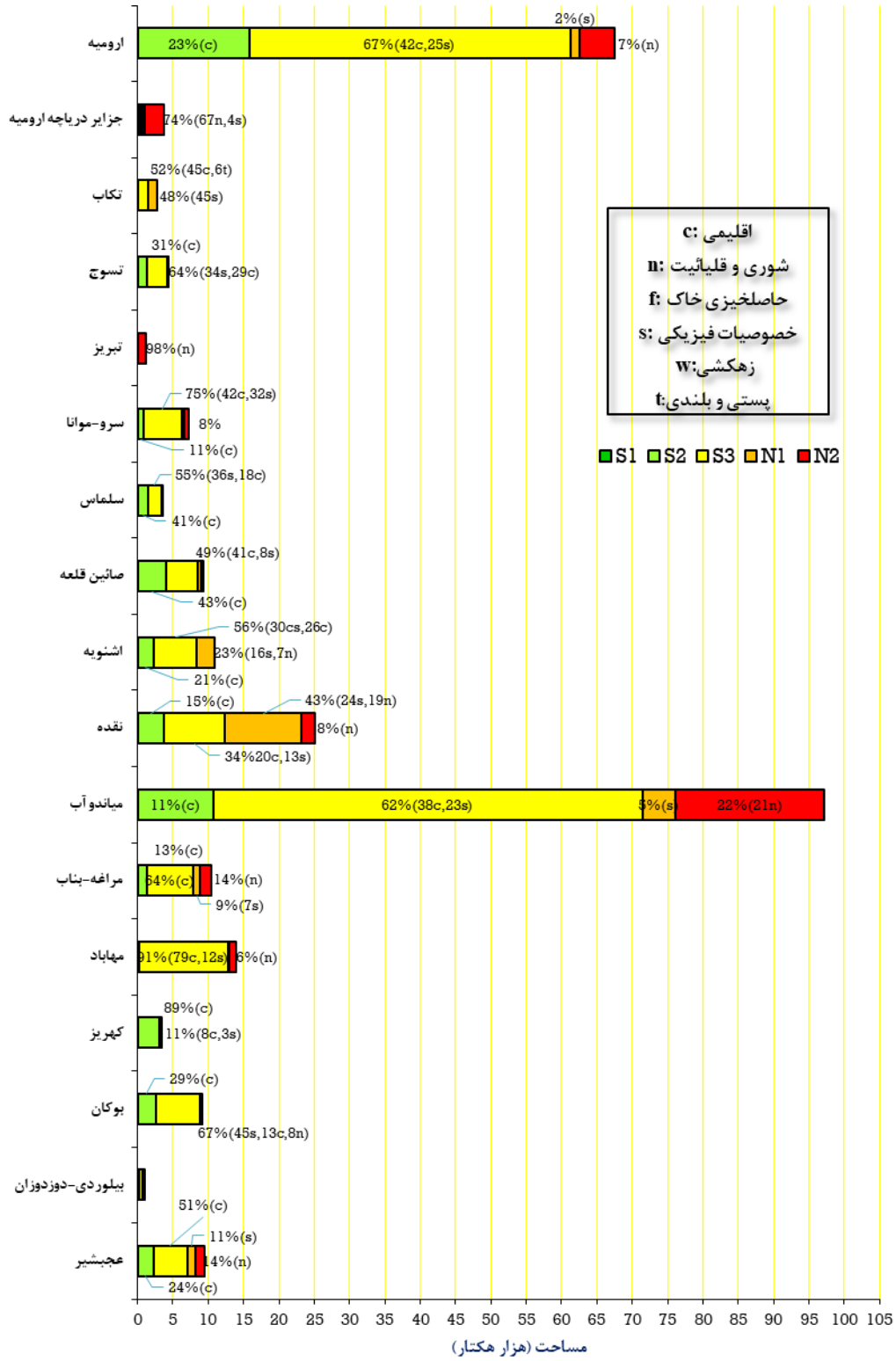
شکل ۹۲. پتانسیل کشت آلو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۹۳. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای آلو

جدول ۴۱. درصد مساحت اراضی آبی در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای آلو

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	368143/08	73/33	S2	84591/00	16/85	S2c	84591/00	16/85
			S3	283552/08	56/48	S3c	181331/31	36/12
						S3cs	5807/48	1/16
						S3n	1858/89	0/37
						S3s	92571/27	18/44
						S3t	556/44	0/11
						S3w	1426/69	0/28
اراضی نا مناسب (N)	133880/18	26/67	N1	40099/29	7/99	N1n	9729/40	1/94
						N1s	28697/25	5/72
						N1t	1672/64	0/33
			N2	62004/83	12/35	N2n	58464/19	11/65
						N2ns	672/89	0/13
						N2s	2867/75	0/57
			X	31776/06	6/33	اراضی متفرقه (X)	31776/06	6/33
جمع کل							502023/26	100/00

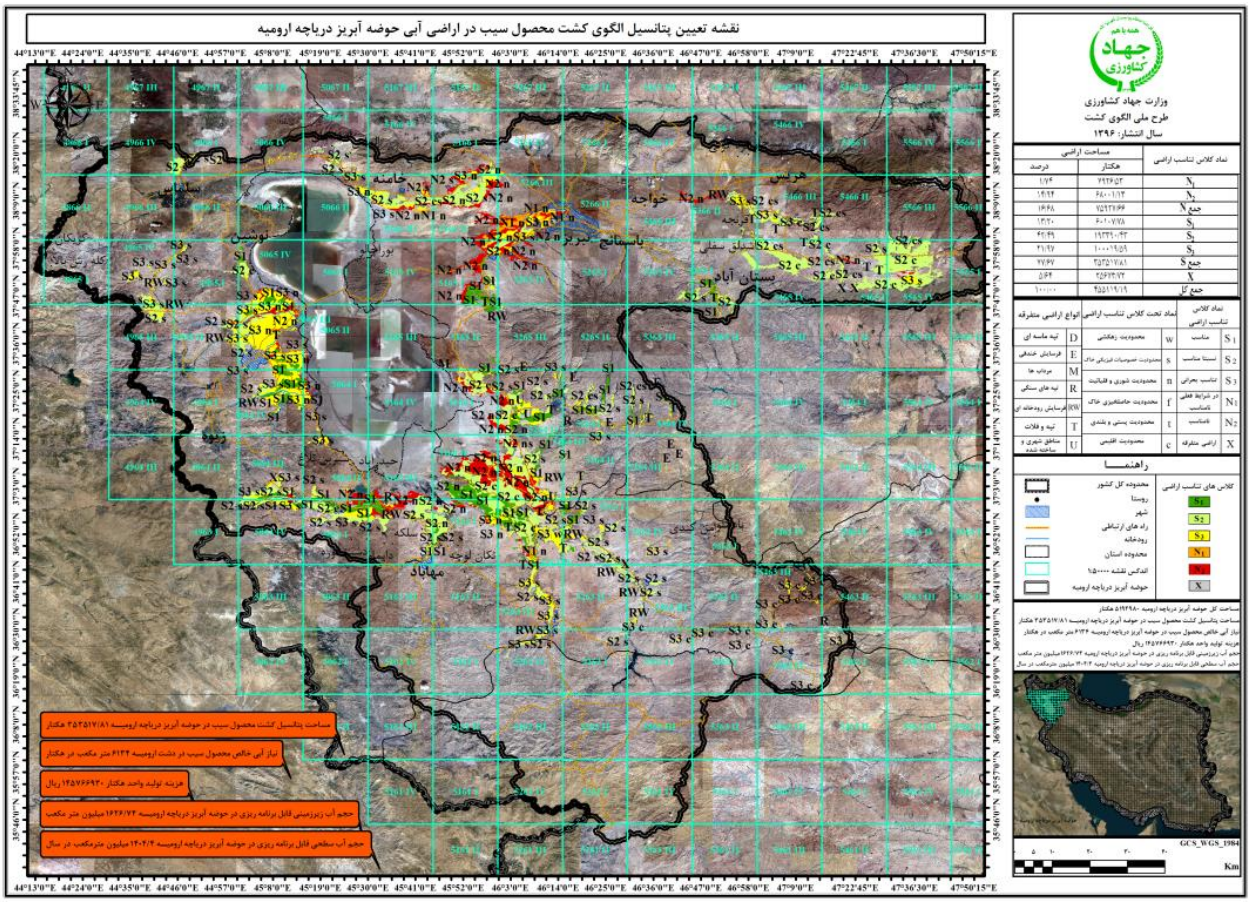


شکل ۹۴. پتانسیل آلو در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

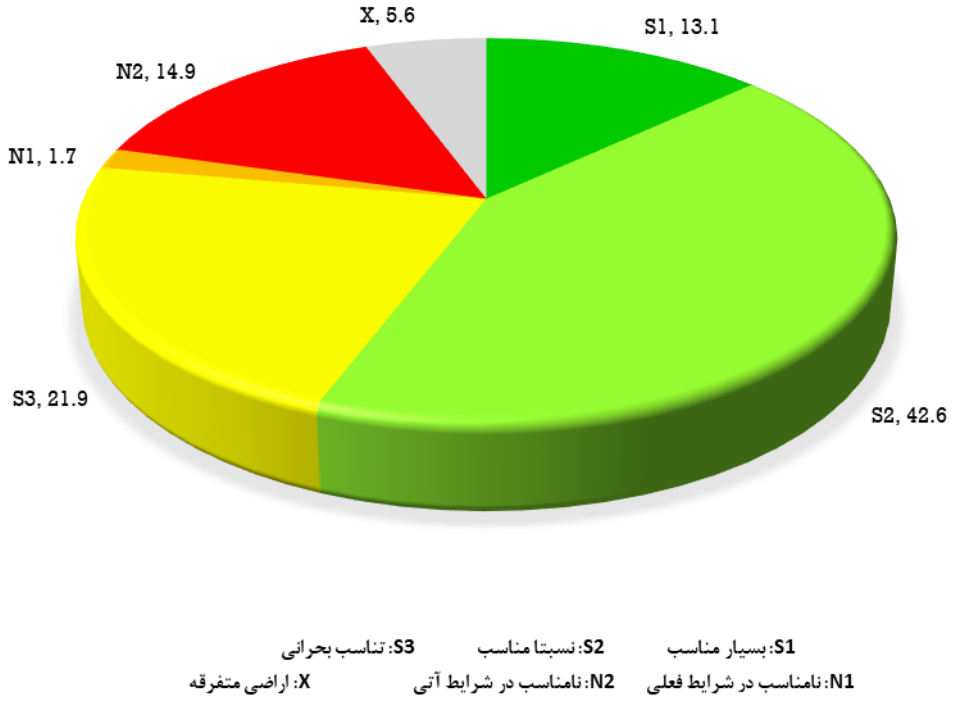
سیب (*Malus domestica*)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای سیب نشان می‌دهد که حدود ۵۹۴ هزار هکتار (۷۸٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سیب در رده مناسب (S) و حدود ۱۷۰ هزار هکتار (۲۲٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. نزدیک ۱۰۰ هزار هکتار (۱۳٪) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول سیب دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) حدود ۳۲۶ هزار هکتار (۲۲٪) و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) نیز حدود ۱۶۸ هزار هکتار (۲۲٪) از اراضی است. محدودکننده‌ترین خصوصیات اراضی تناسب متوسط (S2) ویژگی‌های اقلیمی، شوری و قلیاییت و سیل‌گیری و کلاس(S3) نیز به ترتیب خصوصیات فیزیکی، شوری و قلیاییت و سیل‌گیری است. به طور کلی استان آذربایجان غربی نسبت به آذربایجان شرقی برای کشت و تولید سیب مناسب‌تر است. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سیب در شکل ۹۵ و ۹۶ نشان داده شده است.

شکل ۹۷ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی را برای کشت سیب در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که بخش اعظم اراضی بررسی‌شده غرب و شمال غرب دریاچه ارومیه شامل دشت سلماس و ارومیه دارای تناسب متوسط (S1 تا S3) و قسمت خیلی کوچکی نامناسب است، ولی شرق دریاچه ارومیه، به ویژه تبریز به دلیل شوری خاک برای سیب نامناسب است. مناطق جنوب غرب دشت تبریز عمدتاً اراضی دارای تناسب مناسب برای سیب است. بیشترین پراکنش کلاس‌های نامناسب (N) حوضه ارومیه مناطق مطالعه شده شرق و شمال شرق حوضه است، ولی در جنوب شرق اراضی مناطق ملکان، بناب و عجب شیر به صورت توام مناسب و نامناسب ولی غالبا مناسب است. جنوب حوضه نیز بخش زیادی از اراضی دارای تناسب مناسب بوده ولی برخی واحدهای خاک به علت شوری و قلیائیت زیاد برای سیب نامناسب است. این محدوده شامل دشت‌های میاندوآب، مهاباد، بوکان، نقده و اشنویه هستند. اراضی مجاور شهرهای مراغه، ارومیه و بستان‌آباد بیشترین پراکنش کلاس‌های خیلی مناسب و تناسب متوسط را دارند. اراضی شمال دریاچه و منطقه سلماس بیشترین پراکنش کلاس‌های (S2) تناسب متوسط را دارند.



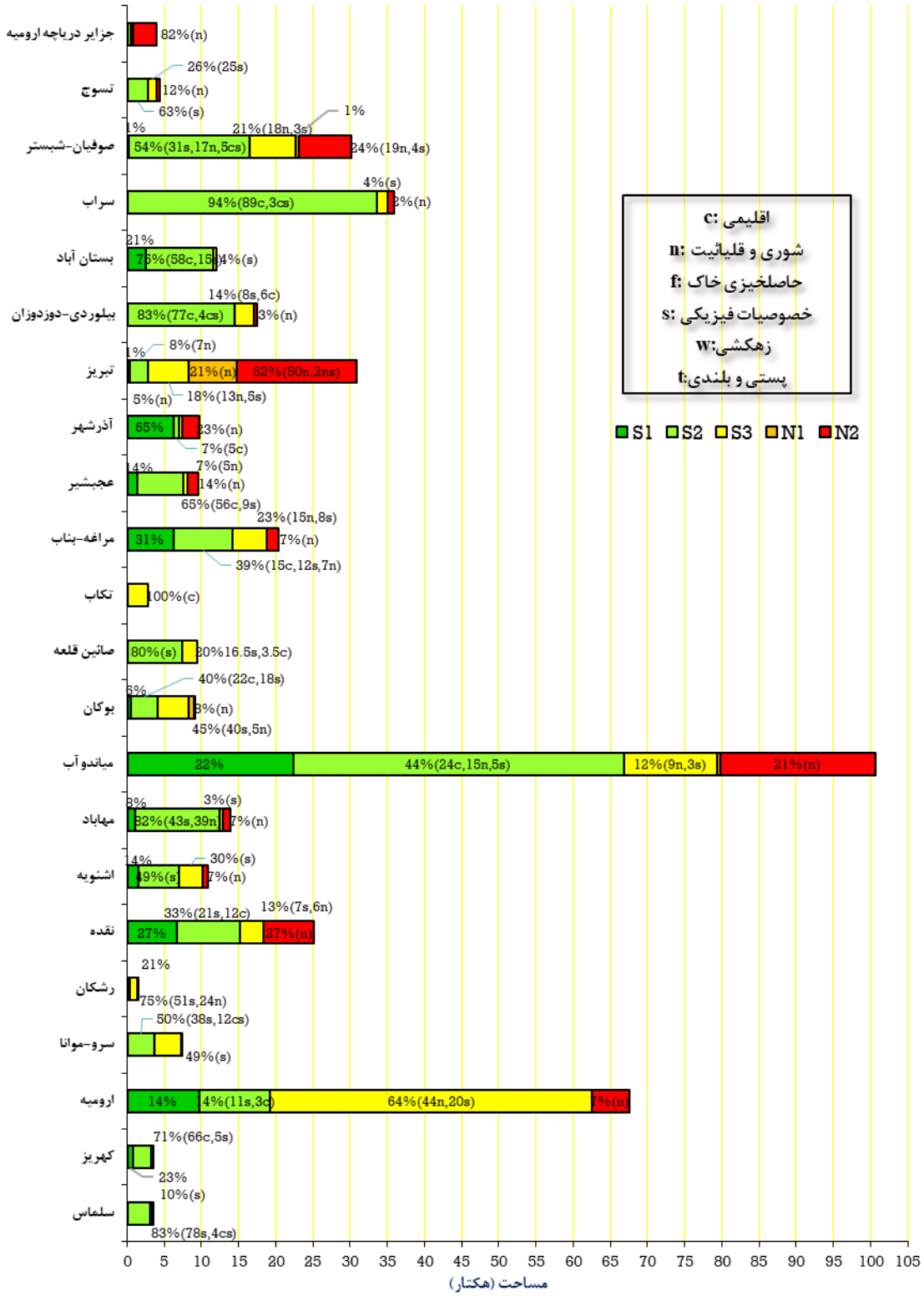
شکل ۹۵. پتانسیل کشت سیب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۹۶. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای سیب

جدول ۴۲. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های تناسب اراضی برای سیب

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	59446 1/05	77/66	S1	100480/32	13/13	S1	100480/32	13/13
			S2	326004/87	42/59	S2 c	160935/89	21/03
						S2 cs	9800/22	1/28
						S2 n	49347/62	6/45
						S2 s	105770/40	13/82
						S2 w	150/73	0/02
			S3	167975/86	21/94	S3 c	6959/88	0/91
						S3 n	91073/97	11/90
						S3 s	68785/21	8/99
						S3 w	1156/80	0/15
اراضی نا مناسب (N)	17098 1/55	22/34	N1	13485/16	1/76	N1 n	13436/95	1/76
						N1 s	48/21	0/01
			N2	114390/92	14/94	N2 n	110735/97	14/47
						N2 ns	1330/66	0/17
						N2 s	2324/29	0/30
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

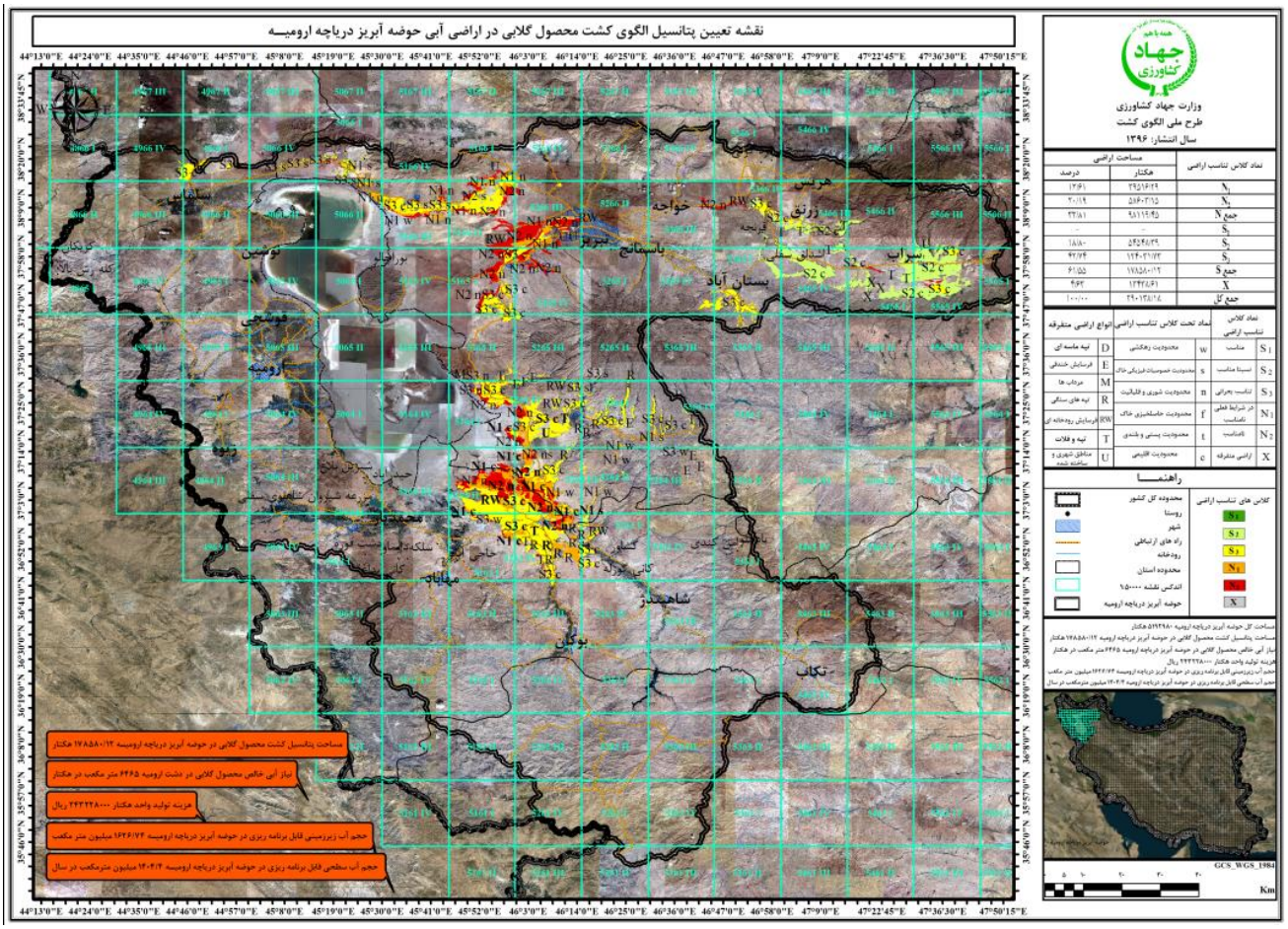


شکل ۹۷. پتانسیل کشت سیب در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

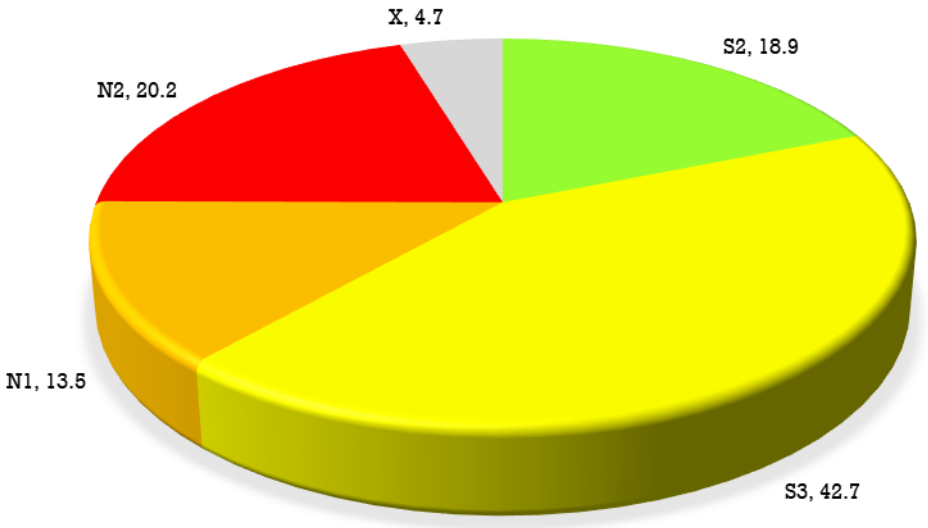
گلابی (*Pyrus communis* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گلابی نشان می‌دهد که حدود ۳۰۲ هزار هکتار (۶۲٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول گلابی در رده مناسب (S) و حدود ۱۸۸ هزار هکتار (۳۸٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) حدود ۹۳ هزار هکتار (۱۹٪) و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) حدود ۲۰۹ هزار هکتار (۴۲٪) از اراضی است. همچنین، ۶۶ هزار و ۹۹ هزار هکتار از اراضی مطالعه‌شده به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرند. مهم‌ترین عوامل محدودکننده در کلاس‌های S2 و S3 به ترتیب اقلیم، خصوصیات فیزیکی، سیل‌گیری و شوری و قلیاییت و در اراضی نامناسب شوری و قلیاییت، خصوصیات فیزیکی و سیل‌گیری است. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای گلابی در شکل ۹۸ و ۹۹ نشان داده شده است.

شکل ۱۰۰ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی را برای کشت گلابی در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. کشت این محصول در دشت‌های حوضه تحت تاثیر محدودیت‌های کم تا زیاد قرار گرفته و فاقد کلاس S1 است. دشت‌های سراب (بیش از ۳۲ هزار هکتار)، بیلوردی-دوزدوزان (نزدیک ۱۵ هزار هکتار)، بستان‌آباد (بیش از ۵ هزار هکتار) و میاندوآب (حدود ۱۴۰۰ هکتار) دشت‌هایی هستند که دارای کلاس S2 برای کشت گلابی بوده و سایر اراضی رده مناسب به کلاس S3 تعلق دارد. محدودیت اقلیمی در حد متوسط مهم‌ترین محدودیتی است که در رده مناسب در بیشتر دشت‌های حوضه کشت گلابی را با مشکل مواجه می سازد و شوری و قلیائیت زیاد نیز باعث می شود بخشی از اراضی مطالعه شده دشت‌ها در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح (N2) قرار بگیرد.



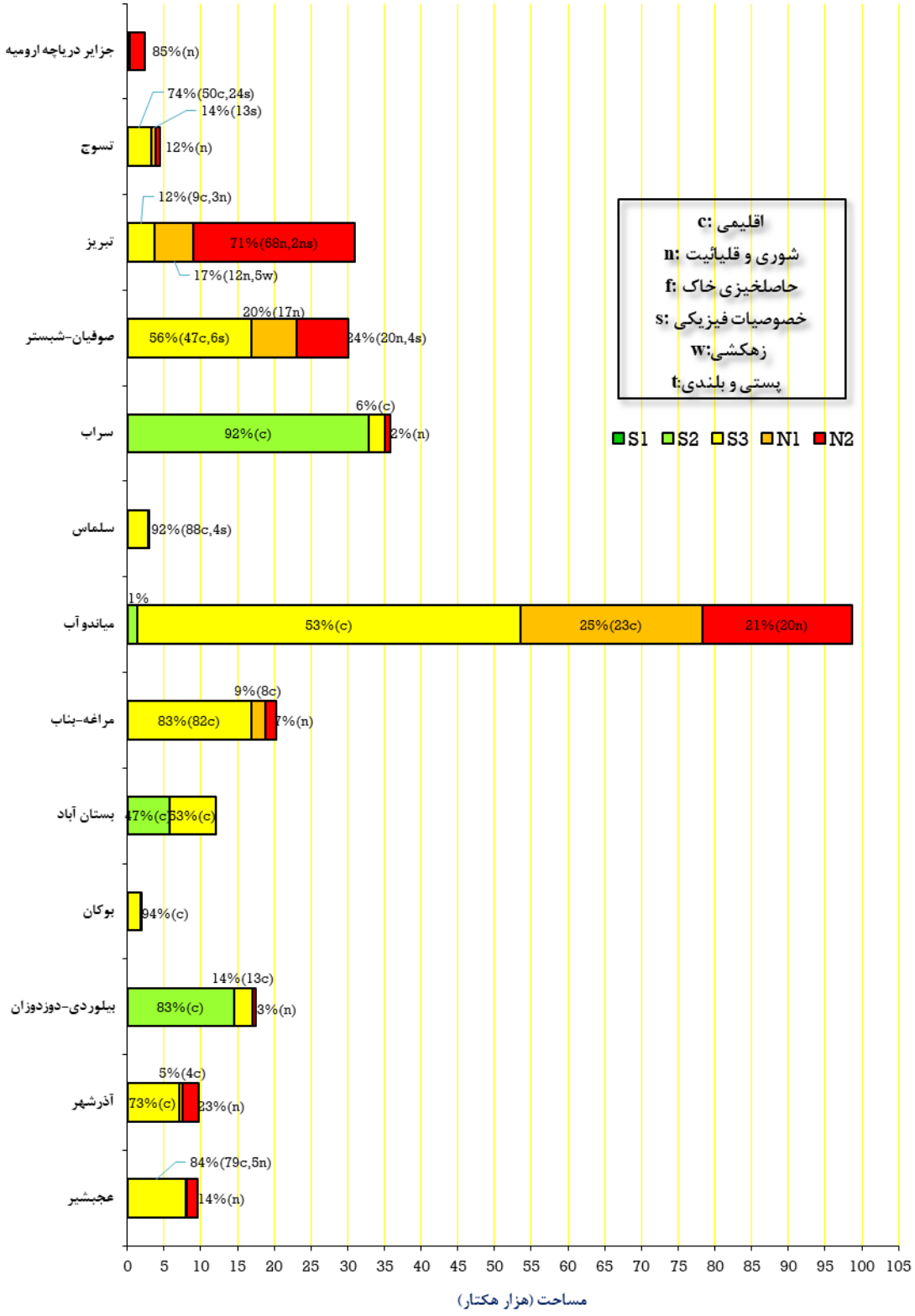
شکل ۹۸. پتانسیل کشت گلابی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۹۹. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای گلابی

جدول ۴۳. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیرکلاس‌های اراضی برای گلابی

رده تناسب	مساحت رده	٪ مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	٪ مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	302263	61/64	S2	92872/4	18/94	S2 c	92872/44	18/94
			S3	209390/6	42/70	S3 c	199957/30	40/78
						S3 cn	663/94	0/14
						S3 n	2406/96	0/49
						S3 s	6161/49	1/26
						S3 w	200/93	0/04
اراضی نا مناسب (N)	188091	38/36	N1	66210/3	13/50	N1 c	42462/20	8/66
						N1 cs	6/90	0/00
						N1 n	16008/48	3/26
						N1 s	1644/76	0/34
						N1 w	6088/02	1/24
			N2	98994/4	20/19	N2 n	94824/90	19/34
						N2 ns	1318/84	0/27
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	2324/29	0/47
			X	22886/8	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00

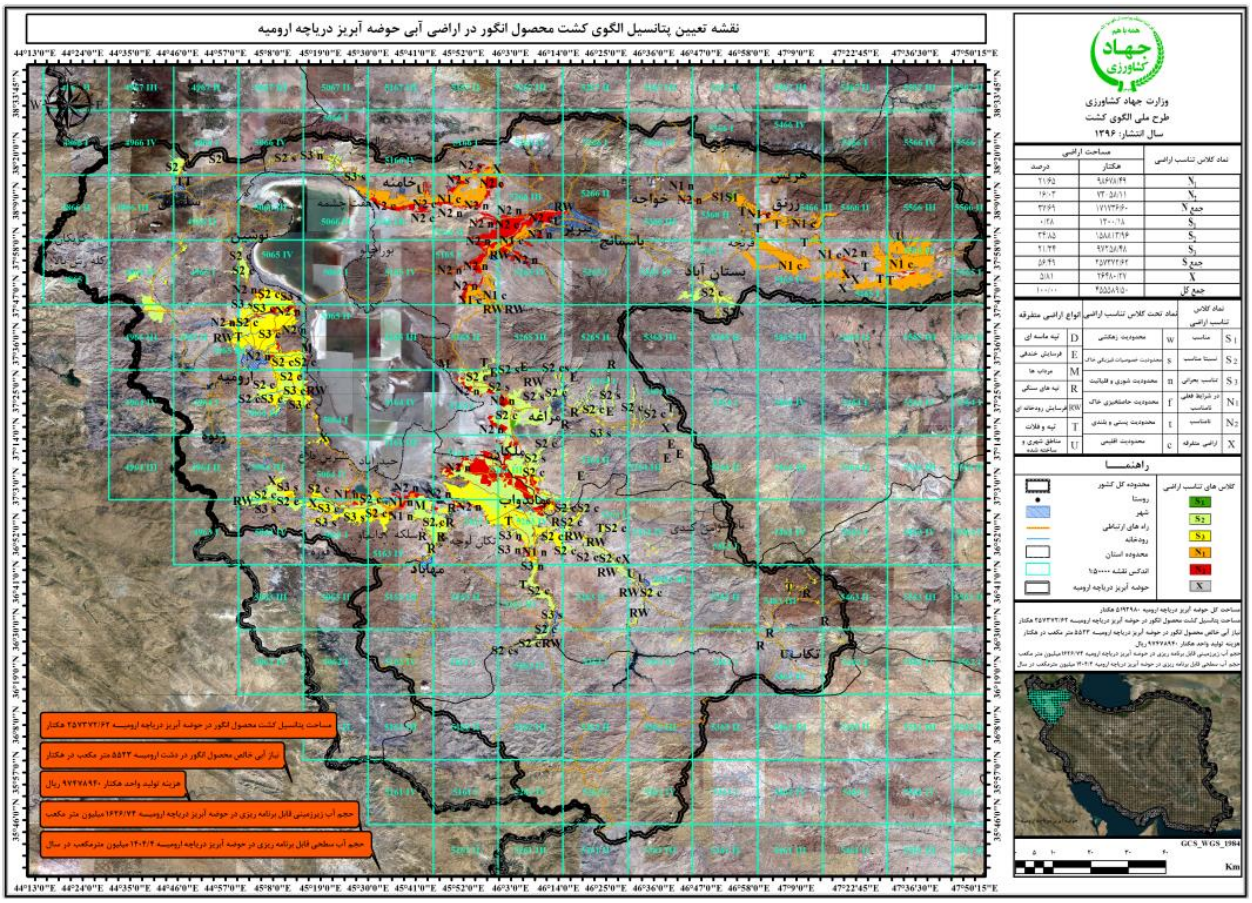


شکل ۱۰۰. پتانسیل کشت گلابی در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

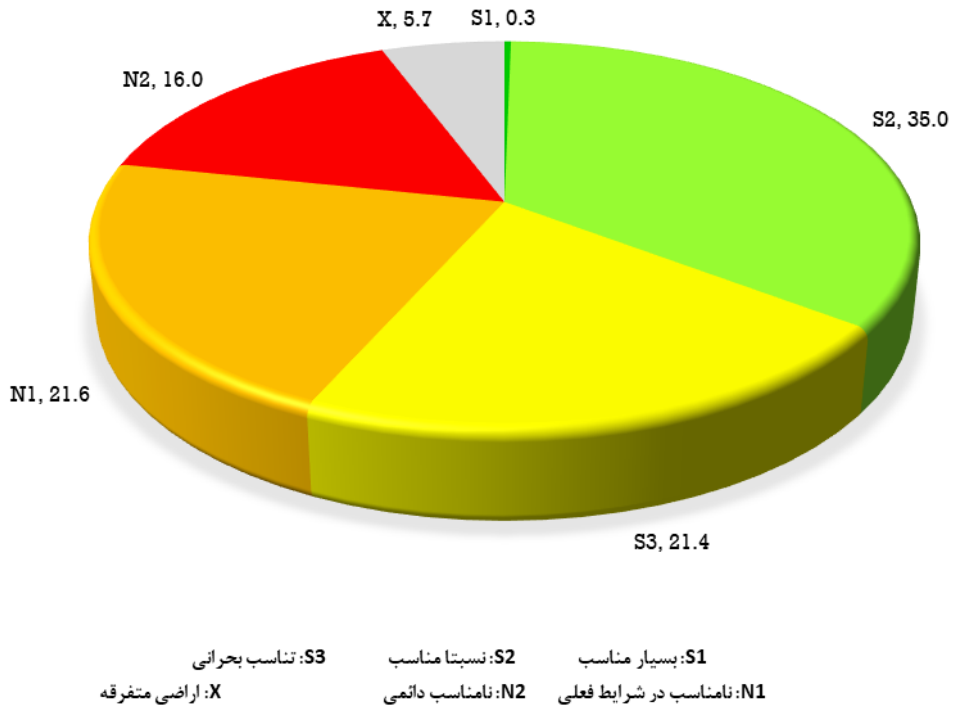
انگور (*Vitis vinifera* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت انگور نشان می‌دهد که ۲۷۳ هزار هکتار (۵۷٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای این محصول در رده مناسب (S) و حدود ۲۰۹ هزار (۴۳٪) در رده نامناسب (N) قرار دارند. حدود ۱۳۸۰ هکتار (۰/۲۹ درصد) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای انگور دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) حدود ۱۶۹ هزار هکتار و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) حدود ۱۰۳ هزار هکتار (۲۱/۳۷ درصد) از کل اراضی آبی مطالعه شده را شامل می‌شود. ۱۰۴ هزار (۲۱/۶۴ درصد) و ۷۷ هزار هکتار(۱۶/۰۷) از اراضی مطالعه شده نیز به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه بری محصول انگور در شکل های ۱۰۱ الی ۱۰۳ نشان داده شده است. کاشت انگور در حوضه دریاچه ارومیه در شهرستان بناب و ملکان با محدودیت اقلیمی مواجه نبوده و در کلاس کاملاً مناسب (S1) قرار دارد. در مناطق مراغه، میاندوآب و اورمیه در کلاس نسبتاً مناسب و به دلیل امکان افت حداقل مطلق دما به زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول سال در مناطق سراب، بستان‌آباد، تبریز و شبستر با محدودیت اقلیمی شدید مواجه بوده و در کلاس نامناسب (N) قرار دارد. افت دما به زیر ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر به مدت طولانی در زمستان سبب از بین رفتن کلیه قسمتهای هوایی گیاه شده و باغداران را به کف بر کردن درختان مجبور می‌کند.

بررسی وضعیت دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای کشت انگور نشان می‌دهد که نزدیک ۸۰ هزار هکتار از اراضی دشت میاندوآب و بیش از ۶۰ هزار هکتار از اراضی دشت ارومیه در رده مناسب برای کشت محصول انگور قرار دارند. محدودیت شدید اقلیمی سبب می شود تا کل سطح مطالعه شده دشت‌های تبریز، صوفیان-شبستر، سراب، آذرشهر و بخش عمده دشت یبلوردی-دوزدوزان در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب دائمی (N2) قرار بگیرد. محدودیت اقلیمی در حدود بیش از ۵۳ هزار هکتار از اراضی دشت میاندوآب، ۱۸ هزار هکتار از اراضی دشت مراغه-بناب، حدود ۱۵ هزار هکتار از اراضی دشت ارومیه و بخشی از دشت‌های عجبشیر، بوکان، بستان‌آباد، مهاباد، کهریز، نقده، اشنویه، صائین قلعه، سلماس، سرو-موانا و تسوج در حد کم تا متوسط بوده و این مناطق با قرار گرفتن در کلاس S2 پتانسیل بالایی برای کشت انگور دارند.



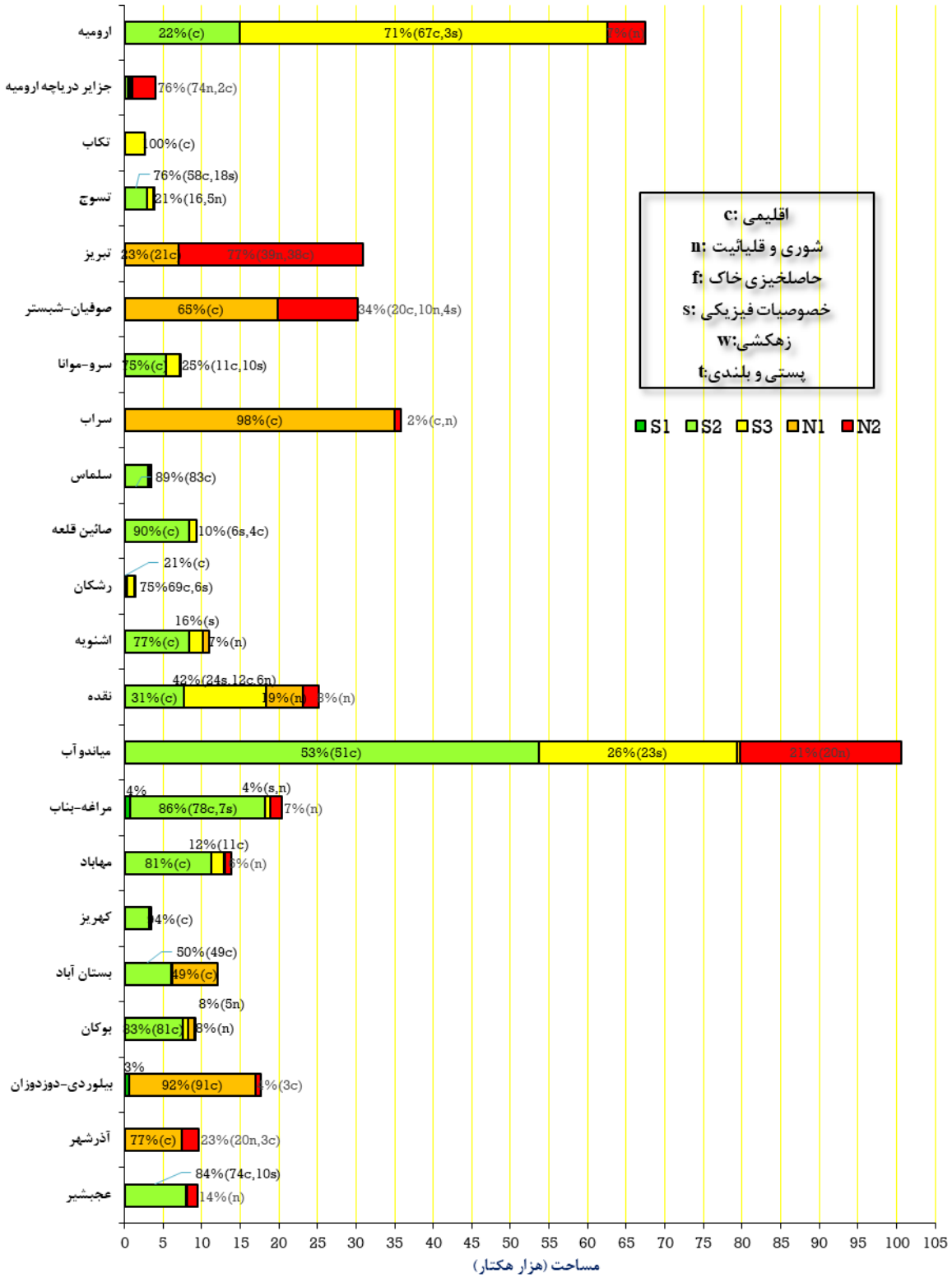
شکل ۱۰۱. پتانسیل کشت انگور در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۱۰۲. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای انگور

جدول ۴۴. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و تحت کلاس‌های اراضی برای انگور

رده تناسب	مساحت رده	٪ مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	273524	56/63	S1	1380	0/29	S1	1380/69	0/29
			S2	168933	34/97	S2 c	162972/46	33/74
						S2 cs	466/34	0/10
						S2 n	48/53	0/01
						S2 s	5367/96	1/11
						S2 w	78/39	0/02
			S3	103210	21/37	S3 c	58530/22	12/12
						S3 cs	337/28	0/07
						S3 n	5295/40	1/10
						S3 s	38631/26	8/00
						S3 w	416/25	0/09
اراضی نا مناسب (N)	209488	43/37	N1	104515	21/64	N1 c	96087/90	19/89
						N1 n	8330/66	1/72
						N1 s	26/01	0/01
						N1 w	71/30	0/01
			N2	77609	16/07	N2 c	20252/84	4/19
						N2 n	55573/13	11/51
						N2 ns	4/98	0/00
						N2 nw	337/31	0/07
						N2 s	1441/16	0/30
			X	27362	5/67	اراضی متفرقه (X)	27362/80	5/67
جمع کل							483012/87	100/00

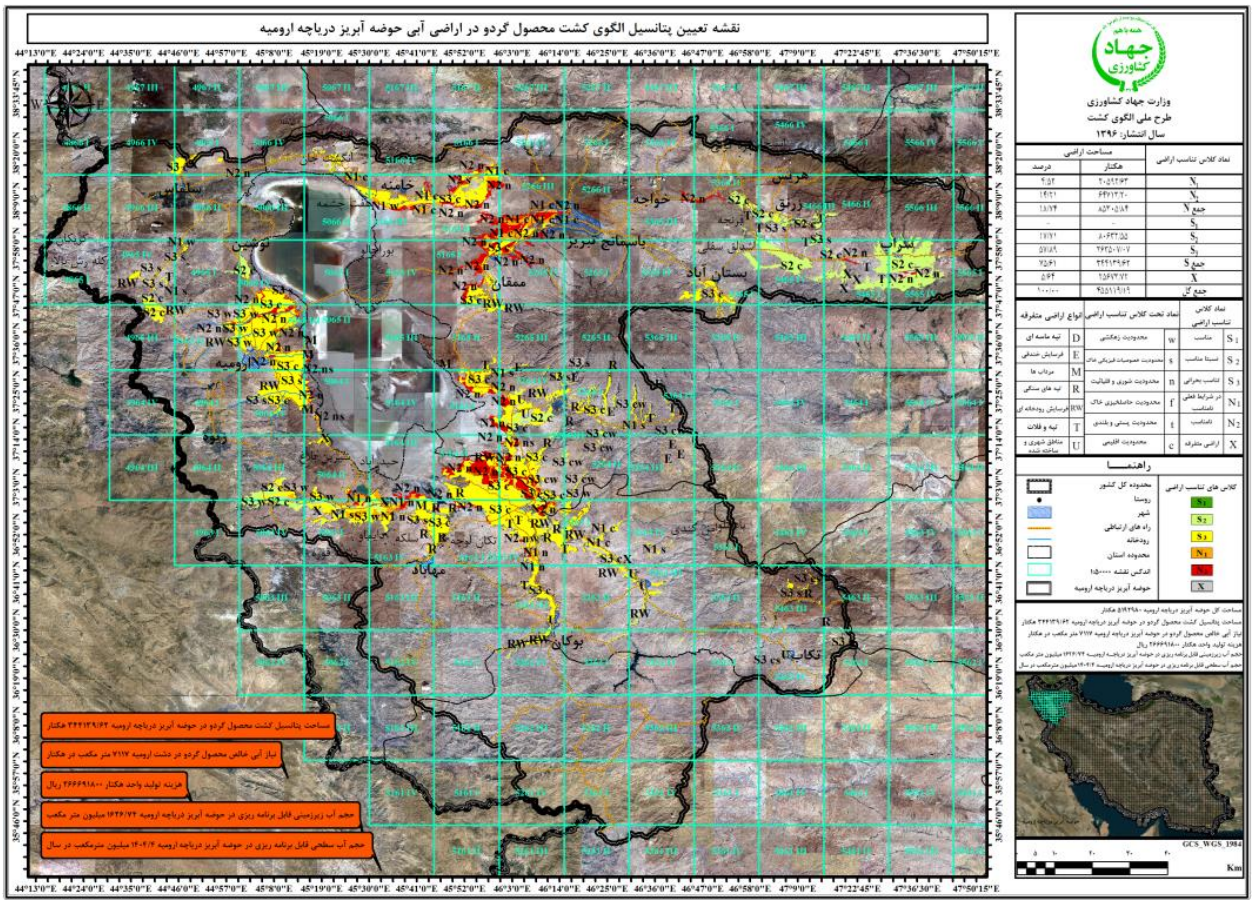


شکل ۱۰۳. پتانسیل کشت انگور در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

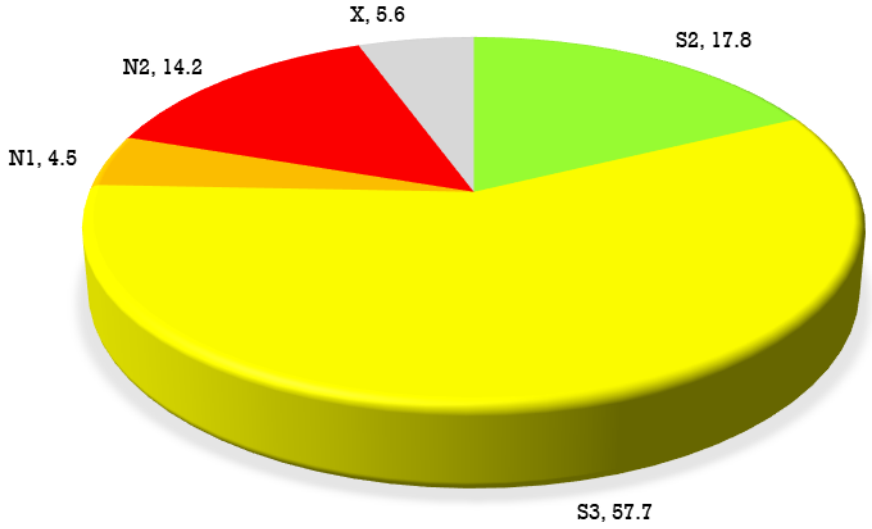
گردو (*Juglans regia* L.)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت گردو نشان می‌دهد حدود ۵۷۸ هزار هکتار (۷۶٪) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای این محصول در رده مناسب (S) و حدود ۱۸۶ هزار هکتار (۲۴٪) در رده نا مناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) حدود ۱۳۶ هزار هکتار (۱۸٪) و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) حدود ۴۴۲ هزار هکتار (۵۷/۷٪) از اراضی ا ست. ۳۴ هزار و ۱۰۹ هزار هکتار از ارا ضی نیز به ترتیب در کلاس‌های تنا سب نامنا سب قابل ا صلاح (N1) و نامنا سب غیر قابل ا صلاح (N2) قرار دارند. محدودکننده‌ترین عوامل در کلاس‌های S2 و S3 به ترتیب اقلیم، خصوصیات فیزیکی و سیل‌گیری و در اراضی نامناسب اقلیم، شوری و قلیاییت، خ صو صیات فیزیکی و سیل‌گیری ا ست. کا شت گردو در حوزه دریاچه اورمیه به دلیل افزایش دما به بالای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با محدودیت متو سط اقلیمی همراه ا ست که باعث سیاه و قهوه‌ای شدن مغز گردو می شود. نق شه پراکنش کلاس‌های تنا سب ارا ضی در حو ضه دریاچه ارومیه برای گردو در شکل ۱۰۴ و ۱۰۵ نشان داده شده است.

شکل ۱۰۶ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی را برای کشت گردو در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. بخش عمده‌ای از اراضی مطالعه شده د شت‌های ارومیه، صوفیان- شب ستر، صائین قلعه، سرو-موانا، سلماس، ر شکان، نقده، میاندوآب، مراغه-بناب، مهاباد، بوکان، آذرشهر، عجبشیر و بستان‌آباد در کلاس S3 قرار می‌گیرند که به غیر از د شت نقده که محدودیت ا صلی آن نا شی از زهکشی ا ست در سایر د شت‌ها محدودیت اقلیمی محدودیت غالب تولید محصول گردو است. هیچ یک از دشت‌های مورد مطالعه حوضه دارای کلاس S1 نبوده و دشت‌های سراب (۹۸٪)، بیلوردی-دوزدوزان (۹۴٪)، اشنویه (۷۰٪) و بستان‌آباد (۴۹٪) به ترتیب بیشترین در صد کلاس S2 از کل ارا ضی مطالعه شده را به خود اختصاص می‌دهند که در این کلاس نیز محدودیت تولید ناشی از اقلیم نامناسب است. قسمت عمده‌ای از دشت تبریز و جزایر دریاچه ارومیه به دلیل محدودیت‌های شدید برای کشت گردو در رده نامناسب قرار دارد.



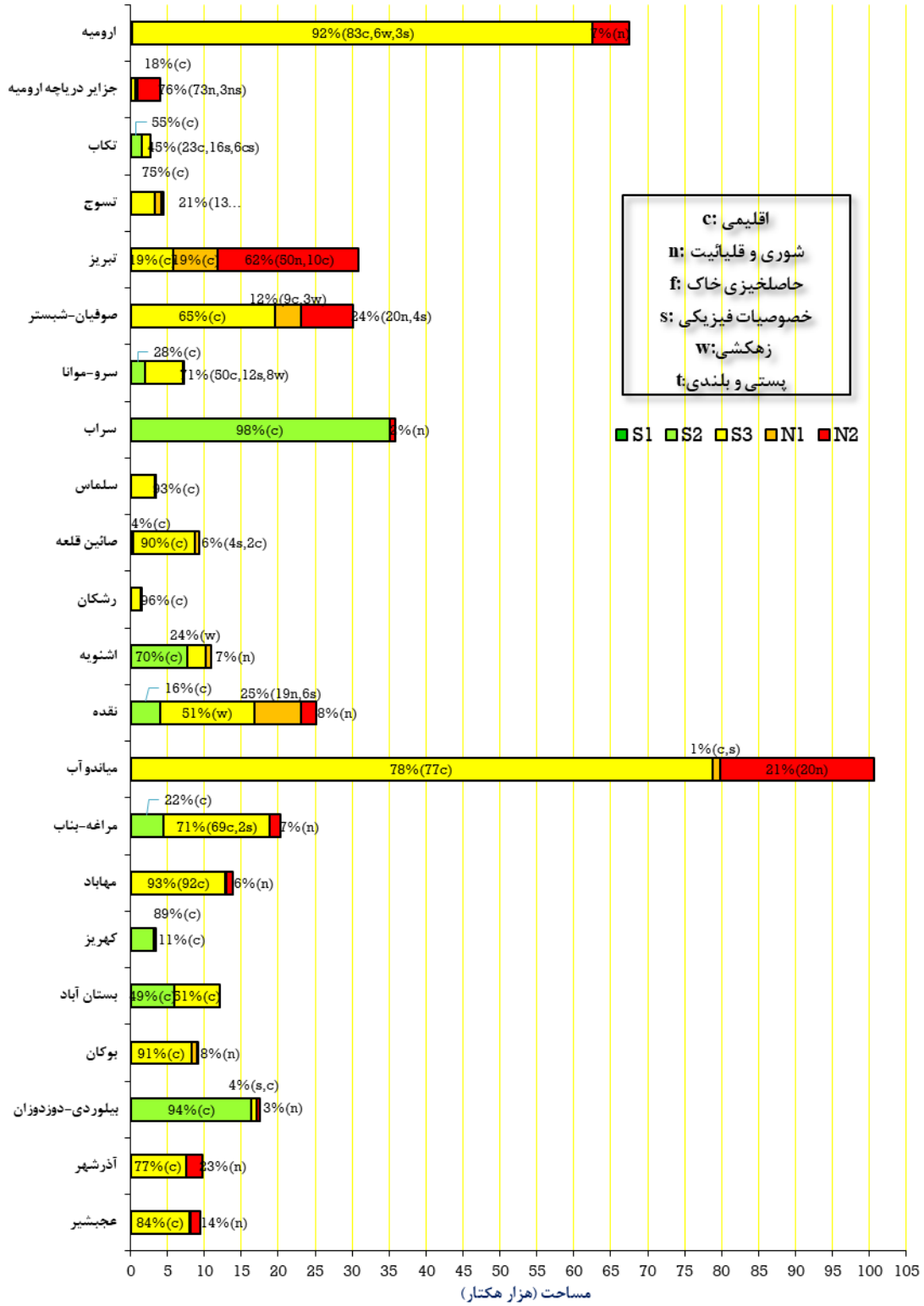
شکل ۱۰۴ پتانسیل کشت گردو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۱۰۵. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای گردو

جدول ۴۵. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای گردو

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	578568/81	75/59	S2	136512/83	17/83	S2 c	136512/83	17/83
			S3	442055/99	57/75	S3 c	398948/61	52/12
						S3 cs	241/72	0/03
						S3 cw	1967/24	0/26
						S3 s	7081/05	0/93
						S3 w	33817/36	4/42
اراضی نا مناسب (N)	186873/78	24/41	N1	34668/68	4/53	N1 c	17027/27	2/22
						N1 n	12217/07	1/60
						N1 s	3844/81	0/50
						N1 w	1579/53	0/21
			N2	109099/63	14/25	N2 c	5066/89	0/66
						N2 n	99178/53	12/96
						N2 ns	2003/55	0/26
						N2 nw	526/36	0/07
						N2 s	2324/29	0/30
			X	43105/46	5/63	اراضی متفرقه (X)	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

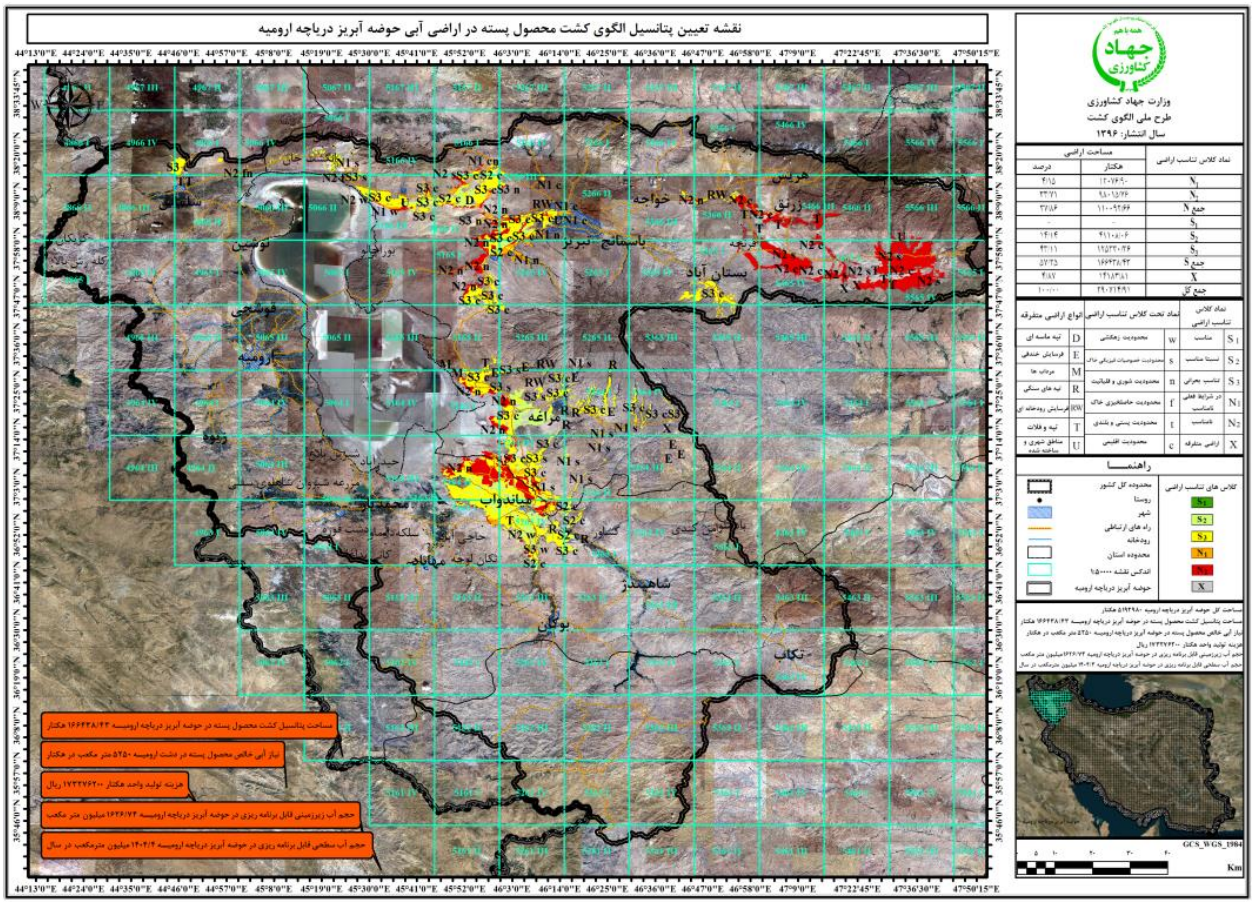


شکل ۱۰۶. پتانسیل کشت گردو در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

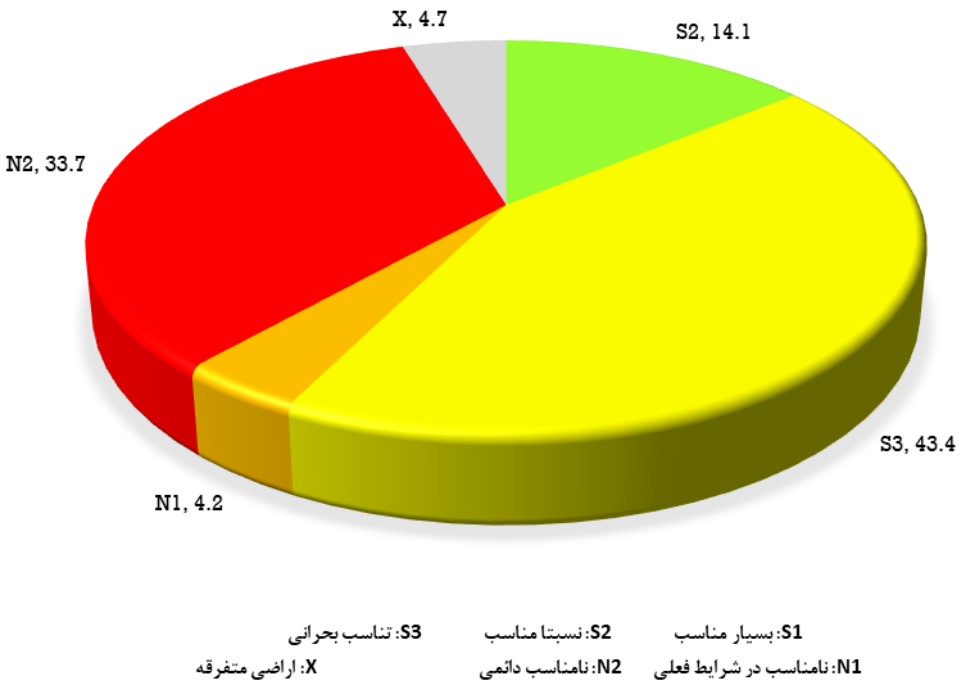
پسته (*Pistacia Vera*)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصول پسته نشان می‌دهد که حدود ۱۷۷ هزار هکتار (۵۷/۴۵ درصد) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای این محصول در رده مناسب (S) و حدود ۱۳۱ هزار هکتار (۴۲/۵۵ درصد) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً منا سب (S2) حدود ۴۳ هزار هکتار (۱۴ در صد) و ارا ضی با کلاس تنا سب کم (S3) نزدیک به ۱۳۴ هزار هکتار (۴۳ درصد) از اراضی مطالعه شده را شامل می‌شوند. حدود ۱۳ هزار (۴/۱۹ درصد) و ۱۰۴ هزار هکتار (۳۳/۶۷ درصد) از اراضی نیز به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامنا سب غیر قابل ا صلاح (N2) قرار می‌گیرند. محدودیت‌های ا صلی ارا ضی نامنا سب در این حو ضه برای پسته شامل عوامل اقلیم، شوری و قلیاییت، خصوصیات فیزیکی و سیلگیری است.

کشت پسته در اراضی حوزه دریاچه اورمیه در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی از ۱۵ الی ۱۰ سال پیش آغاز شده و در حال حاضر باغات بارده در شهرستان‌های صوفیان، شبستر، ایلخچی، بناب و به مقدار کمتری در شهرستان‌های اورمیه و مهاباد وجود دارد. نتایج طبقه‌بندی تناسب اقلیم در حوضه دریاچه ارومیه نشان داد که به طور کلی مهم‌ترین عامل محدودکننده پسته در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه عامل اقلیم است. مناطق بناب، میاندوآب، ملکان و مهاباد به دلیل پایین بودن دما در زم ستان و در دوره خواب گیاه با محدودیت متو سط مواجه بوده ودارای تنا سب متو سط (S2) و در مناطق تبریز، شب ستر، سلماس، مراغه، آذر شهر و عجب شیر به دلیل پایین بودن دما در زمستان و در دوره خواب گیاه با محدودیت زیاد مواجه بوده و دارای تناسب کم (S3) است. شهرستان‌های با زمستان‌های خیلی سرد مانند سراب، بستان‌آباد و هریس به لحاظ اقلیمی برای کاشت این محصول نامناسب (N) است. علاوه بر اقلیم، بخش‌های قابل توجهی از دشت‌های تبریز، میاندوآب، آذرشهر و جزایر دریاچه ارومیه به دلیل شوری و قلیائیت بالا و بخش‌هایی در دشت‌های سراب و یبلوردی-دوزدوزان به دلیل فیزیک نامناسب خاک برای محصول پسته در کلاس نامناسب غیرقابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرد.



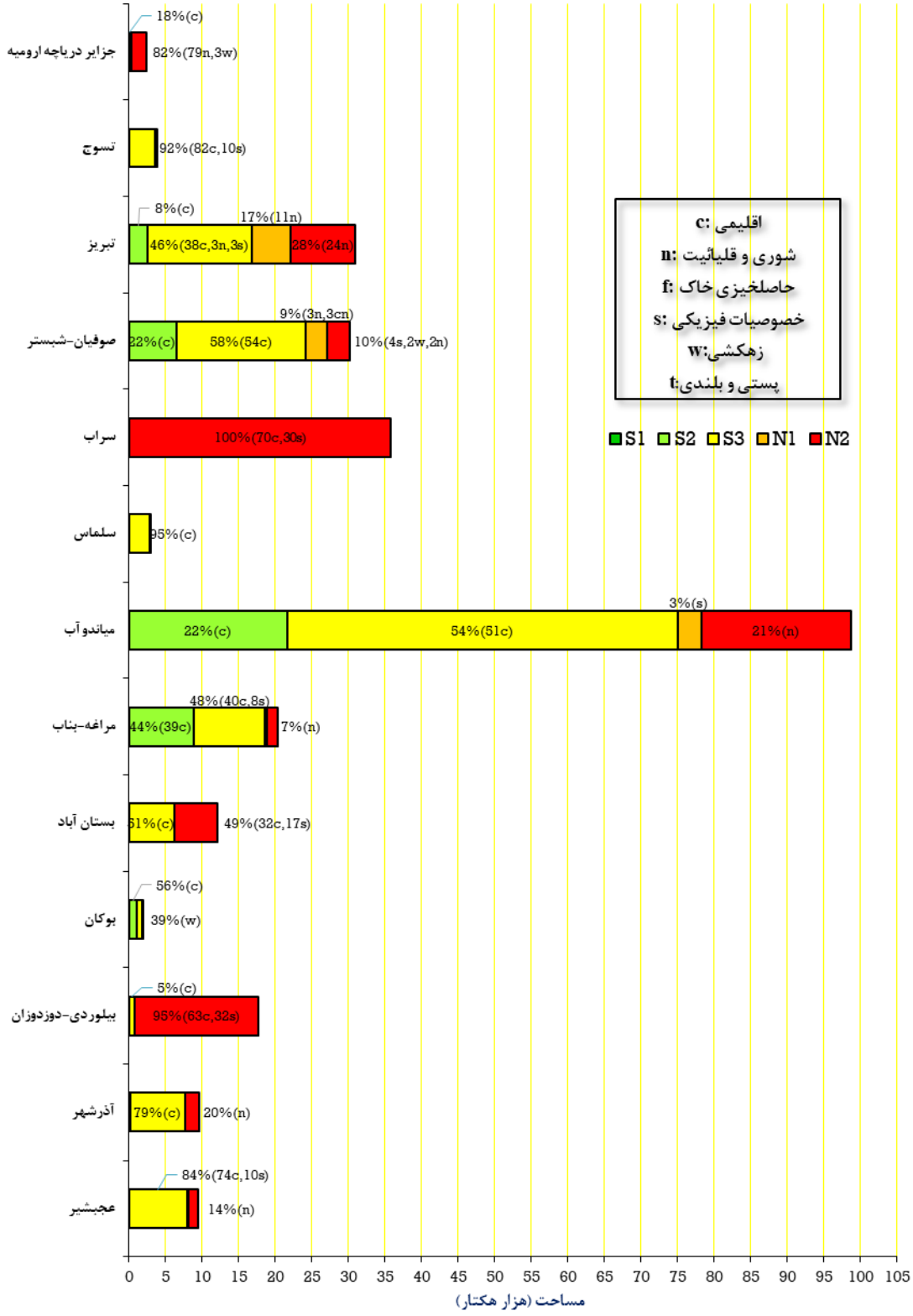
شکل ۱۰۷. پتانسیل کشت پسته در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۱۰۸. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای پسته

جدول ۴۶. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای پسته

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	177276/13	57/45	S2	43440/64	14/08	S2 c	42397/02	13/74
						S2 s	1043/62	0/34
			S3	133835/49	43/38	S3 c	122894/25	39/83
						S3 cf	48/53	0/02
						S3 cn	339/23	0/11
						S3 cs	1380/43	0/45
						S3 f	647/83	0/21
						S3 n	1450/66	0/47
						S3 s	5678/35	1/84
						S3 w	1396/21	0/45
اراضی نا مناسب (N)	131275/83	42/55	N1	12924/59	4/19	N1 c	938/22	0/30
						N1 cn	2099/25	0/68
						N1 f	82/76	0/03
						N1 n	4847/67	1/57
						N1 s	4046/78	1/31
						N1 w	909/91	0/29
			N2	103897/23	33/67	N2 c	43181/54	13/99
						N2 f	96/04	0/03
						N2 fn	539/53	0/17
						N2 n	37341/49	12/10
						N2 ns	756/37	0/25
						N2 s	20762/61	6/73
						N2 w	1219/64	0/40
			X	14454/01	4/68	اراضی متفرقه (X)	14454/01	4/68
جمع کل							308551/96	100/00

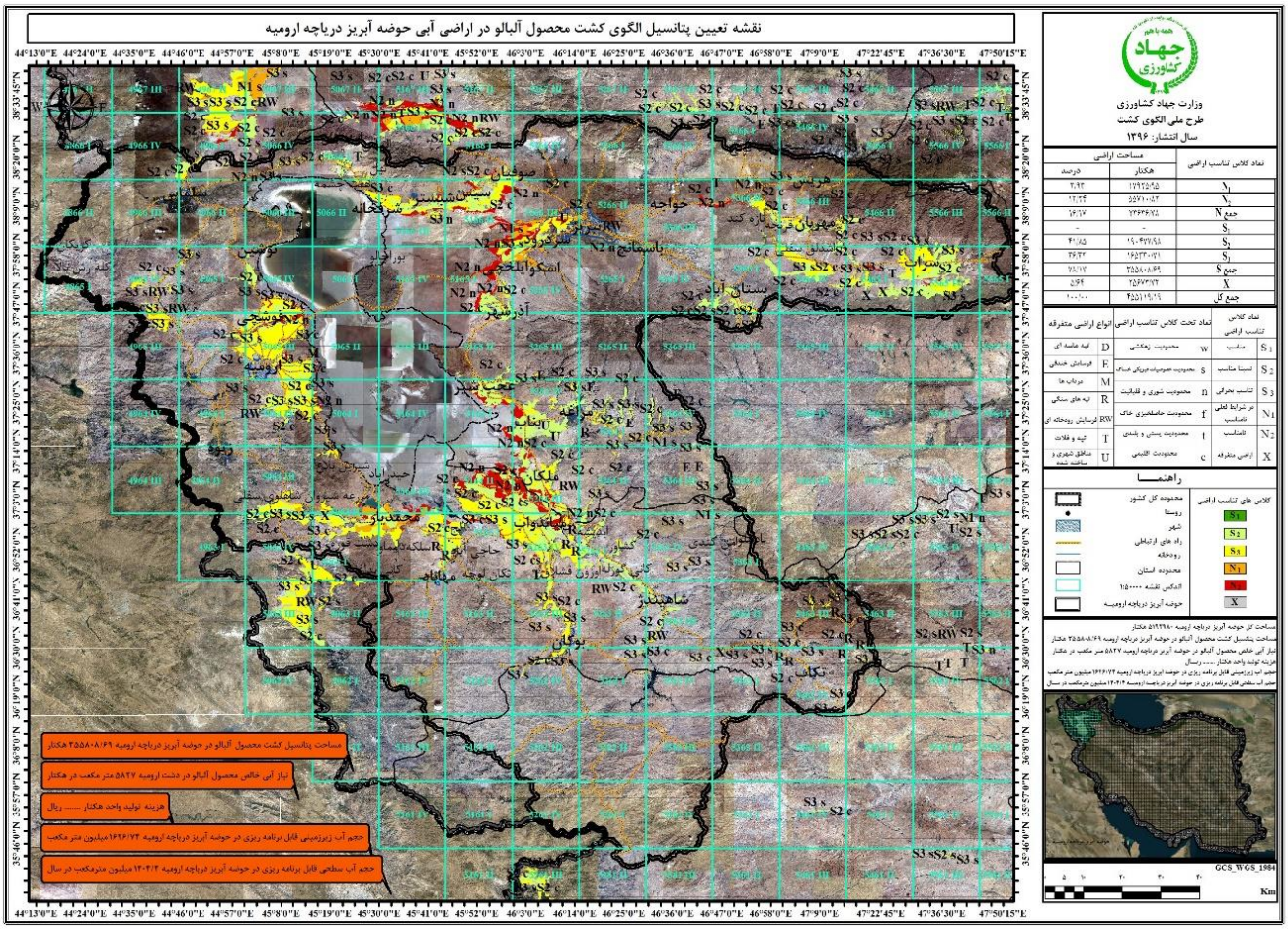


شکل ۱۰۹. پتانسیل کشت پسته در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

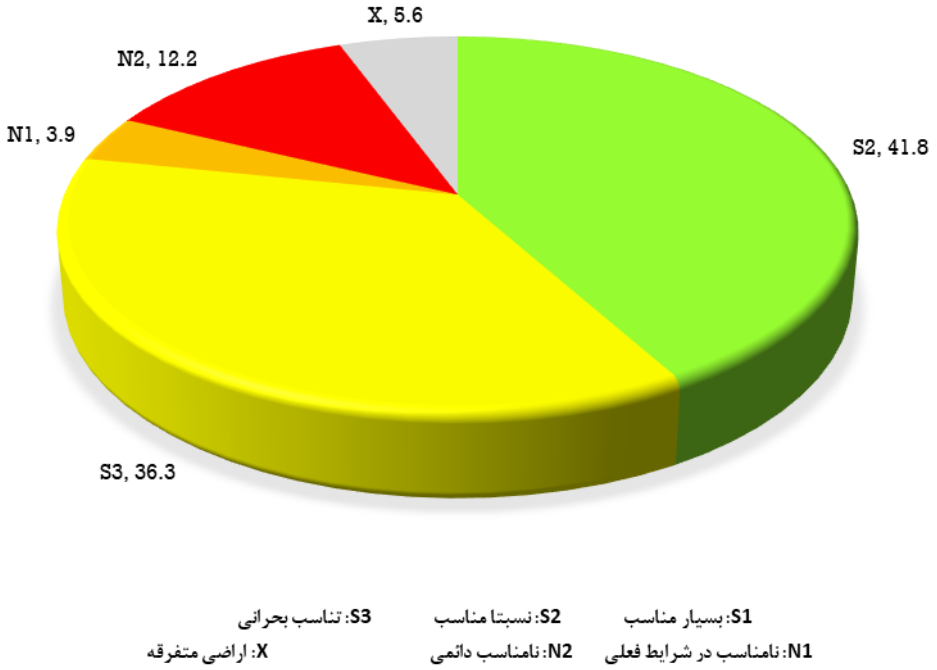
آلبالو (*Prunus cerasus*)

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصول آلبالو نشان می‌دهد که حدود ۵۹۸ هزار هکتار (۷۸/۱۸ در صد) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول آلبالو در رده مناسب (S) و حدود ۱۶۷۰ هزار هکتار (۲۱/۸۲ درصد) در رده نامناسب (N) قرار دارند. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) حدود ۳۲۰ هزار هکتار (۴۱٪) از اراضی مطالعه شده را شامل شده و اراضی با کلاس تناسب کم (S3) نزدیک به ۲۷۷ هزار هکتار (۳۶٪) از اراضی مطالعه شده را به خود اختصاص می‌دهند. ویژگی‌های اقلیمی، خصوصیات خاک و سیل‌گیری اراضی در کلاس (S2) و اقلیم، خصوصیات فیزیکی، شوری و قلیاییت و سیل‌گیری در کلاس(S3) به ترتیب محدودکننده‌ترین عوامل تولید آلبالو در این حوضه است. وسعتی برابر با ۳۰ هزار و ۹۳ هزار هکتار درصد از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی نیز به ترتیب در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار می‌گیرند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای آلبالو در شکل‌های ۱۱۰ و ۱۱۱ ارائه شده است.

شکل ۱۱۲ سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی را برای کشت آلبالو در دشت‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که به غیر از دشت تبریز و جزایر دریاچه ارومیه که سطح رده نامناسب در آنها بیش از سطح رده مناسب است، در سایر دشت‌های حوضه بخش عمده‌ای از اراضی مطالعه شده در کلاس‌های S2 و S3 قرار می‌گیرد. اقلیم و خصوصیات فیزیکی خاک مهم‌ترین عوامل محدودکننده در رده مناسب بوده و شوری و قلیائیت محدودیت غالب در رده نامناسب است. دشت‌های میاندوآب، ارومیه، سراب، صوفیان-شبستر و مراغه-بناب به ترتیب بیشترین سطح از رده مناسب برای کشت محصول آلبالو را به خود اختصاص می‌دهند.



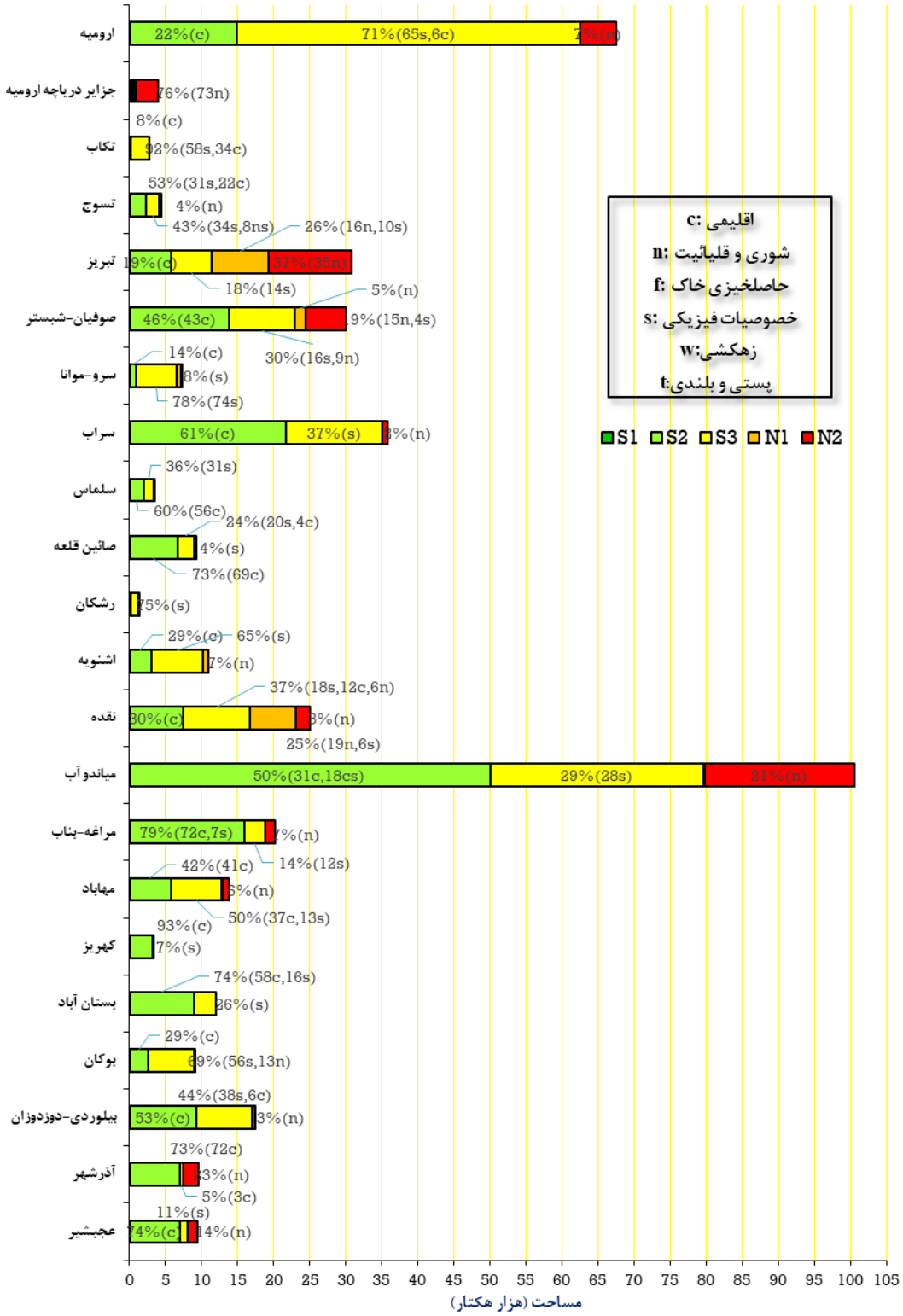
شکل ۱۱۰. پتانسیل کشت محصول آلبالو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



شکل ۱۱۱. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای آلبالو

جدول ۴۷. مساحت و درصد اراضی حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس و زیر کلاس‌های اراضی برای آلبالو

رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	598442	78/18	S2	320611	41/89	S2c	277863/48	36/30
						S2cs	30221/43	3/95
						S2cw	122/97	0/02
						S2 s	12403/54	1/62
			S3	277831	36/30	S3c	27446/32	3/59
						S3cn	1814/52	0/24
						S3cs	20/47	0/00
						S3n	11337/88	1/48
						S3ns	576/83	0/08
						S3s	235055/54	30/71
						S3w	1579/53	0/21
اراضی نا مناسب (N)	167000	21/82	N1	30193	3/94	N1n	20665/15	2/70
						N1s	9528/71	1/24
			N2	93700	12/24	N2n	89354/05	11/67
						N2ns	1991/74	0/26
						N2s	2354/96	0/31
			X	43105	5/63	اراضی	43105/46	5/63
جمع کل							765442/59	100/00

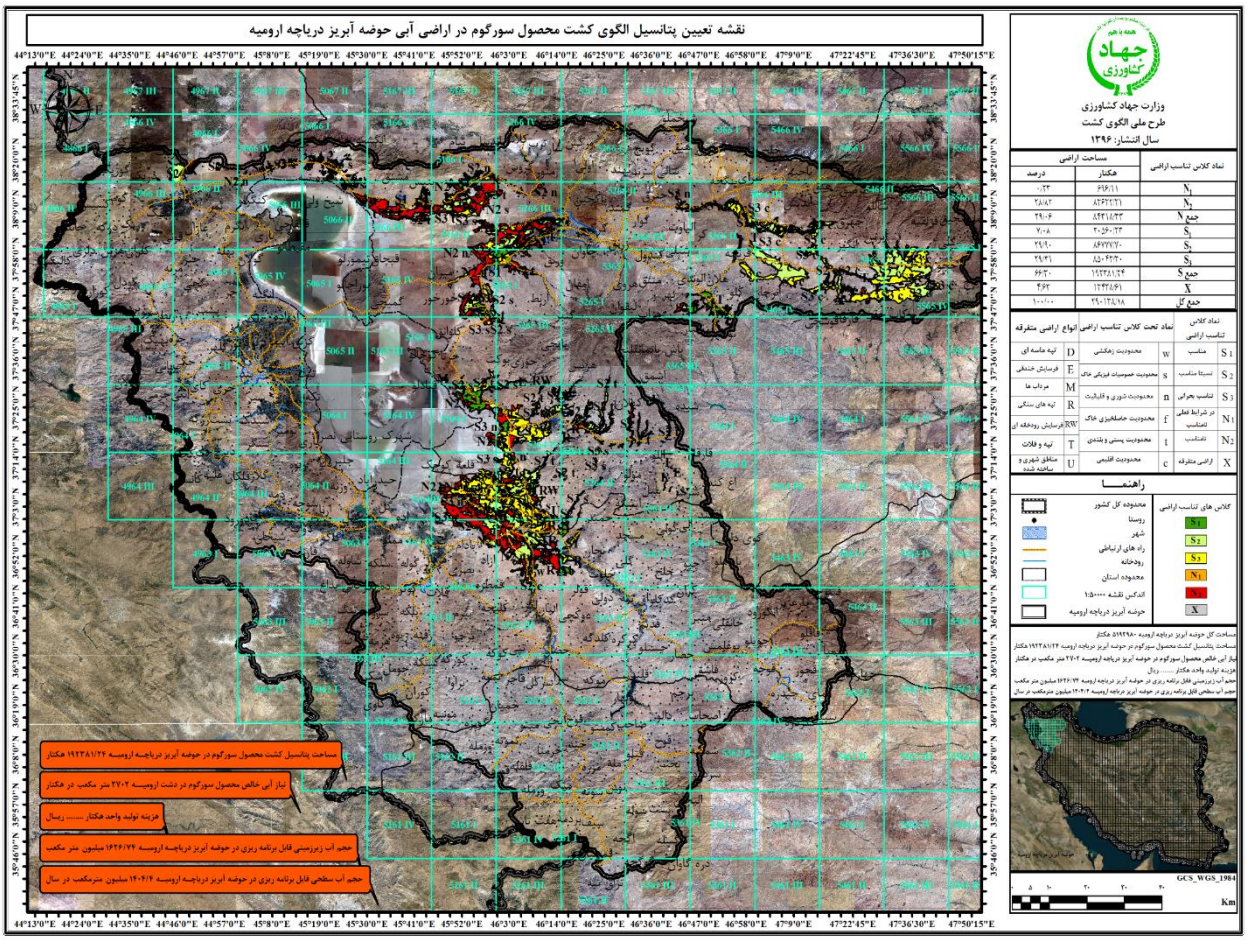


شکل ۱۱۲. پتانسیل کشت آلبالو در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

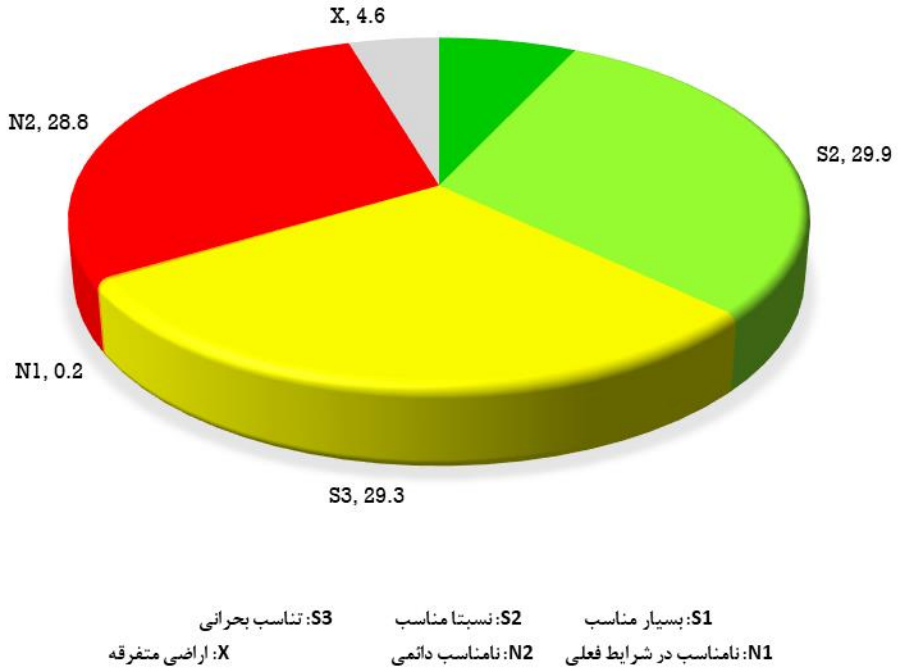
سورگوم علوفه‌ای

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصول سورگوم علوفه‌ای در جدول ۴۸ ارائه شده است. حدود ۳۲۴ هزار هکتار (۶۶/۱ درصد) از کل اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه برای سورگوم علوفه‌ای در رده مناسب (S) و حدود ۱۶۶ هزار هکتار (۳۳/۹ درصد) در رده نامناسب (N) قرار دارند. به طور کلی حدود ۳۴ هزار هکتار (۷ درصد) از اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه برای محصول سورگوم علوفه‌ای دارای کلاس تناسب اراضی مناسب (S1) است. اراضی با کلاس تناسب نسبتاً مناسب (S2) با محدودیت های متوسط ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۴۶ هزار هکتار (۲۹/۸ درصد) از اراضی است. اراضی با کلاس تناسب کم (S3) با محدودیت‌های نسبتاً زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی حدود ۱۴۳ هزار هکتار (۲۹/۱ درصد) از کل اراضی است. ۱۶۶ هزار هکتار (۳۳/۹ درصد) از اراضی با محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل مربوط به واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس‌های تناسب نامناسب قابل اصلاح (N1) و نامناسب غیر قابل اصلاح (N2) قرار دارند. نقشه پراکنش کلاس تناسب اراضی در حوضه دریاچه ارومیه برای محصول سورگوم علوفه ای در شکل ۱۱۳ و ۱۱۴ ارائه شده است.

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه محصول سورگوم به لحاظ اقلیمی در کلاس‌های تناسب اقلیمی مناسب (S1) و نسبتاً مناسب (S2) قرار دارد. در شهرستان‌های ملکان و میاندوآب محدودیت اقلیمی برای کاشت سورگوم علوفه‌ای وجود ندارد و اراضی این نواحی از نظر کلاس تناسب اقلیمی در کلاس مناسب (S1) قرار دارند. اما در تبریز و سلماس، مراغه، بناب، عجب شیر و مهاباد به دلیل ساعات آفتابی کم در دوره رشد و کم بودن دما در دوره رشد در کلاس نسبتاً مناسب (S2) قرار گرفت. طبقه‌بندی تناسب اقلیم برای محصول سورگوم علوفه‌ای نشان داد که در این حوضه برای این محصول از نظر اقلیمی هیچگونه محدودیتی وجود ندارد. بنابراین اراضی آبی مطالعه شده در این حوضه در کلاس تناسب مناسب (S1) قرار دارد.



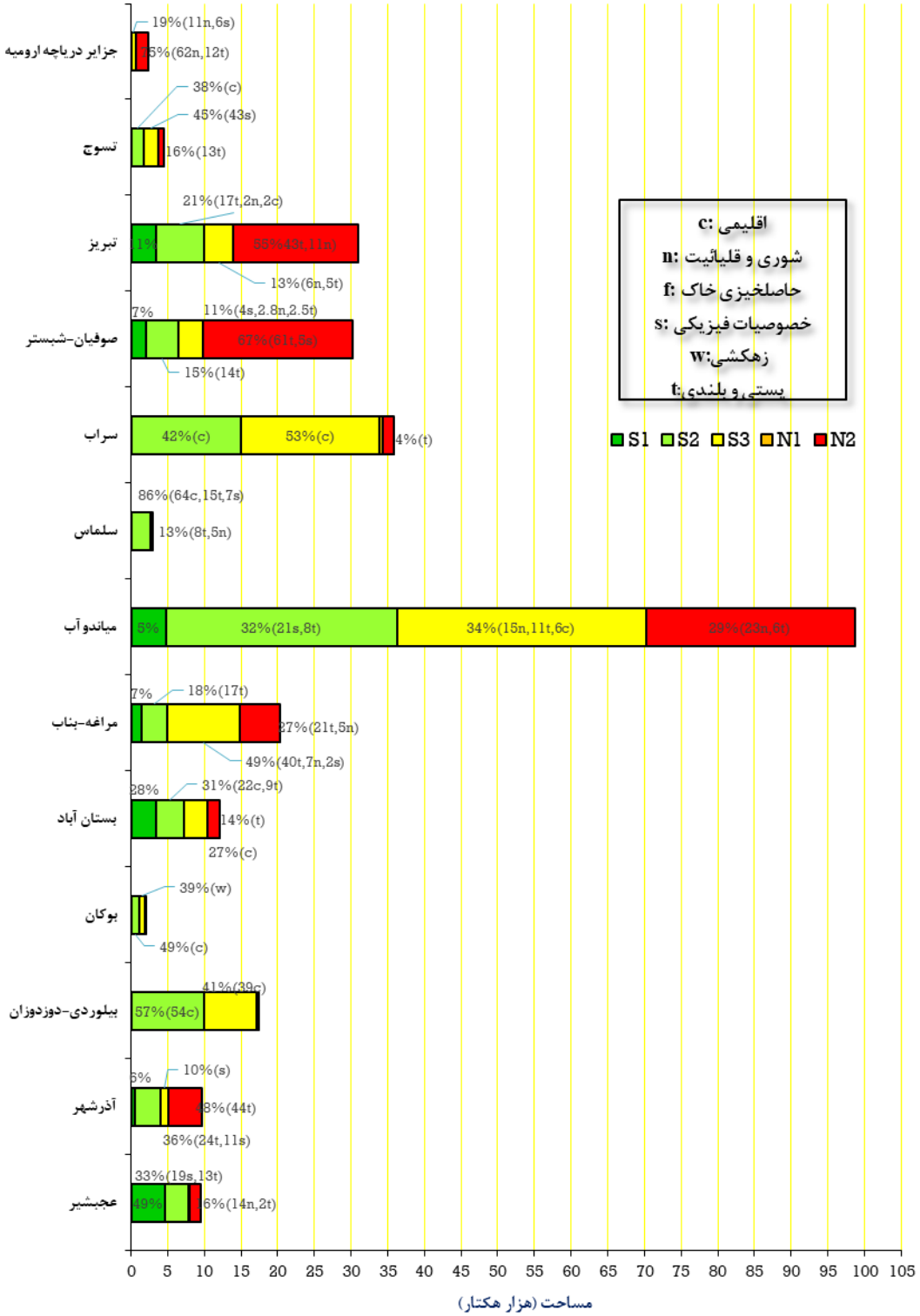
شکل ۱۱۳. پتانسیل کشت سورگوم علوفه‌ای در حوضه آبریز دریاچه ارومیه



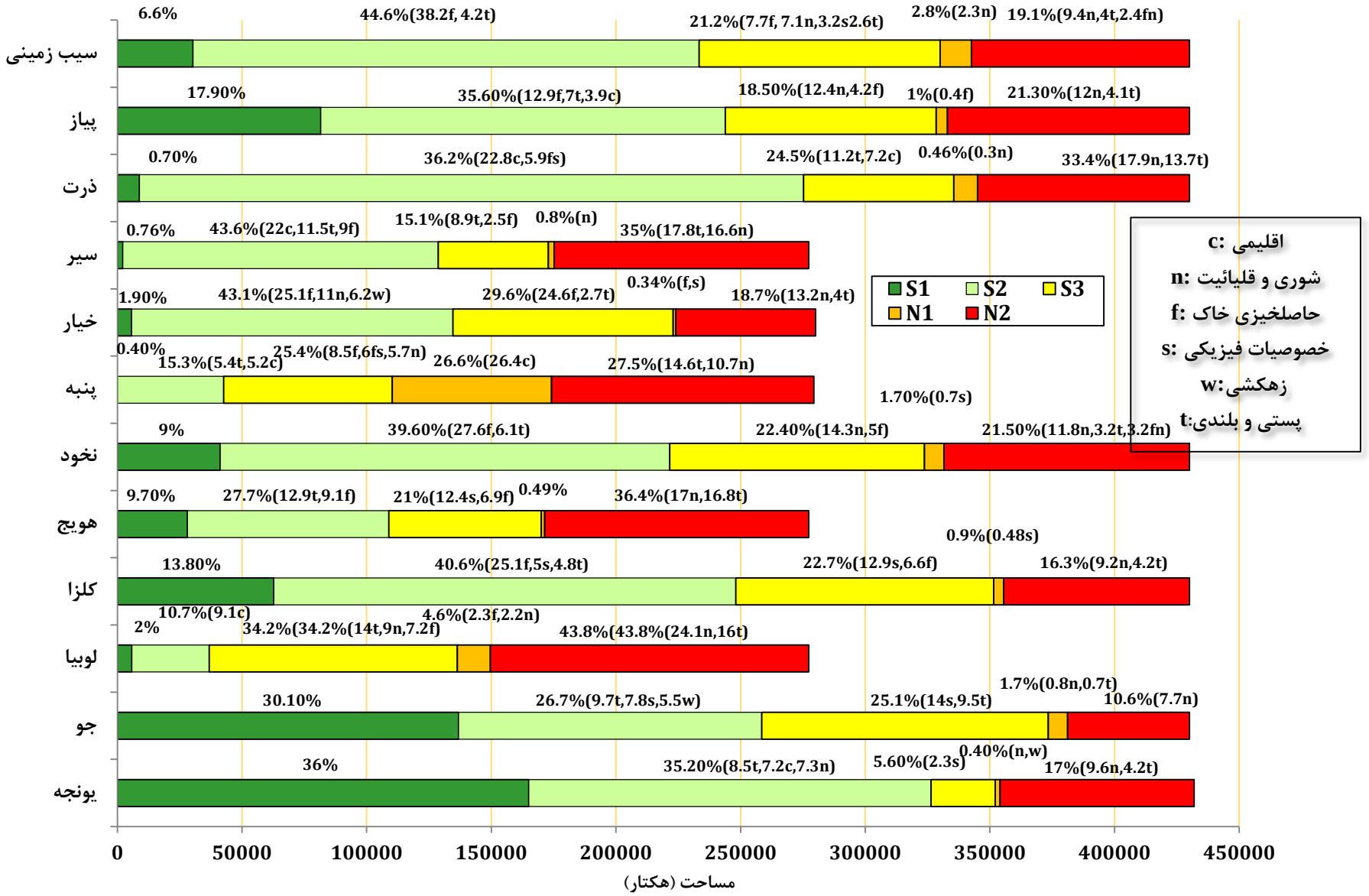
شکل ۱۱۴. مساحت و درصد اراضی آبی مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه به تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی برای سورگوم علوفه‌ای

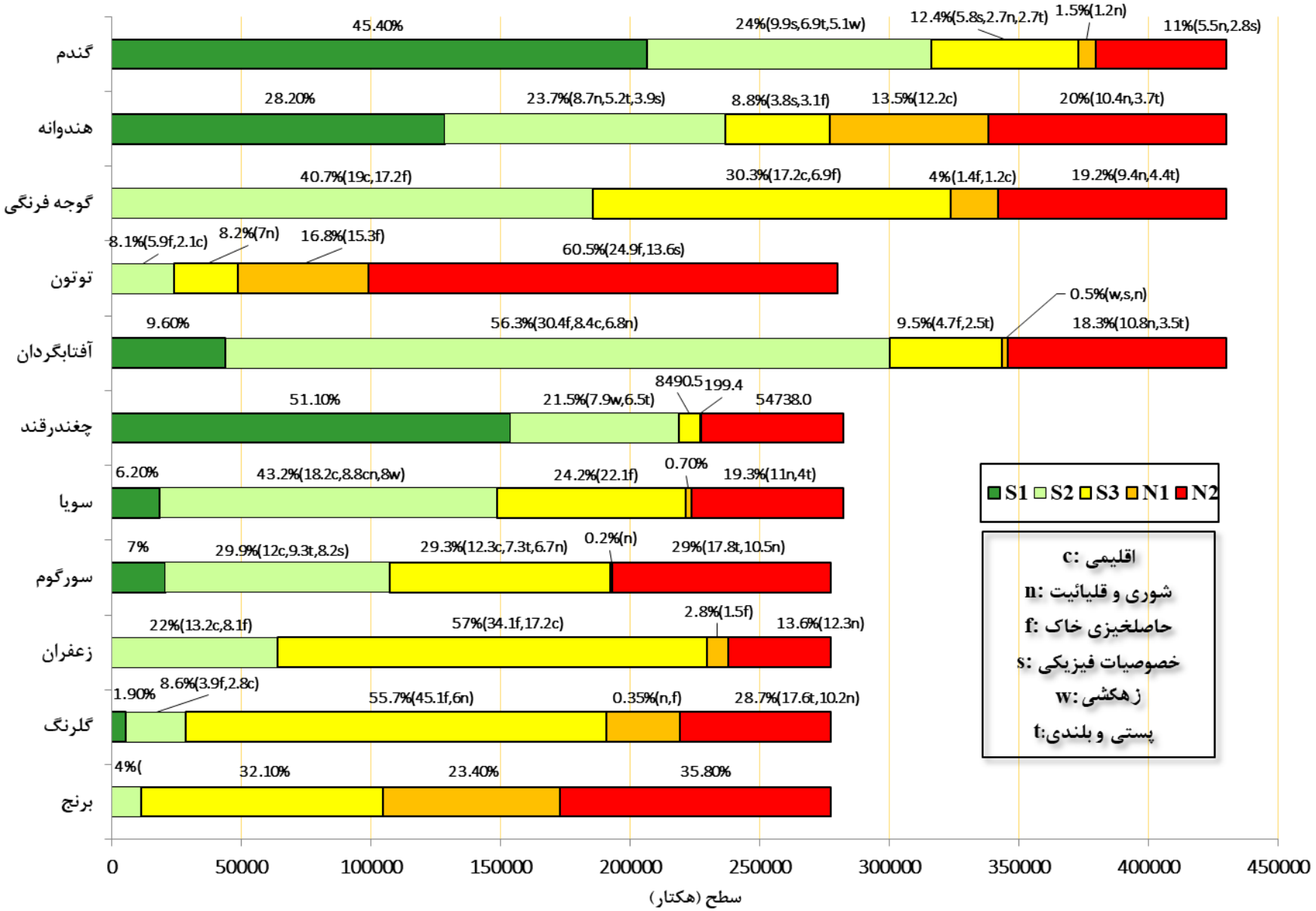
جدول ۴۸. مساحت و درصد اراضی حوضه ارومیه به تفکیک کلاس‌ها و زیر کلاس‌ها برای سورگوم علوفه‌ای

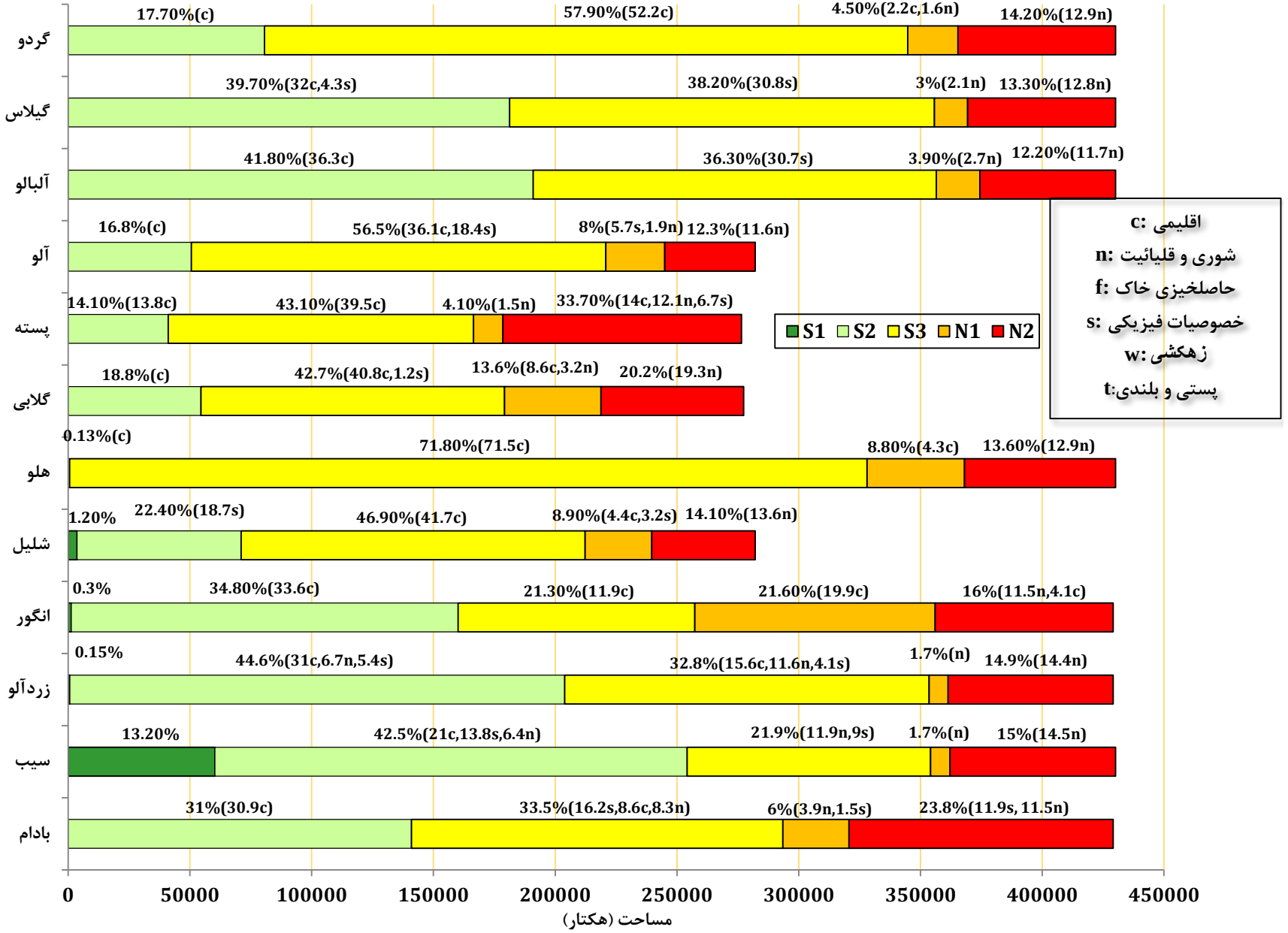
رده تناسب	مساحت رده	درصد مساحت رده	کلاس	مساحت کلاس	درصد مساحت کلاس	زیر کلاس تناسب	مساحت زیر کلاس (هکتار)	درصد مساحت زیر کلاس
اراضی مناسب (S)	324104	66/1	S1	34620/5	7/0	S1	34620/53	7/06
			S2	146400/7	29/8	S2 c	58834/95	12/00
						S2 n	1475/92	0/30
						S2 s	40522/34	8/26
						S2 t	45470/34	9/27
						S2 w	97/21	0/02
			S3	143083/1	29/1	S3 c	60430/93	12/32
						S3 n	32714/78	6/67
						S3 s	11836/02	2/41
						S3 t	35921/91	7/33
						S3 w	2179/53	0/44
اراضی نا مناسب (N)	166250	33/9	N1	1184/0	0/24	N1 n	1090/14	0/22
						N1 s	91/58	0/02
						N1 w	2/32	0/00
			N2	142179/3	29/0	N2 n	51349/74	10/47
						N2 nst	7/82	0/00
						N2 nw	526/36	0/11
						N2 s	2883/28	0/59
						N2 t	87412/12	17/83
			X	22886/8	4/67	اراضی متفرقه (X)	22886/80	4/67
جمع کل							490354/62	100/00



شکل ۱۱۵. پتانسیل کشت سورگوم علوفه‌ای در واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه


سیب زمینی
پیاز
ذرت
سیر
خیار
پنبه
نخود
هویج
کلزا
لوبیا
جو
یونجه
6.6%
44.6%(38.2f, 4.2t)
21.2%(7.7f, 7.1n,3.2s2.6t)
2.8%(2.3n)
19.1%(9.4n,4t,2.4fn)
17.90%
35.60%(12.9f,7t,3.9c)
18.50%(12.4n,4.2f)
1%(0.4f)
21.30%(12n,4.1t)
0.70%
36.2%(22.8c,5.9fs)
24.5%(11.2t,7.2c)
0.46%(0.3n)
33.4%(17.9n,13.7t)
0.76%
43.6%(22c,11.5t,9f)
15.1%(8.9t,2.5f)
0.8%(n)
35%(17.8t,16.6n)
1.90%
43.1%(25.1f,11n,6.2w)
29.6%(24.6f,2.7t)
0.34%(f,s)
18.7%(13.2n,4t)
0.40%
15.3%(5.4t,5.2c)
25.4%(8.5f,6fs,5.7n)
26.6%(26.4c)
27.5%(14.6t,10.7n)
1.70%(0.7s)
9%
39.60%(27.6f,6.1t)
22.40%(14.3n,5f)
21.50%(11.8n,3.2t,3.2fn)
9.70%
27.7%(12.9t,9.1f)
21%(12.4s,6.9f)
0.49%
36.4%(17n,16.8t)
0.9%(0.48s)
13.80%
40.6%(25.1f,5s,4.8t)
22.7%(12.9s,6.6f)
16.3%(9.2n,4.2t)
10.7%(9.1c)
4.6%(2.3f,2.2n)
2%
34.2%(34.2%(14t,9n,7.2f)
43.8%(43.8%(24.1n,16t)
1.7%(0.8n,0.7t)
30.10%
26.7%(9.7t,7.8s,5.5w)
25.1%(14s,9.5t)
10.6%(7.7n)
36%
35.20%(8.5t,7.2c,7.3n)
5.60%(2.3s)
0.40%(n,w)
17%(9.6n,4.2t)
S1
S2
S3
N1
N2
اقلیمی :c
شوری و قلیائیت :n
حاصلخیزی خاک :f
خصوصیات فیزیکی :s
زهکشی:w
پستی و بلندی:t
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
مساحت (هکتار)


گندم
هندوانه
گوجه فرنگی
توتون
آفتابگردان
چغندرقند
سویا
سورگوم
زعفران
گلرنگ
برنج
45.40%
24%(9.9s,6.9t,5.1w)
12.4%(5.8s,2.7n,2.7t)
1.5%(1.2n)
11%(5.5n,2.8s)
28.20%
23.7%(8.7n,5.2t,3.9s)
8.8%(3.8s,3.1f)
13.5%(12.2c)
20%(10.4n,3.7t)
40.7%(19c,17.2f)
30.3%(17.2c,6.9f)
4%(1.4f,1.2c)
19.2%(9.4n,4.4t)
8.1%(5.9f,2.1c)
8.2%(7n)
16.8%(15.3f)
60.5%(24.9f,13.6s)
9.60%
56.3%(30.4f,8.4c,6.8n)
9.5%(4.7f,2.5t)
0.5%(w,s,n)
18.3%(10.8n,3.5t)
51.10%
21.5%(7.9w,6.5t)
8490.5
199.4
54738.0
6.20%
43.2%(18.2c,8.8cn,8w)
24.2%(22.1f)
0.70%
19.3%(11n,4t)
7%
29.9%(12c,9.3t,8.2s)
29.3%(12.3c,7.3t,6.7n)
0.2%(n)
29%(17.8t,10.5n)
22%(13.2c,8.1f)
57%(34.1f,17.2c)
2.8%(1.5f)
13.6%(12.3n)
1.90%
8.6%(3.9f,2.8c)
55.7%(45.1f,6n)
0.35%(n,f)
28.7%(17.6t,10.2n)
4%(
32.10%
23.40%
35.80%
S1 S2 S3 N1 N2
c: اقلیمی
n: شوری و قلیائیت
f: حاصلخیزی خاک
s: خصوصیات فیزیکی
w: زهکشی
t: پستی و بلندی
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
سطح (هکتار)


گردو
17.70%(c)
57.90%(52.2c)
4.50%(2.2c,1.6n)
14.20%(12.9n)
گیلاس
39.70%(32c,4.3s)
38.20%(30.8s)
3%(2.1n)
13.30%(12.8n)
آلبالو
41.80%(36.3c)
36.30%(30.7s)
3.90%(2.7n)
12.20%(11.7n)
آلو
16.8%(c)
56.5%(36.1c,18.4s)
8%(5.7s,1.9n)
12.3%(11.6n)
پسته
14.10%(13.8c)
43.10%(39.5c)
4.10%(1.5n)
33.70%(14c,12.1n,6.7s)
گلابی
18.8%(c)
42.7%(40.8c,1.2s)
13.6%(8.6c,3.2n)
20.2%(19.3n)
هلو
0.13%(c)
71.80%(71.5c)
8.80%(4.3c)
13.60%(12.9n)
شلیل
1.20%
22.40%(18.7s)
46.90%(41.7c)
8.90%(4.4c,3.2s)
14.10%(13.6n)
انگور
0.3%
34.80%(33.6c)
21.30%(11.9c)
21.60%(19.9c)
16%(11.5n,4.1c)
زردآلو
0.15%
44.6%(31c,6.7n,5.4s)
32.8%(15.6c,11.6n,4.1s)
1.7%(n)
14.9%(14.4n)
سیب
13.20%
42.5%(21c,13.8s,6.4n)
21.9%(11.9n,9s)
1.7%(n)
15%(14.5n)
بادام
31%(30.9c)
33.5%(16.2s,8.6c,8.3n)
6%(3.9n,1.5s)
23.8%(11.9s, 11.5n)
S1
S2
S3
N1
N2
c: اقلیمی
n: شوری و قلیائیت
f: حاصلخیزی خاک
s: خصوصیات فیزیکی
w: زهکشی
t: پستی و بلندی
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
مساحت (هکتار)

۷

تعیین گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

۷-۱ شناسایی و تبیین گزینه‌های سازگاری پایدار با کم‌آبی و تغییر اقلیم در بستر اگرواکولوژیک با استفاده از ظرفیت‌های دانش بومی

در فصول پیشین اشاره شد که محدودیت‌های منابع و تنگناهای اجتماعی و فنی فعلی که عموماً ناشی از رشد فزایندهٔ جمعیت و افزایش تقاضا برای این منابع از یک سو و فرسایش و فروسایش کیفی این منایع از سوی دیگر است، جهت‌گیری‌های توسعه کشاورزی را از الگوهای مبتنی بر "رشد" به الگوهای مبتنی بر "توسعهٔ پایدار" سوق داده است. در این پارادایم، دغدغه اصلی سیاست‌گذار متوجه توان بهره‌برداری پیوسته از ذخایر منابع طبیعی، قابلیت بازیابی آن در منابع تجدیدپذیر، و از همه مهم‌تر بیشینه‌سازی کارایی نهاده‌های تولیدی از این منابع در فرایند تولید اقتصادی است. در چنین رهیافتی، بازسازی ساختارهای تولید در بخش کشاورزی بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی گریزناپذیر است.

بر این اساس، تعیین شرایط بهینه برای توسعه کشاورزی با توجه به ماهیت خود ذاتاً یک فرایند چند هدفی تلقی می‌شود که طی آن باید روابط بین کارکردهای اقتصادی منابع آب و خاک، حفظ سلامت و پایداری اکوسیستم و منافع اجتماعی راهبردهای مورد توجه قرار گیرد. در چنین شرایطی لازم است سیاست‌گذار برای تأمین هدف‌های چندگانه از بین سناریوهای مختلف دست به انتخاب زده و پیامد هر یک از آنها را بر اساس معیارهایی از دیدگاه ترجیحات ذینفعان ارزیابی نماید.

بر همین اساس است که رویکرد اگرواکولوژیک به عنوان یک روش کارا برای غلبه بر چالش‌های برنامهریزی بخش کشاورزی و منابع آب مورد توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان قرار گرفته است. مولفه‌های اساسی این روش مبتنی بر برنامهریزی توسعه و تولید کشاورزی بر اساس سه اصل مهم کارایی اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی و مقبولیت اجتماعی است که خود در بر گیرندهٔ مجموعهٔ گسترده‌ای از معیارهای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، اکولوژیکی، فنی، نهادی و فرهنگی است.

بر این اساس، مسئله برنامه‌ریزی و انتخاب شرایط بهینه کشاورزی، معمولاً یک مسئله پیچیده است که در آن دستیابی به یک راه‌حل بهینه تحت هدف‌های چندگانه و گاهاً متناقض تعقیب می‌شود، برای مثال بیشینه‌سازی بازدهی اقتصادی خالص در یک اگرواکوسیستم نیازمند مصرف منابع آب است در حالی که پایداری سیستم، مستلزم کاهش مصرف آب می‌باشد. عملیاتی کردن این رویهٔ مدیریتی مستلزم توسعه الگوهای ساختاریافتهٔ برنامه‌ریزی بخش کشاورزی است به گونه‌ای که بتواند با برقرارسازی تعادل-های بین منابع و مصارف نهادههای تولید، منفعت اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی کل ناشی از مجموعه فعالیت‌های بخش کشاورزی را حداکثر سازد.

در این راستا این پرسش اساسی مطرح است که در چارچوب اصول توسعه پایدار و اصول اگرواکولوژی (که تبلور توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی است)، شرایط بهینه‌ای که بتواند ضمن تضمین رشد اقتصادی بخش کشاورزی، فشار بر منابع طبیعی کمیاب را کاهش داده و اثرات زیست محیطی کمتری داشته باشد، چیست؟ هدف این بخش از پژوهش، پاسخ به این پرسش برای کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در چارچوب یک روش چند وجهی مبتنی بر اصول اگرواکولوژی و با تاکید بر ابعاد گوناگون فنی، سیاست‌گذارانه، اجتماعی-اقتصادی و اکولوژیک (کارایی اقتصادی، پایداری زیست محیطی و پذیرش اجتماعی) است.

علاوه بر موارد پیش‌گفته، یکی از موضوعاتی که در برنامه‌ریزی برای مدیریت مطلوب و حکمرانی خوب احیای دریاچهٔ ارومیه باید مورد توجه قرار بگیرد توجه ویژه به مفهوم «سازگاری» است. هدف از سازگاری، کاربست راهکارهایی برای کمینه‌سازی پیامدهای منفی پدیده‌هایی همچون کم‌آبی و تغییر اقلیم، و بیشینه‌سازی فرصت‌ها برای جبران کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دستیابی به امنیت غذایی پایدار است. "سازگاری با تغییر" یک فرایند دو مرحله‌ای است؛ در مرحله نخست، درک تغییر رخ می‌دهد و در مرحله دوم تصمیم‌گیری برای اتخاذ یا عدم اتخاذ یک اقدام خاص. بر اساس این استدلال، بررسی و مشخص نمودن چگونگی درک کشاورزان از تغییرات نظام‌های کشاورزی (در این جا: مجموعه مشکلات ناشی از آب در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه) در تصمیم‌گیری‌های سیاستی مربوط به سازگاری بسیار مهم است.

بنابراین درک باورها و نگرانی‌ها در مورد تغییر اقلیم از جانب کشاورزان به منظور توسعه سیاست‌ها و راهبردهای مناسب اهمیت فروانی دارد. بررسی درک و رفتار کشاورزان در مواجهه با تغییرات باعث می‌گردد تصمیم‌سازان با آگاهی از روش‌هایی که کشاورزان به منظور مقابله با تغییرات انجام می‌دهند، از خسارت‌های ناشی از آن بکاهند و برنامه‌ریزی‌های لازم را برای آینده کشاورزی و کشاورزان مد نظر

قرار دهند. لذا بسیار ضروری است رفتار کشاورزان در این رابطه شناخته شود. بدین منظور درک بهتری از ادراکات کشاورزان در خصوص تغییرات اقلیم و کم‌آبی طولانی مدت، اقدامات سازگاری برای تعیین سیاست‌های سازگاری موفق در آینده بخش کشاورزی مهم است. بنابراین سازگاری با تغییر اقلیم و کم آبی در کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه یک مسأله صرفاً فنی نیست، بلکه ابعاد اجتماعی و فرهنگی را نیز به دنبال دارد. به عبارت دیگر سازگاری یک فرایند است و نه فهرستی از اقدامات و گزینه‌ها؛ پس باید در درون چارچوب گسترده اجتماعی و اکولوژیکی در نظر گرفته شود.

مسأله مهم دیگر پایداری گزینه‌های سازگاری است. اصطلاح "سازگاری پایدار" با درک این موضوع مطرح شده است که در حالی که در دهه‌های آینده به شدت به "انطباق با تغییرات" نیاز است، ما در مورد اثرات گسترده و بلندمدت و پیامدهای سازگاری کم می‌دانیم. تاکنون هیچ اطمینانی وجود ندارد که پاسخ‌های ما به تغییرات آب و هوایی، از نظر اجتماعی یا زیست‌محیطی پایدار باشند. در برخی مواقع ما با «کژسازگاری»[1] مواجه هستیم که خود در میان مدت اثرات سو خواهد داشت. برای مثال استفاده از چاه‌های عمیق یک روش متداول سازگاری است اما بی‌شک پایدار نخواهد بود. بنابراین در شرایط کم آبی باید فعالیت‌های کشاورزی از منابع آبی استفاده بهینه کند و روش های سازگاری متناسب یا شرایط کم آبی در بلند مدت بسیار مهم هست که هم کشاورزی دوام داشته باشد و هم مشکل کم آبی مرتفع شود.

***

در دوره آینده میانگین عملکرد دانه گندم عموماً روند افزایشی داشت، به طوری که در سناریوی متوسط (RCP4.5) ۷/۶ درصد و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) ۱۱/۳ درصد افزایش خواهد یافت. بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت زیاد گندم در حوضه دریاچه ارومیه انتظار می‌رود که تولید گندم در آینده تغییر اقلیم افزایشی باشد. چنانچه نقش رقم (ژنوتیپ) را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه گندم به مراتب بیشتر از زودرس در دوره پایه است (به ترتیب ۷۹۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس افزایشی خواهد بود به طور مثال، برای رقم زودرس ۴/۳ و ۶/۴ درصد به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 افزایش خواهد یافت، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۱۰ و ۱۶٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد گندم در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است.

1- maladaptation

چنانچه در حوضه دریاچه ارومیه، بنا بر مطالعات پیشین، گیاه کلزا را به عنوان یک گیاه با مصرف آب کمتر جایگزین گندم و یا حداقل در الگو قرار دهیم نتایج متفاوت خواهد بود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که این گیاه حداقل حدود یک ماه زودتر از گندم دوره رسیدگی خود را تکمیل می‌کند و از این رو اگر عملکرد دانه کمتری هم نسبت به گندم داشته باشد، احتمال می‌رود مصرف آب به مراتب کمتری نیز داشته باشد. در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس هم افزایش و هم کاهشی خواهد بود؛ برای رقم زودرس ۳/۲- و ۲/۳+ درصد کاهش و افزایش به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 خواهد بود، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۲/۹ و ۶/۵٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد کلزا در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است.

بر همین اساس، در پژوهش حاضر کلزا در الگوی کشت جدید قرار گرفته و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. وابستگی بیش از ۹۰ درصدی به خارج کشور در تامین دانههای روغنی، اهمیت کشت کلزا را در اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی روشن می‌کند. این گیاه همچنین به لحاظ کیفیت هم قابل توجه است، به طوری که دانه آن حاوی ۴۵-۴۰٪ روغن و ۳۵-۲۵٪ پروتئین است که به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد اندک اسیدهای چرب اشباع‌شده همانند زیتون جزو با ارزش‌ترین روغن های خوراکی است. پروتئین موجود در کنجاله کلزا نیز در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود. علاوه بر این، برای تولید پایدار گندم که در الگوی فعلی منطقه سطح زیر کشت بالایی دارد، کشت کلزا ضروری است، زیرا این دانه روغنی در تناوب کشت با گندم سبب تقویت خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفاده بهینه از آب و در نهایت افزایش تولید گندم می‌شود.

علاوه بر گونه‌های گیاهی جدید که باید در الگوی کشت حوضه آبریز دریاچه ارومیه وارد شده و جایگزین گیاهانی شود که مصرف آب بالاتر و به عبارت دیگر «سازگاری کمتری» با شرایط جدید و شرایط آتی تغییرات و نوسانات اقلیمی دارند، می‌توان و باید از ارقام جدید گیاهان زراعی موجود در الگوی کشت رایج نیز استفاده کرد. به عنوان مثال، در مورد هر گیاه زراعی به طور کلی ارقام زودرس نیاز آبی کمتری دارند که بدیهی است به دلیل طول دوره رشد کمتر نیاز آبی پائین‌تری داشته باشند. پژوهش حاضر در مورد گندم و کلزا نشان داد این امر در حالی در مورد ارقام زودرس آنها صادق است که میانگین عملکرد ارقام زودرس به اندازه نیاز آبی آنها چندان کمتر از ارقام دیررس آنها نبود. در گندم،

ارقام دیررس حدود ۵۰۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۱۰۶ مترمکعب نیاز آبی داشتند. این بدان معنی است که می‌توان با تغییر در ارقام زراعی، حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار کاهش مصرف آب داشت.

این امر در مورد ذرت دانه‌ای نیز صادق است: در این پژوهش، نیاز آبی ارقام ذرت دیررس حدود ۵۴۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۸۰۶ مترمکعب در هکتار بود؛ این بدین معنی است که با تغییر در ارقام کشت، حدود ۶۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش مصرف آب خواهیم داشت. شایان ذکر است که این مقادیر مصرف آب در شهرستان‌های مختلف، اختلاف قابل توجهی داشت. به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می توان به کمترین میزان مصرف آب (۵۱۰۰ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۸/۲ تن در هکتار دست یافت. بنابراین رابطه مستقیمی بین میزان مصرف آب و عملکرد دانه تولیدی وجود دارد. این روند تقریباً در تمامی شهرستان‌ها در دوره پایه مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل توجه این است که می‌توان با کشت ارقام زودرس ذرت و نیز انتخاب توامان مناطق سازگارتر با اقلیم و با مصرف آب کمتر، میزان مصرف آب را تا حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش داد.

بنابراین مشاهده می‌شود، صرفاً تغییر ارقام فعلی گندم، کلزا و ذرت دانه‌ای که در حوضه آبریز کشت می‌شود و بهره‌گیری از ارقامی که «سازگاری پایدار» بالاتری به شرایط متغیر فعلی و آتی حوضه آبریز دارند می‌تواند به صرفه‌جویی جدی در مصرف آب کشاورزی حوضه منجر شود؛ اگر کاهش مصرف ۱۰۰۰ متر مکعبی در هر هکتار را با تغییر ارقام زراعی این ۳ محصول در سطح زیر کشت پیشنهادی گندم، کلزا و ذرت دانه‌ای در الگوی کشت بهینهٔ حوضه آبریز (مجموعاً بیش از ۱۰۰ هزار هکتار) ضرب کنیم، معادل ۱۰۰ میلیون متر مکعب کاهش مصرف آب حوضه آبریز محقق خواهد شد.

گیاه دیگری که جایگاه آن را باید در الگوی کشت منطقه برای دستیابی به «سازگاری پایدار» تغییر داد، چغندر قند است. می‌دانیم راهکار دوم برای کاهش مصرف آب آبیاری بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، جایگزینی محصولات پاییزه و امکانسنجی کاشت همین محصولات در فصل پاییز با شرط عدم وجود سرمازدگی است. چغندرقند را که یک گیاه آبی پر مصرف است و سطح زیر کشت نسبتاً بالایی هم در الگوی کشت فعلی منطقه دارد میتوان به صورت پاییزه در مناطقی که زمستانهای معتدل‌تر دارند کشت کرد. در چنین شرایطی، استفاده از محصولات پاییزه به جای بهاره جذاب است، زیرا شرایطی ایجاد می‌کند که می‌توان از هدررفت انرژی پرهیز کرد. گیاهانی که به عنوان محصولات پاییزه کشت می‌شوند (مانند کلزای روغنی و غلات پاییزه و اخیراً چغندرقند پاییزه) در پاییز کشت و در سال بعد برداشت می‌شوند.

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از بارش‌ها در طول دوره رشد و کارآیی بیشتر مصرف آب در زراعت چغندرقند پاییزه است. این موضوع با درنظر گرفتن رسالت و آرمان اصلی این پروژه، یعنی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه آبریز، اهمیتی مضاعف می‌یابد. جز موارد خاص که بارندگی‌های بهاره به جوانه زدن و استقرار گیاه کمک می‌کند، مراحل اصلی رشد چغندرقند بهاره در تابستان صورت می‌گیرد و گیاه تقریباً در تمام دوره رشد خود (از مرحله جوانه‌زنی تا برداشت) نیازمند آبیاری است؛ این درحالی است که دوره اصلی رشد چغندرقند پاییزه در پاییز و زمستان انجام می‌شود و قسمتی از نیاز آبی گیاه از طریق بارندگی تأمین می‌گردد. از آنجا که نحوه توزیع بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه عموماً به نحوی است که حدود سه چهارم بارش سالانه در دو فصل پاییز و زمستان روی میدهد، بنابراین کشت پاییزه چغندرقند این امکان را دارد که بخشی از نیاز آبی خود را از طریق بارندگی‌های منطقه تأمین کند. این موضوع در نهایت به کاهش میزان مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آن در خصوص تولید شکر در چغندرقند پاییزه منجر می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که محصول پاییزه و بهاره چغندرقند به ازای مصرف یک مترمکعب آبِ آبیاری به ترتیب معادل ۸۵۳ و ۵۳۲ گرم شکر تولید می‌کند.

۷-۲ انتخاب گزینه‌های سازگاری پایدار منتخب برای توصیه و اجرای میدانی

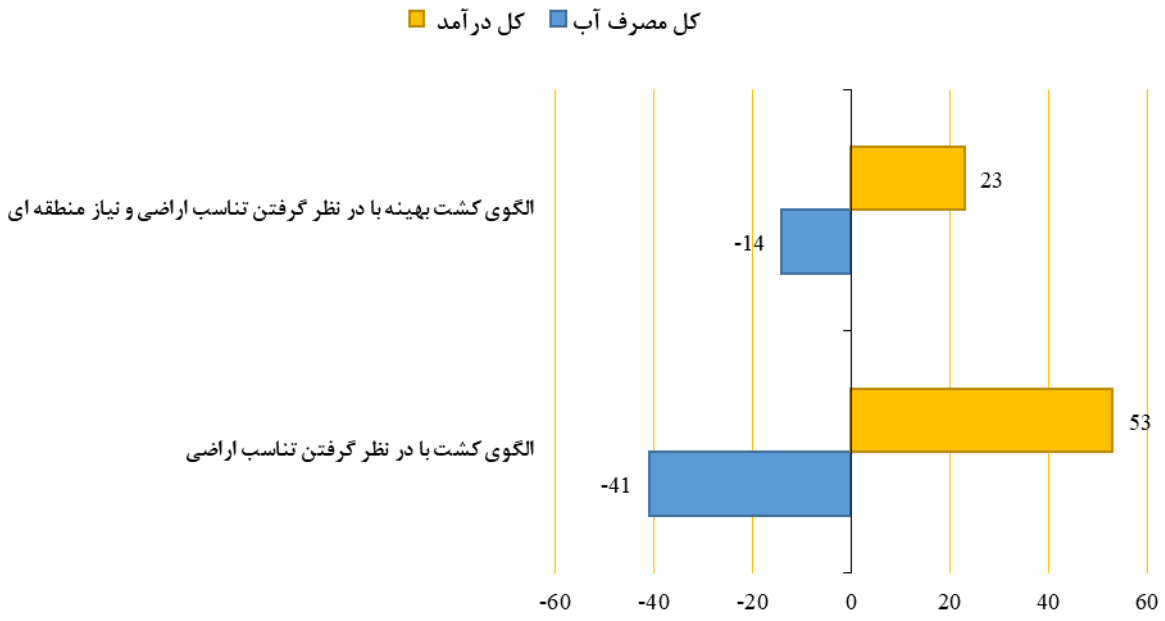
در صورتی که الگوی کشت منطقه با هدف بیشینه سازی درآمد خالص کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه سازی مصرف آب بهینه سازی شود به گونه‌ای که مجموع سطح کشت محصولات بدون تغییر باقی بماند و مجموع کلاس‌های تناسب اراضی S_1 و S_2 به عنوان حداکثر سطح قابل توسعه در نظر گرفته شود، در این صورت سطح محصولات با درآمد خالص بالا و نیاز آبی کم شامل جو، خیار، سورگوم، کلزا، هندوانه، هویج، گیلاس، پسته، زعفران و نخود افزایش یافته، سطح محصولات انگور، زردآلو، سیب، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و گندم کاهش یافته و سایر محصولات از الگو حذف می‌شوند.

در صورتی که علاوه بر محدودیت تناسب اراضی، حداقل سطح مورد نیاز برای تأمین نیاز دام منطقه به محصولات یونجه (۷۱۱۵۲ هکتار)، سورگوم (۳۶۳۰ هکتار) و جو؛ تامین حداقل ۵۰ درصد چغندرقند مورد نیاز کارخانجات قند شهرستان‌های ارومیه، پیرانشهر، نقده و میاندوآب؛ حداقل مصرف محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه بر اساس سرانه مصرف این محصولات، حداکثر سطح قابل افزایش برای محصولات باغی با محصول

فسادپذیر ۲۰ درصد و برای سایر محصولات زراعی ۵۰ در نظر گرفته شود، نتایج بهینه‌سازی مطابق جدول زیر خواهد شد. در این الگو، به منظور رعایت تناوب زراعی، حداکثر سطح محصول زعفران که به دلیل مصرف آب کمتر و درآمد بالاتر به عنوان اولین محصول در ترکیب کشت قرار می‌گیرد، ۵۰ درصد مجموع سطح S_1 و S_2 آن در نظر گرفته شده است. در بین محصولات، زعفران و پسته به دلیل بهره وری اقتصادی بالای آب بیشترین سطح قابل افزایش را به خود اختصاص داده و سطح محصول یونجه با توجه نیاز آب آبیاری بسیار زیاد کاهش پیدا می‌کند. در این سناریو، کل مصرف آب منطقه حدود ۱۴ درصد (۵۰۸ میلیون متر مکعب) کاهش پیدا کرده و میزان درآمد کل منطقه حدود ۲۳ درصد (۷،۵۹۲ میلیارد ریال) افزایش پیدا می‌کند (جدول ۱، شکل ۱).

جدول ۱. سطح زیر کشت محصولات در الگوی کشت فعلی و بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه‌ای

سطح محصولات در الگوی کشت فعلی و بهینه			
محصول	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت با در نظر گرفتن تناسب اراضی	الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه ای
گندم	۱۱۹۷۵۳	۱۱۰۷۵۸	۱۰۳۶۷۳
آفتابگردان	۵۰۳۳	–	۲۵۱۷
پنبه	۲۰۰	–	۱۰۰
پیاز	۳۷۵۸	–	۱۸۷۹
جو	۲۷۱۴۹	۵۵۳۹۳	۳۰۸۵۲
چغندرقند	۲۶۴۹۱	–	۱۷۱۸۸
خیار	۱۸۸۸	۳۳۳۵۸	۴۰۴۰
ذرت دانه‌ای	۲۰۷۲	–	۱۰۳۶
ذرت علوفه‌ای	۵۸۲۰	۳۲۱	–
سورگوم	۱۱	۸۴۴۶۶	۶۶۶۷
سیب زمینی	۹۹۲۲	–	۹۴۳۲
کلزا	۴۱۰۸	۷۴۲۰	۲۰۵۴
گوجه فرنگی	۸۱۳۶	۲۵۷۹	۴۰۶۸
لوبیا	۲۷۳۴	–	۱۳۶۷
هندوانه	۷۲۳	۲۹۱۶	۳۶۱
هویج	۴۶۲	۶۰۰	۲۳۱
یونجه	۹۵۲۰۴	–	۷۱۱۵۲
سیب	۶۹۹۳۳	۶۷۸۸۴	۵۵۹۴۶
گلابی	۱۴۸۹	–	۱۱۹۱
آلبالو	۱۷۰۳	–	۱۳۶۲
گیلاس	۱۴۸۶	۲۲۸۴۰	۲۲۲۹
آلو	۳۲۷۷	–	۲۶۲۲
هلو	۵۹۵۴	–	–
زردآلو	۷۵۵۸	۱۹۱۳	۶۰۴۶
شلیل	۲۶۷۷	–	۲۱۴۲
انگور	۳۲۲۴۹	۴۴۰۸	۳۸۶۹۸
پسته	۵۸۶	۱۷۴۶	۴۱۴۱۳
بادام	۱۱۷۹۰	–	۹۴۳۲
گردو	۹۶۷۱	–	۷۷۳۷
زعفران	۳۰	۳۳۶۳۸	۱۶۸۱۹
نخود	۷۶۴	۱۲۳۹۲	۳۸۲



شکل ۱. درصد تغییرات مصرف آب و درآمد کل نسبت به وضعیت موجود در دو سناریوی الگوی کشت

۳-۷ توسعهٔ مفهوم و اجرای کشاورزی چندکارکردی در کشاورزی حوضهٔ آبریز به منظور تنوع‌بخشی به درآمد و کاهش مصرف آب

کشاورزی در طول تاریخ ده‌هزار سالهٔ خود نقشی اصلی و کلیدی در توسعه مناطق روستایی داشته است. امروزه تقاضا از کشاورزی تغییر کرده است؛ این تغییر موجب شده تا کشاورزی کارکردی چندگانه پیدا کند که اساس آن پایداری است. امروزه واحد تولیدی کشاورزی، علاوه بر تولید غذا باید خدمات دیگری نیز، مانند گردشگری، حفاظت از محیط زیست و طبیعت و آموزش برای دستیابی به زندگی با کیفیت بالاتر ارائه کند. بر همین اساس است که پارلمان اروپا در سال ۱۹۹۶ در منشور خود برای مناطق روستایی نقش چندگانهٔ کشاورزی را چنین بر می‌شمرد:

- ✓ تضمین ایمنی و سلامت غذایی
- ✓ نگهداشت و حفاظت از چشم‌اندازهای طبیعی
- ✓ حفاظت از کیفیت‌های زندگی روستایی
- ✓ حفاظت از بهداشت خاک، هوا و آب
- ✓ تولید مواد اولیه تجدیدپذیر وگیاهان جایگزین برای بخش صنعت.

در اروپا مفهوم کشاورزی چندکارکردی اولین بار در سال ۱۹۹۳ از سوی شورای حقوقی کشاورزی اروپا به منظور هماهنگی در قانونگذاری کشاورزی در سراسر اروپا و ایجاد ادراک عمومی از کشاورزی پایدار، با تعریفی قانونی به کار برده شد، هرچند تاریخ پیدایش مفهوم «کشاورزی چندکارکردی[1]» به اندکی پیش از این تاریخ باز می‌گردد. بر این اساس، مفهوم چندکارکردی بودن کشاورزی، دربرگیرندهٔ تمام کالاها، محصولات و خدمات حاصل از فعالیت‌های کشاورزی است. در سال ۱۹۹۸ نیز سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی، کشاورزی چندکارکردی را این گونه تعریف کرد: کشاورزی فراتر از کارکرد اصلی خود که تولید محصولات غذایی و صنعتی است، می‌تواند در قالب مناظر طبیعی جلوه‌گر باشد، منافع زیست‌محیطی مثل حفاظت از زمین، مدیریت پایدار منابع طبیعی تجدیدشونده و حفاظت از تنوع زیستی را فراهم آورد و در تداوم حیات اجتماعی- اقتصادی اکثر مناطق روستایی سهم داشته باشد. کشاورزی زمانی چندکارکردی است که یک یا چندین کارکرد علاوه بر نقش اصلی خود (تولید غذا و الیاف) داشته باشد. پژوهشگران عمدتاً در بررسی‌های خود، کشاورزی چندکارکردی را در قالب مفاهیمی مثل تولید غذا، الیاف، چوب و خوراک دام، چشم‌اندازهای روستایی، منافع زیست‌محیطی، تداوم حیات

1- multifunctional agriculture

اجتماعی- اقتصادی مناطق روستایی و صیانت از زراعت خانوادگی، تولید منابع انرژی به‌خصوص انرژی زیستی، تعادل توسعهٔ منطقه‌ای، میراث فرهنگی، تنوع زیستی، تفریح و گردشگری، سلامت خاک و آب، مناظر طبیعی، حیات وحش، ارزش علمی و آموزشی، امنیت غذایی، سلامت و کیفیت غذا، تسهیل در جذب آب و کمک به ایجاد آب‌های زیرزمینی مطرح کرده‌اند.

گروه دیگر پژوهشگران کشاورزی را مشتمل بر ۳ گروه کارکرد تعریف کرده‌اند: ۱) کارکردهای تولیدی؛ مثل تولید غذا و الیاف (کالاهای بازاری نیز نامیده می‌شود)، ۲) کارکردهای زیست‌محیطی؛ مثل حفاظت از محیط زیست روستا و برخورداری از چشم‌اندازهای زیبا و تنوع زیستی، و ۳) کارکردهای اجتماعی- اقتصادی؛ مثل سرزندگی جوامع روستایی (قابلیت زیست در مناطق روستایی) و توسعهٔ محلی (کالاهای غیربازاری نیز خوانده می‌شود). همین مفهوم را Vatn (۲۰۰۱) به این صورت‌بندی بیان کرده که معتقد است کشاورزی دارای یکسری خروجی‌های مثبت و منفی است که عبارتند از: جنبه‌های زیست‌محیطی، شامل مناظر طبیعی (تنوع زیستی، تفریح، زیبایی‌شناسی)، میراث فرهنگی، آلودگی (تغییر در چرخه‌های مواد، آلودگی ژنتیکی و غیره)، امنیت غذایی (دسترسی به شرایط مختلف)، سلامت غذایی (کیفیت یا وضعیت بهداشتی محصولات)، بنگاه‌های روستایی (مسکن روستایی و فعالیت‌های اقتصادی محلی). بر اساس نظرات Batie (۲۰۰۳) فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند منافع عمومی متعددی، مانند بهبود کیفیت آب، زیستگاه‌های حیات وحش، مطلوبیت چشم‌انداز، کنترل سیلاب، بازیافت مواد مغذی و رسوبات کربنی، شکار، گردشگری کشاورزی، تفریحات کشاورزی، هویت منطقه‌ای، ارزش‌های میراثی و شادابی روستایی و محیط را فراهم آورد.

جنبه‌های مختلف کشاورزی چندکارکردی

جامعه روستایی پایدار. بسیاری از جوامع مانند کشورهای اروپایی و ژاپن سابقه طولانی را در حمایت از کشاورزی در قالب حمایت از کشاورزی خانوادگی و کشاورزان خردهمالک، اقتصاد محلی، سنت‌های غذایی محلی و گردشگری کشاورزی دارند. این سیاست‌ها از مزارعی حمایت می‌کند که به اقتصاد بومی و محلی خود وابسته است و پیوند نزدیکی با آن دارد. در این نظام تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و عرضه‌کنندگان محصولات محلی مورد توجه خاص هستند. این کشورها چنین تصوری دارند که این نظام باید در مقایسه با نظامی از بهره‌برداری که مالکان مزرعه در شهرها زندگی می‌کنند و در روستا حضور ندارند و اصولاً با اقتصاد شهری سر و کار دارند تقویت و حمایت شود تا اقتصاد و میراث فرهنگی روستایی حفظ شود. بدین منظور بسیاری از کشورها از توسعه بازارهای محلی و گشودن مزارع به روی

مصرف‌کنندگان علاقه مند به گردشگری کشاورزی حمایت می‌کنند. برای مثال کشور فرانسه در قانون کشاورزی سال ۱۹۹۸ بهطور صریح به کشاورزانی که ایجاد اشتغال می‌کنند و خود و خانواده آنها در مزرعه به کار اشتغال دارند و خود مسئول مزرعه هستند کمک خواهد شد. این قانون همچنین فرصت‌ها را برای کشاورزان جوان مهیا می‌کند و رهیافت‌های ارزش افزوده درون مزرعه‌ای را گسترش می‌دهد (دوریس،۲۰۰۰). منطبق با همین دست قوانین، کشاورزی ضمن حفظ کارکرد اصلی خود یعنی تولید غذا، دیگر کارکردها را نیز گسترش داده تا مزایا و ارزش افزوده بیشتری را برای ذی نفعان مختلف به همراه داشته باشد. گردشگری کشاورزی در اروپا در همین راستا توسعه یافته است.

فواید زیست‌محیطی. عملیات مختلف کشاورزی اساساً اثرات متفاوتی بر محیط زیست دارند و سیاست‌های بسیاری از جوامع که از کشاورزی طبیعت‌محور حمایت می‌کنند تصدیق نموده که برای عموم مردم یک سود خالص است. کشاورزان به طرق مختلف برای مشارکت فعال در این قبیل فعالیت‌ها و حفظ تنوع زیستی (به ویژه زیست‌بوم حیات وحش)، بهبود کیفیت آب و افزایش بهداشت خاک پاداش می‌گیرند. همچنین بسیاری از کشورها از برنامه‌های انرژی پاک حمایت می‌کنند.

چشم‌انداز طبیعی و گردشگری. بسیاری از جوامع به کشاورزی پایدار اهمیت فراوانی می‌دهند به ویژه به مزارع کوچکی که چشم‌انداز یک روستا را زیبا می‌کند. این چشماندازهای زیبا ظرفیت مزرعه را برای جلب گردشگران بالا می‌برد.

کیفیت و سلامت مواد غذایی. بسیاری از کشورها به محصولاتی از سلامت و کیفیت بالایی برخوردارند اهمیت فراوانی می‌دهند. به ویژه کشورهایی از قبیل آلمان، اتریش و کشورهای اسکاندیناوی برای گسترش کشاورزی ارگانیک اقدامات فراوانی انجام داده و می‌دهند.

کشاورزی چندکارکردی: تولیدگرایی و پساتولیدگرایی

تولیدگرایی شیوه‌ای از کشاورزی است که به طور فشرده از نهاده‌های شیمیایی بهره می‌برد و بر تولید حداکثری تأکید دارد. این رهیافت به قبل از جنگ جهانی دوم برمی‌گردد، اما افزایش بیشینه تولید در تلاش برای غلبه بر جنگ برای افزایش تولید و امنیت غذایی برای ملت‌های درگیر جنگ پی‌گرفته شدکه

خسارت‌های زیادی دیده بودند. تولیدگرایی نه تنها بیانگر سبکی از کشاورزی است، بلکه سطح و میزان حمایت‌های دولت‌ها را از طریق یارانه‌ها و سیاست‌های حمایت از تولیدات داخلی را تعیین می‌کند.

با این حال، بحران‌های کشاورزی در دهه ۱۹۸۰ از جمله تخریب محیط زیست منجر به اقدامات جدیدی شد که به دنبال توقف روند موجود و پیامدهای منفی تولیدگرایی کشاورزی بود. این ضعف‌ها و پیامدها به تدریج رهیافت تولیدگرایی را به چالش کشاند و گذار از تولیدگرایی به پساتولیدگرایی آغاز شد. پساتولیدگرایی مکتبی است که بعد از تولیدگرایی و با انتقاد از آن آغاز شده است. پیامدهای کشاورزی فشرده بر مناطق روستایی، تغییرات چشم‌اندازها و محیط زیست بر اثر آلودگی کشاورزی موجب پیدایش دیدگاه متفاوت در کشاورزان و گذار از «تخریب‌کنندگان زمین» به «آبادگران» بوده است. در این مکتب، کمک‌های مالی یا مشوق‌ها برای فعالیت‌هایی در جهت حفظ و پایداری محیط زیست در نظر گرفته میشود.

ترک عادات و شیوه تولیدگرایی توسط کشاورزان دشوار است. برتون (۲۰۰۴) اشاره می‌کند که رفتار پساتولیدگرایانه در کشاورزان یک ارزش نمادین اجتماعی است. کشاورزان خوب و موفق، تولید محصولات با کیفیت، عملکرد بالا و مزارع خوش منظر را توامان پیش می‌برند؛ بنابراین کارکرد چندگانه کشاورزی مفهومی است که در مکتب پساتولیدگرایی نمود پیدا کرده است. در سایه مخاطرات فزایندهٔ محیطی روزافزون مانند تغییر اقلیم، مکتب پساتولیدگرایی به عنوان پیشران رویکرد کشاورزان به فعالیت‌هایی مانند گردشگری کشاورزی به عنوان مشاغل و معیشت مکمل و جایگزین عمل می‌کند، مشاغل و سبک‌هایی از معیشت روستایی که در دوران تولیدگرایی چندان مورد توجه و پشتیبانی قرار نداشتند.

تولیدگرایی به حالتی از هر دو عمل و سیاست کشاورزی اشاره دارد که در آن از نهاده‌ها به صورت فشرده و بسیار زیاد استفاده می‌شود و بر حداکثر تولید محصولات کشاورزی تأکید دارد. به عبارت دیگر، تولیدگرایی مترادف است با بیشینهٔ بهره‌برداری از ظرفیت زمین در قالبی مکانیستیک که سیستم مزرعه صرفاً بازتابی از فرایند تولید باشد. تولیدگرایی نه تنها سبکی از کشاورزی است، بلکه سطحی از تولید را نشان میدهد که یک سامانهٔ حاکمیتی از آن با کمکهای مالی، تضمین قیمت و سیاستهای حمایتی پشتیبانی میکند، چرا که چنین باوری در حاکمیت وجود دارد که از طریق افزایش تولید محصولات کشاورزی، خودکفایی و استقلال نصیب کشور و پاداشهای مالی- درآمدی برای کشاورزان محقق میشود. در تولیدگرایی حجم قابل توجهی یارانه در قالب کود، بذر و ماشینآلات به تولیدکنندگان ارائه می‌شود. از طرفی، تولیدگرایی عمدتاً با ساختار سیاست‌گذاری از بالا به پایین دیده شده و شامل فناوری‌ها و عملیات کشاورزی‌ای است که عموماً از نهادههای خارجی و ماشینآلات به مقدار زیاد استفاده میکند که

تخریب شدید زیستمحیطی را در کشت‌بوم‌ها به دنبال دارد. در عصر تولیدگرایی تأکید فراوانی بر حداکثر تولید مواد غذایی و نقش غالب مناطق روستایی و حاشیه‌ای به عنوان محلی برای تولید مواد غذایی می‌شد. لذا بیشینه‌سازی تولید و نوسازی مزرعه مؤلفههای کلیدی تولیدگرایی است که به عنوان ساختارهای سازمانی تولیدگرایی (به عنوان مثال وزارت کشاورزی، اتحادیه کشاورزان) نقش مشوق و کمک‌دهندهٔ افزایش تولید را ایفا میکنند.

همان‌طور که پیش‌تر در این بخش اشاره شد به تدریج شواهد نشان داد هرچند کشاورزی تولیدگرا با افزایش تولید و تأمین امنیت غذایی توانست موفق باشد، اما این فرآیند منجر به تهدیدهای زیست‌محیطی و نگرانیهای اجتماعی نسبت به سلامت غذا و رفاه دام و نیز موجب بحرانهای اقتصادی شد و محیط زیست روستایی به طور واقعی و پایدار مورد تجاوز قرار گرفت. لذا بعد از دستورالعمل ۲۱ در ریو (۱۹۹۲) کشاورزی چندکارکردی در مناظرات سیاسی پیرامون آینده کشاورزی و توسعه روستایی به عنوان یک راه‌حل اهمیت ویژه‌ای یافت و به منزلهٔ پارادایم نوین توسعه کشاورزی و روستایی به جهان معرفی شد.

کشاورزی چندکارکردی در سال ۱۹۹۲ میلادی به طور رسمی در نشست ریو، برزیل با تأکید بر امنیت غذایی و توسعهٔ پایدار مطرح شد. پیش‌تر اشاره شد هدف کشاورزی چندکارکردی بهبود رفاه جامعه روستایی است. ریشهٔ این امر در این است که کشاورزی خُرد که شکل غالب کشاورزی محسوب میشود، عموماً در نظام جهانی غذا وضعیت نامساعدی دارد و امکان بهکارگیری صنایع تبدیلی، استاندارد غذایی و فناوری سرمایه‌بر در این نوع کشاورزی وجود ندارد، لذا ماندگاری و تداوم این واحدهای اقتصادی از لحاظ وجود نیروی کار خانوادگی انعطاف‌پذیر و ارزان، بهویژه خانوارهای زراعی، توسعهٔ نظامهای جایگزین غذایی و بازارهای محلی برای غذا و نیز سایر خدمات اهمیت دارد. تمامی این بحثها، ارزشهای چندگانهٔ کشاورزی، مانند وجود سرمایه‌های مسکونی، تفریحی، زیست محیطی و فرهنگی را نشان میدهد و به عنوان پارادایمی نوین در برابر ایدئولوژی تقلیل‌گرایانهٔ ماتریالیستی یا کشاورزی صنعتی طرح شده است.

در ایران، علی‌بیگی و برزو (۱۳۹۲) با هدف شناسایی و تعیین کارکَردهای کشاورزی کشور از دیدگاه صاحبنظران توسعهٔ کشاورزی و روستایی، پژوهشی را با استفاده از روش دلفای و بر اساس نمونهگیری هدفمند انجام دادند. در این پژوهش که در سه دور انجام شد ۷ کارکَرد به منزلهٔ کارکردهای تولیدی کشاورزی و ۳۳ کارکَرد به منزلهٔ کارکَردهای غیرتولیدی کشاورزی در قالب ۸ زیرعنوان (کارکَردهای اجتماعی و فرهنگی، سیاسی، اقتصادی، آموزشی، معرفتشناسی، هنری، زیست‌محیطی و اکولوژیکی)

شناسایی و تعیین شدند. از مهم‌ترین کارکردهای تولیدی می‌توان به تولید غذا، تولید خوراک دام و تولید الیاف (جدول ۱) و از مهم‌ترین کارکردهای غیرتولیدی می‌توان به امنیت غذایی، اشتغال‌زایی، کسب درآمد، سرمایهٔ اجتماعی، صادرات و ارزآوری، حفاظت از تنوع زیستی و منابع پایهٔ تولید به‌ویژه آب و خاک (جدول ۲) اشاره کرد.

جدول ۱. هفت کارکرد تولیدی کشاورزی از نظر متخصصان توسعهٔ کشاورزی و روستایی. کارکرد شماره ۴ (تولید مواد اولیهٔ مورد مصرف در درمان و داروسازی) از فهرست نهایی حذف شده است (علی‌بیگی و برزو، ۱۳۹۲).

ردیف	کارکردهای تولیدی کشاورزی	درصد موافقت	درصد مخالفت	بدون پاسخ
۱	تولید محصولات غذایی مورد نیاز روستاییان و جامعه	۱۰۰	۰	-
۲	تولید مواد خام برای بخش‌های گوناگون صنعتی	۹۰	۱۰	-
۳	تولید خوراک دام	۱۰۰	۰	-
۴	تولید مواد اولیهٔ مورد مصرف در درمان و داروسازی	۶۰	۴۰	-
۵	تولید الیاف برای تأمین پوشاک	۸۰	۲۰	-
۶	پایگاه تکثیر و پرورش دام، طیور و آبزیان	۱۰۰	۰	-
۷	تولید مواد اولیهٔ مورد نیاز صنایع دستی روستایی	۹۰	۱۰	-
۸	تولید بذور مادر و تجاری	۱۰۰	۰	-

جدول ۲. کارکردهای غیر تولیدی کشاورزی از نظر متخصصان توسعهٔ کشاورزی و روستایی. کارکردهای شماره ۱۶، ۲۹، ۳۰ و ۳۳ از فهرست نهایی حذف شده است (علی‌بیگی و برزو، ۱۳۹۲).

ردیف		کارکردهای غیرتولیدی کشاورزی	درصد موافقت	درصد مخالفت	بدون پاسخ
۱	کارکردهای اجتماعی و فرهنگی	عامل بازدارندهٔ مهاجرت روستاییان به شهرها	۸۰	۲۰	–
۲		پایگاه شناسایی، ارزیابی و تطبیق و تلفیق دانش بومی و نوین	۹۰	۱۰	–
۳		عامل تمرکز و تعامل نیروی انسانی خانوار برای سازندگی	۸۰	۲۰	–
۴		کشاورزی به منزلهٔ یک شیوهٔ زندگی	۹۰	۱۰	–
۵		منشأ ارتقای سرمایهٔ اجتماعی در جامعهٔ روستایی	۱۰۰	۰	–
۶		منشأ تشکیل تعاونی‌ها و سازمان‌های کشاورزی و روستایی	۹۰	۱۰	–
۷		کارآفرینی اجتماعی و کمک‌های انسان‌دوستانه	۸۰	۱۰	۱۰
۸		میدان تضارب آرای اقتصادی و فنّی(تقسیم آب، زمین، مرتع،...)	۸۰	۱۰	۱۰
۹	کارکردهای سیاسی	عامل امنیت غذایی	۱۰۰	۰	–
۱۰		عامل کسب استقلال سیاسی و اقتصادی (خودکفایی)	۱۰۰	۰	–
۱۱		پایگاه تأمین امنیت در جوامع انسانی	۷۰	۳۰	–
۱۲	کارکردهای اقتصادی	اشتغالزایی و کارآفرینی	۱۰۰	۰	–
۱۳		درآمدزایی و کسب استقلال فردی و خانوادگی روستاییان	۹۰	۱۰	–
۱۴		پایه و اساس توسعهٔ سایر بخش‌های اقتصادی	۸۰	۲۰	–
۱۵		عرضهٔ نیروی کار مازاد به سایر بخش‌های اقتصادی	۸۰	۲۰	–
۱۶		جایگاه تبلور هستهٔ دادوستد و بازرگانیِ کالاهایِ خام	۶۰	۴۰	–
۱۷		منشأ تشکیل کشت و صنعت‌ها	۷۰	۳۰	–
۱۸		ارزآوری	۱۰۰	۰	–
۱۹		عامل افزایش تولید ناخالص ملی	۹۰	۱۰	–
۲۰	کارکردهای آموزشی	مدرسهٔ مهارت‌آموزی	۹۰	۱۰	–
۲۱		کارگاه حرفه‌آموزی	۱۰۰	۰	–
۲۲		عرصهٔ ارتقای آگاهی عمومی از حرفهٔ کشاورزی	۹۰	۱۰	–
۲۳		زمینهٔ مناسب برای توسعهٔ تحقیقات زیستی و ژنتیکی	۹۰	۱۰	–
۲۴	کارکردهای معرفت‌شناسی	مبنایِ شناخت فلسفهٔ خلقت	۹۰	۱۰	–
۲۵		عرصهٔ ارتقای آگاهی‌های اعتقادی و وابستگی حیات به طبیعت	۹۰	۱۰	–
۲۶	کارکرد هُنری	عامل پرورش ذوق هنری صاحبان اندیشه و خلاقیت با الهام گرفتن از طبیعت برای توسعهٔ زمینه‌های هنری، صنعتی، تکنولوژیکی و..	۹۰	۱۰	–
۲۷	کارکردهای زیست‌محیطی و اکولوژیکی	حفاظت و بهبود منابعِ پایهٔ تولید در کشاورزی به خصوص خاک و آب	۸۰	۲۰	–
۲۸		حفاظت از ذخایر ژنتیکی گیاهی، حیات‌وحش و تنوع زیستی و پایگاه تأمین امنیت عرصه‌های طبیعی	۸۰	۲۰	–
۲۹		جذب و کاهش کربن از آلاینده‌ها و عامل تلطیف هوا	۵۰	۴۰	۱۰
۳۰		کنترل بلایای طبیعی مثل سیل و طوفان	۶۰	۳۰	۱۰
۳۱		قرارگاه تجربی انسان برای پرورش جانداران ویژه (اسب، سگ،...)	۷۰	۲۰	۱۰
۳۲		منشأ انرژی‌های زیستی	۹۰	۱۰	–
۳۳		حفظ تعادل محیط زیست (تعادل آب، خاک، گیاه و ... در زمین)	۶۰	۳۰	۱۰
۳۴		تقویت حس زیبایی‌شناسی	۸۰	۱۰	۱۰
۳۵		تفریح و تفرّج برای آرامش روانی و تربیت بدنی انسان	۹۰	۱۰	–
۳۶		گردشگری کشاورزی	۹۰	۱۰	–
۳۷		موضع شناسایی زنجیرهٔ حیات موجودات زنده	۹۰	۱۰	–

نگاهی دقیق به کلیهٔ کارکردهای کشاورزی کشور نشان می‌دهد که بخش کشاورزی تنها به یک یا چند کارکرد سنتی تولیدی محدود نمی‌شود، بلکه این بخش حیاتی کارکردهای دیگری مثل حفاظت از تنوع زیستی و منابع پایهٔ تولید، به‌ویژه آب و خاک نیز دارد که می‌تواند با برنامه‌ریزی‌های کارآمدتر در

قالب سیاست‌های کشاورزی، به منزلهٔ یک مکمل به تقویت بنیهٔ کشاورزی کمک کند و حرکت به سمت کشاورزی پایدار را سرعت بخشد. علی‌بیگی و برزو (۱۳۹۲) با توجه به توانمندی‌های چشمگیر بخش کشاورزی کشور پیشنهادهای سه‌گانهٔ زیر را برای عملیاتی شدن کشاورزی چندکارکردی در کشور ارائه داده‌اند:

۱) از طریق برگزاری کارگاه‌ها، نشست‌ها و همایش‌های استانی و کشوری، پژوهشگران سراسر کشور بیش از پیش با کشاورزی چندکارکردی به منزلهٔ یک پارادایم جدید در عرصهٔ توسعهٔ کشاورزی و روستایی آشنا شوند،
۲) به واسطهٔ تنوع اقلیمی کشور، چندکارکردی بودن کشاورزی و به دنبال آن آثار اقتصادی-اجتماعی آن در کلیهٔ مناطق کشور و با همکاری دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌ها مطالعه شود، و
۳) انجام پژوهش‌های مدون و هدفمند در زمینهٔ کارکردهای کشاورزی کشور (کارکردهای تولیدی و غیر تولیدی) می‌تواند در اصلاح و بهبود سیاست‌های کشاورزی بسیار مؤثر باشد، به گونه‌ای که با شفاف‌سازی زوایای پنهان بخش کشاورزی، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان با دقت و توجه بیشتر در این مسیر قدم بردارند و راه برای توسعهٔ پایدار روستایی هموار شود.

ضرورت‌های گذار به کشاورزی چندکارکردی در ایران و حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

مناطق روستایی ایران و بخش کشاورزی به علت چالشهای مختلفی همچون تغییرات آب‌وهوایی و خشکسالیهای شدیدتر و با تکرار بیشتر، بحران آب، مهاجرت روستایی و کاهش جمعیت روستایی، فشارهای زیست محیطیِ ناشی از استفاده ناکارآمد از نهادههای شیمیایی و بهره‌وری پایین کشاورزی رایج با بحران و عدم پایداری مواجه هستند. این نگرانی‌ها بر تحقیقات اخیر و الگوهای غالب فکری در مورد مفهومسازی تغییرات کشاورزی و روستایی تأثیر گذاشته و باعث انتقال پیشنهادی از «تولیدگرایی» به الگوی کشاورزی «پسا تولیدگرایی» یا «کشاورزی چندکارکردی» شده است. بنابراین، کشاورزی چندکارکردی به عنوان رهیافت مشوق توسعه پایدار در مناطق روستایی به نقطه رجوع سیاستگذاران روستایی و کشاورزی تبدیل و به منزلهٔ یک پارادایم نوین توسعهٔ کشاورزی و روستایی به جهان معرفی شده است.

در پارادایم کشاورزی چندکارکردی که زیر مجموعه رهیافت توسعه درونزا است، نقش گردشگری به عنوان مرکز تأمین فرصتهای شغلیِ مکمل یا جایگزین برای خانوارهای کشاورز دیده شده است که بین فعالیتهای مختلفی که در روستا صورت میگیرد هم‌افزایی ایجاد کرده و از طریق ایجاد پیوند بین بازار، ارزش تولیدات کشاورزی را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، در همین رابطه در کشورهای اروپایی و بر پایهٔ پارادایم چندکارکردی، گردشگری روستایی بعنوان ابزاری برای تنوع‌بخشی به فعالیت‌های کشاورزی به یکی از موضوعات مهم تبدیل شده است و حتی پیشرفت قابل توجهی داشته است.

کشاورزی چندکارکردی به عنوان رهیافت نوین توسعه پایدار روستایی بر گذار از عصر تولیدگرایی به فرا تولیدگرایی دلالت می‌کند؛ ضمن آن که کشاورزی کماکان به عنوان تولیدکنندهٔ غذا، الیاف و ایجاد فضاها و ارائه خدماتی جهت توسعه گردشگری در مزارع ـ به عنوان برونداد غیر کالایی کشاورزی - و به عنوان منبعی جهت ایجاد درآمد عمل خواهد کرد. کشاورزی چندکارکردی را می‌توان به عنوان نتیجه تغییر در نیازها و تقاضای مصرف‌کنندگان و افراد در مناطق روستایی و کشاورزی و افزایش تقاضا در کیفیت تولید غذا، ارزش‌های زیست‌محیطی، اکولوژیکی و چشم‌اندازها و نیز جنبه‌های فرهنگی و اجتماعی دانست. موضوع اصلی چند کارکردی بودن آن، این است که تولیدات کشاورزی و به طور کل بخش کشاورزی دارای نقش‌های چندگانه‌ای هستند که محدود به تولید غذا، الیاف و انرژی نیست و از قابلیت عرضهٔ برونداد‌های مختلف کالایی و غیر کالایی در بخش‌های مختلف از جمله آموزش، سلامت، تفریح و فراغت و حفاظت از محیط برخوردار است و این برونداد‌های مختلف راه را برای تنوع بخشی به اقتصاد روستا و کشاورزی و نیز خانوار کشاورز و علاقه‌مندان به سرمایه‌گذاری و فعالیت در بخش کشاورزی می‌گشاید و موجب بروز و عینیت کارکردهایی همچون مدیریت منابع طبیعی تجدیدپذیر، چشماندازها، حفاظت از تنوع زیستی و تداوم ثبات اقتصادی- اجتماعی در مناطق روستایی می‌شود.

اشاره شد که مفهوم «چندکارکردی» به این حقیقت اشاره دارد که فعالیت‌های اقتصادی ممکن است چندین خروجی داشته باشند و عموماً بر این حقیقت استوار است که کشاورزی منافعی بیش از تولید غذا، الیاف و انرژی دارد. درواقع، در رهیافت چندکارکردی، کشاورزی به عنوان یکی از چند بخش اقتصادی در مناطق روستایی دیده می‌شود که با دیگر فعالیت‌ها همچون گردشگری و خدمات ترکیب شده و باید تداوم معیشت و کیفیت زندگی روستایی را تضمین کند. لذا کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های چندکارکردی علاوه بر تولید غذا، الیاف و انرژی ایجاد درآمد و اشتغال می‌کند و در کل دیگر تولیدات را به همراه دارد که شامل گردشگری روستایی و دیگر خدمات است و نیز دارای

دیگر خروجی‌های غیر کالایی همچون امنیت غذایی، شیوه‌های زندگی روستایی، سنت‌ها، حفاظت خاک، چشم‌انداز روستا، تنوع ژنتیکی و بهداشت و غیره است.

بنابراین، کشاورزی و مناطق روستایی نباید تنها به عنوان تولیدکننده محصولات کشاورزی دیده شوند، بلکه به عنوان تولیدکنندگان کالاهای اجتماعی و زیست‌محیطی نیز در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین مفهوم «چندکارکردی» را می‌توان به عنوان تمام حیطههای کارکرد اقتصادی، اکولوژیک، تولیدی و اجتماعی در کشاورزی نسبت داد که میتواند در نتیجه تولیدچندگانه محصول و خدمات در مناطق روستایی حاصل شود. در مجموع، کشاورزی چندکارکردی در مناطق روستایی از طریق ارتباط نزدیک بین تولید کشاورزی و پیوند با دیگر فعالیت‌ها، به‌ویژه گردشگری موجب شده که ابزاری برتر برای توسعه و نیز در شرایط بحرانی و فشارها به عنوان جایگزینی برای تولید در مناطق روستایی محسوب شود. بر همین اساس، از آنجا که بسیاری از مناطق روستایی از کاهش منافع کشاورزی و شرایط اجتماعی ـ اقتصادی رنج میبرند، در حال حرکت به سوی موقعیت پساتولیدگرایی هستند، پس پذیرش تنوع فعالیتهای اقتصادی و نیز استفاده چندکارکردی از زمین با هدف گردشگری و فعالیت‌های سرگرمی در این مناطق احتمال می‌رود و در این راستا تفکر گردشگری روستایی با تأکید بر نوآوری، توسعه محصولات جدید گردشگری بر اساس طبیعت، انسان و منابع اجتماعی غالب شده است. یک اجماع عمومی در این زمینه وجود دارد که گردشگری روستایی ترکیبی از تولیدات کشاورزی، تولیدات اکولوژیکی و منابع فرهنگی است که کارکردهای گوناگون اقتصادی، اجتماعی، آموزشی، زیست‌محیطی و فعالیت‌های سرگرمی و درمانی را در برمی‌گیرد. بر همین اساس است که با توجه به ماهیت چندکارکردی کشاورزی در بسیاری از مناطق روستایی پیرامون حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، گردشگری و فعالیت‌های سرگرمی همراه با حفظ محیط زیست به عنوان عناصر کلیدی ظاهر شدهاند.

۶-۷ ظرفیت‌های گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

گردشگری را می‌توان یکی از بهره‌ورترین کسب‌وکارهای جهان امروز دانست. کل مقاصد گردشگری جهان در سال ۲۰۱۸ به ۱۲/۶۷ میلیارد مقصد رسید که ۱/۷ برابر جمعیت کرهٔ زمین است. گردش مالی مستقیم و غیر مستقیم این صنعت در سال ۲۰۱۷ معادل ۵۳۰۰ میلیارد دلار بوده است که معادل با ۶/۷٪ کل GDP جهانی است (روی، ۲۰۱۸). این صنعت همواره یکی از منابع مهم درآمدی کشورهایی بوده است که از ظرفیت‌ها و زیرساخت‌های مناسبی برای آن برخوردار بوده‌اند. به عنوان نمونه، درآمد اسپانیا از گردشگری در سال ۲۰۱۲ بیش از ۸۲ میلیارد دلار بوده است که این رقم بیش از صادرات نفتی ایران محسوب می‌شود. آماره‌ها نشان می‌دهد طی چهار دههٔ اخیر درآمد اسپانیا از گردشگری، همواره (حتی در اوج بحران نفتی سال‌های آغازین دههٔ ۱۹۷۰) از درآمد نفتی ایران بیشتر بوده است. در آفریقای جنوبی، گردشگری چهارمین بخش صنعتی بزرگ محسوب می‌شود و بیشترین درآمد ارزی آفریقای جنوبی توسط همین بخش تامین می‌شود. گردش مالی گردشگری آفریقای جنوبی در سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۱۰۲ میلیارد دلار و درآمد این کشور از گردشگری در این سال ۱۴ میلیارد دلار بوده است؛ این در حالی است که درآمد این کشور از صادرات طلا (شهرت اصلی آفریقای جنوبی) حدود ۸ میلیارد دلار بوده است.

گردشگری کشاورزی به‌گونه‌ای از گردشگری گفته می‌شود که هدف از سفر، بازدید (تفریحی یا علمی) از مزارع، باغ‌ها، دامپروری‌ها و نظام‌های تولید و طبیعت و آیین‌های خاص محلی و صنایع تولید مرتبط با کشاورزی و نیز میراث کشاورزی است که گردشگر از نزدیک از تمامی مراحل تولید تا فرآوری محصولات کسب دانش کرده یا به‌صورت فعال در بخشی از فعالیت مشارکت می‌کند. علاوه براین، گردشگری کشاورزی شغلی است که کشاورزان و دامداران حین فعالیت‌های کشاورزی، باغی یا کسب‌وکار کشاورزی، با هدف ایجاد تفریح، فراغت و کسب تجربه برای بازدیدکنندگان و آموزش آنان انجام می‌دهند، بی‌آن‌که فعالیت خدماتی جای فعالیت تولیدی را بگیرد، بلکه درآمد کشاورزان را تکمیل کند و آنان را در همان سبک زندگی کشاورزی‌شان ارتقا دهد. با این تعریف، گردشگری کشاورزی را باید "مکمل" فعالیت تولیدی کشاورزی دانست و نمی‌تواند به عنوان "جایگزین" برای کشاورزی عمل کند. در مورد دریاچهٔ ارومیه و دیگر مناطق ایران نیز باید سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان توسعه به یک تصمیم‌سازی خردمندانه دست یابند که مشخص گردد گردشگری کشاورزی در این حوضهٔ آبریز به عنوان مکمل کشاورزی منطقه عمل خواهد کرد یا جایگزین آن. در ادامهٔ این پروژه این موضوع به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است.

گردشگری کشاورزی پدیدهٔ جدیدی نیست و در قالب نوین آن از اوایل قرن بیستم شناخته شده است. سیاست‌هایی که موجب تدوین قوانین، دستورالعمل‌ها و الزامات و نیز مشوق‌ها برای کشاورزان جهت متنوع‌سازی منابع درآمدی و اشتغال آنان از طریق خدمات گردشگری و مهمان‌پذیری شد به توسعهٔ گردشگری کشاورزی کمک فراوانی کرده است. به عنوان مثال، کشاورزان کشورهای اتحادیهٔ اروپا به برنامهٔ LEADER دسترسی دارند که اعتباراتی را برای ارتقای توسعهٔ روستایی در اختیار آنها قرار می‌دهد[۱]. در ایالات متحده و با وجود پشتیبانی کمتر دولت فدرال، گردشگری کشاورزی به عنوان فعالیت اقتصادی جایگزین در بین کشاورزان رواج یافته است که البته پراکنش یکسانی در این کشور ندارد. مثلاً، ایالت تگزاس، که با نظام گله‌داری مختص غرب آمریکا شناخته می‌شود، به تنهایی دارندهٔ ۲۳٪ درامد گردشگری کشاورزی ایالات متحده است و پس از آن دو ایالت کانزاس و مونتانا قرار دارند که درآمد آنها کمتر از ۵٪ کل درآمد گردشگری کشاورزی کشور است.

***

گردشگری اگر به شکل صحیح و متناسب با ظرفیت محیطی و رعایت ملاحظات گوناگون اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی توسعه یابد به خوبی می‌تواند اثرات مثبتی از خود به‌جا بگذارد. توسعه گردشگری کشاورزی نیز عایدی فراوانی نصیب جوامع محلی می‌کند که تنوع و افزایش درآمد از طریق فروش محصولات یکی از مهم‌ترین مزایای توسعه گردشگری کشاورزی در جوامع محلی است. همچنین آمد و رفت گردشگران به مزارع به افزایش درآمد این محیط‌های کشاورزی ختم می‌شود. از طریق گردشگری کشاورزی می‌توان به خلق و ایجاد فرصت‌های جدید شغلی نیز دست یافت. گردشگری کشاورزی به حفظ فرهنگ بومی و به خاطرسپاری بسیاری از رسوم محلی کمک می‌کند و از این طریق و با احیای خرده‌فرهنگ‌های رو به فراموشی و نیز تجدید سبک زندگی بومی و مبتنی بر سنت‌ها سبب تقویت ارزش‌ها، باورها، هنرها و صنایع دستی و دیگر تولیدات فرهنگی در روستاها می‌شود. از طرف دیگر با توسعه فرصت‌های جدید و توانمندسازی اقتصادی جوامع روستایی و کشاورزی از پدیده مهاجرت و ترک محیط محلی نیز جلوگیری می‌شود. توسعه زیرساخت‌ها و روساخت‌ها در جوامع روستایی نیز از دیگر مزایای این نوع گردشگری است. همچنین با توسعه گردشگری کشاورزی و همراه با آن آگاهی مصرف‌کنندگان از خواص محصولات محلی، می‌توان به سلامت جامعه افزود و از طرف دیگر به سمت

۱- برنامه‌ای که به زبان فرانسوی مخفف عبارت «پیوند میان فعالیت‌های توسعهٔ اقتصادی روستایی» است و از سال ۱۹۹۱ توسط اتحادیهٔ اروپا با هدف تدوین سیاست‌ها و اجرای برنامه‌ها برای کاهش فاصلهٔ میان شهرها و روستاها و تقویت اقتصادی جوامع روستایی در این منطقه اعمال می‌شود.

حفظ و یا بهبود وضعیت تولید در محیط‌های کشاورزی، از طریق تشویق کشاورزان به ادامه کشاورزی با وجود مشتریان بالفعل و بالقوه دست یافت.

موضوع دریاچه ارومیه و مسالهٔ حوضهٔ آبریز آن و معیشت پایدار آن از بحث‌های جدی ملی در چند سال اخیر بوده است. اصل مسالهٔ دریاچهٔ ارومیه روشن است و از حوصلهٔ بحث این گزارش خارج است؛ سیاست‌گذاران و نظام حاکمیتی کشور اکنون در پی آن است که با کاهش مصرف آب (تا ۴۰٪) موجب احیا و بازپروری دریاچه شود: به نظر می‌رسد این راهکار به شکل مستقیم و غیر مستقیم موجب کاهش درآمد کشاورزان و تولیدکنندگان و به تعبیری کلان‌تر، کل زنجیرهٔ تامین کشاورزی و اقتصادی این حوضهٔ آبریز می‌شود و بنابراین باید به جستجوی راهبردها و راهکارهایی برای افزایش درآمد ذینفعان و تقویت و پایدارسازی معیشت آنان در آمد.

در این بخش از قرارداد «بررسی گردشگری کشاورزی به عنوان گزینه‌ای برای معیشت پایدار در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه» مطالعه و پیمایش شده است. مطالعات مربوط به این موضوع در ۲ بخش انجام شد. در بخش اول مفهوم و مبانی گردشگری کشاورزی، زیرساخت‌های لازم برای آن و چرایی و چگونگی آن واکاوی و این پرسش پاسخ داده شده است: آیا گردشگری کشاورزی برای حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه قابلیت طرح، توسعه و سرمایه‌گذاری دارد؟ افزون بر آن، آیا گردشگری کشاورزی در این منطقه به شکل پایدار و مانا قابلیت جذب گردشگر، اشتغال‌زایی و ایجاد زنجیرهٔ ارزش دارد یا خیر. در بخش دوم، یافته‌های بخش اول در قالبی عملیاتی برای حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به عنوان پایلوتی برای کل کشور به کار گرفته شد.

کشور باید بداند ظرفیت‌های فراوان، گوناگون، گسترده و جذاب گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه فرصتی مغتنم و کم‌نظیر برای ما است. آنچه باقی می‌ماند هنر همهٔ ما به عنوان مدیر و مسئول و کارشناس و دانشگاهی است که این فرصت را به نقطهٔ قوت و ثروت تبدیل کنیم؛ این نکتهٔ کلیدی یادآوری می‌شود «تنها برخورداری یک منطقه از ذخایر و جاذبه‌ها برای توسعهٔ گردشگری کافی نیست، بلکه باید آنها را تا سطح "محصول گردشگری" ارتقاء داد. در نتیجهٔ اعمال مدیریت، سرمایه‌گذاری و به‌کارگیری فناوری است که ذخایر و جاذبه‌ها تبدیل به محصول گردشگری می‌شود».

تعریف گردشگری کشاورزی

با وجود رشد قابل‌توجه گردشگری کشاورزی در سراسر جهان، درک یکسانی از گردشگری کشاورزی و معنای آن وجود ندارد و این امر حتی در منابع علمی و آکادمیک و گفتمان امروز متخصصان، صاحبنظران و سیاست‌گذاران نیز دیده می‌شود. شاید بخشی از این امر ناشی از فقدان چارچوب‌های قانونی و سیاست‌گذاری مربوط به توسعه و بازاریابی گردشگری کشاورزی باشد. بر همین اساس، فقدان درک یکسان و تعریف واحد از گردشگری کشاورزی به دلایل مختلف مشکل‌ساز است. نخست، فقدان یک تعریف واحد که مورد پذیرش همگان باشد سیاست‌گذاری و توسعهٔ گردشگری کشاورزی را با چالش مواجه می‌کند. دوم، نبود تعریف واحد، بازاریابی و بازارسازی را مختل می‌کند که این امر به نوبه خود کارایی و اثربخشی فعالیت‌های این حوزه را کاهش می‌دهد. سوم، از منظر آکادمیک، برخورداری از تعریفی عام و جهان‌شمول که مورد پذیرش همگان باشد در نهایت موجب افزایش سهم گردشگری کشاورزی از بازار جهانی گردشگری می‌شود.

در ادامهٔ این بخش خواهیم خواند که بیش از ۱۸ تعریف برای پدیده‌ای که در این گزارش ازآن با عنوان گردشگری کشاورزی یاد می‌شود ارائه شده است؛ حتی ضبط این واژه در زبان انگلیسی به شکل‌های گوناگون است (ن.ک. جدول ۳) و حتی دو لفظ وجود دارد که در یک حرف با هم تفاوت دارند: Agritourism و Agrotourism که در ادامه مفصل‌تر به آن پرداخته‌ایم. نگارندگان این گزارش دست‌کم ۲ مقاله پژوهشی سترگ را طی پیشینه‌پژوهی این طرح دیده و بررسی کرده‌اند که صرفاً به تعریف گردشگری کشاورزی از نظر زبان‌شناسی، واج‌شناسی و مفهوم آن از منظر کلام و فلسفه و نگرش‌سنجی پرداخته‌اند (آرویو و همکاران، ۲۰۱۳؛ فیلیپ و همکاران، ۲۰۱۰). این امر بدین جهت مورد اشاره قرار گرفت که مخاطبان محترم در ادامه از فراوانی و گستردگی تعاریف به گستردگی و چند بعدی بودن ماهیت گردشگری کشاورزی توجه داشته باشند.

تعاریف مختلفی از گردشگری کشاورزی ارائه شده است. یکی از تعاریف جامع، تعریفی است که دانشگاه کالیفرنیا ارائه کرده است. براساس این تعریف: «گردشگری کشاورزی یک فعالیت اقتصادی در یک مزرعه فعال (اعم از زراعی، دامپروی یا یک باغ) است که به منظور لذت بردن یا آموزش گردشگران انجام می‌شود، به شکلی که این امر باعث درآمد مکمل برای مالک شود». باربری و مشنگا (۲۰۰۸) تعریفی کوتاه از گردشگری کشاورزی ارائه کرده‌اند: «هر فعالیتی در یک مزرعهٔ فعال با هدف جذب گردشگر». در این تعریف، گردشگری منحصر به حضور در مزارع فعال شده است که این مفهوم در ادامه به طور مفصل بررسی شده است. ویور و فنل (۱۹۹۷) گردشگری کشاورزی را به این صورت تعریف

کرده‌اند: «تلفیقی از فضای مزرعهٔ فعال و یک محیط تجاری گردشگری». کیزوس و یوزیفیدس (۲۰۰۷) نیز تعریف دیگری از گردشگری کشاورزی ارائه کرده‌اند که به این ترتیب است: «فعالیت‌های گردشگری در مقیاس خُرد در مزارع خانوادگی یا اشتراکی که در مناطق روستایی و توسط افراد شاغل در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد». در این تعریف قید شده است که مجری باید در بخش کشاورزی شاغل باشد؛ موضوعی که در بسیاری از تعریف‌ها بر آن تاکید می‌شود و این که شغل اصلی میزبان یا منبع اصلی درآمد وی باید کشاورزی (همهٔ طیف‌ها و فعالیت‌های کشاورزی) و از این محل باشد.

اشاره شد که تعاریف گوناگون و متعددی از گردشگری کشاورزی ارائه شده است. فیلیپ و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی منابع گوناگون ۱۸ تعریف مختلف را از گردشگری کشاورزی جمع‌آوری کرده‌اند (جدول ۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود این تعاریف در اصول و کلیات مشترک هستند و در برخی جزئیات با هم تفاوت‌هایی دارند که به نظر می‌رسد به تفاوت‌های اقلیمی و فرهنگی جوامعی که این فعالیت در آنها انجام می‌شود باز می‌گردد.

جدول ۳. مروری بر تعاریف به‌کاررفته برای گردشگری کشاورزی (فیلیپ و همکاران، ۲۰۱۰).

واژه	تعریف	منبع
Agritourism	«هر فعالیتی در یک مزرعهٔ فعال با هدف جذب گردشگر»	Barbieri and Mshenga (2008)
	«نوع خاصی از گردشگری روستایی که طی آن اقامتکده باید داخل املاک کشاورزی بوده، مالک در آن اقامت داشته و امکان فعالیت کشاورزی یا فعالیت‌های مکمل برای گردشگران در این ملک فراهم باشد»	Marques (2006)
	«فضاهای روستایی که در آنها یک محیط کشاورزی فعال و یک بخش تجاری گردشگری تلفیق شده است»	McGehee (2007) & McGehee *et al* (2007)
	«تولیدات گردشگری‌ای که مستقیماً مربوط به فضای زراعت، تولیدات زراعی یا اقامت مزرعه‌ای باشد»	Sharpley and Sharpley (1997)
	«فعالیت‌های میزبانی که توسط کارآفرینان کشاورزی و خانوادهٔ آنها انجام می‌شود و باید مرتبط و مکمل فعالیت‌های کشاورزی آنها باشد»	Sonnino (2004)
Agrotourism	«فعالیت‌های گردشگری که در مناطق غیر شهری و توسط افرادی انجام می‌شود که اشتغال اصلی آنها در بخش اولیه یا ثانویهٔ اقتصادی است»	Iakovidou (1997)
	فعالیت‌های گردشگری در مقیاس خرد در مزارع خانوادگی یا تعاونی که در مناطق روستایی و افراد شاغل در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد	Kizos and Iosifides (2007)
	تامین فرصت‌های گردشگری در مزارع فعال	Wall (2000)
Farm Tourism	گردشگری روستایی در مزارع فعال که انجام فعالیت کشاورزی بخشی از تولیدات آن مزارع از نگاه گردشگر باشد	Clarke (1999)
	فعالیت گردشگران بخشی جدی از فعالیت‌های مزرعه بوده و بخش قابل‌توجهی از اقتصاد خانوار کشاورز را تشکیل دهد	Gladstone and Morris (2000)
	اعزام گردشگران به مزرعه و درگیر کردن آنها در عملیات کشاورزی و آشناسازی آنها با سبک زندگی کشاورزی و فعالیت‌های تولیدی آن	Iakovidou (1997)

	گردشگری تجاری در مزارع فعال... شامل فقط تهیه مکان استراحت و تغذیه، گردشگری طبیعت و اوقات فراغت نمی‌شود	Ollenburg and Buckley (2007)
	فعالیت‌ها و خدماتی که به گردشگر در یک مزرعهٔ فعال برای مشارکت، مشاهده یا آموزش ارائه می‌شود	Ollenburg (2006)
	بخشی از گردشگری روستایی که محل اقامت گردشگران به شکل دائم یا فصلی به کشاورزی اختصاص دارد	Oppermann (1996)
	مجموعهٔ متنوعی از فعالیت‌ها در یک مزرعه که ممکن است بخشی از آن با فعالیت‌های معمول کشاورزی مشترک باشد	Roberts and Hall (2001)
Farm-based Tourism	پدیدهٔ جذب گردشگر به فضاهای کسب‌وکار کشاورزی	Evans and Ilbery (1989)
	گزینه‌ای مکمل یا جایگزین برای فعالیت کشاورزی	Ilbery *et al* (1998)
Vacation Farm	تلفیقی از فضای مزرعهٔ فعال و یک محیط تجاری گردشگری	Weaver and Fennell (1997)

مزرعه فعال

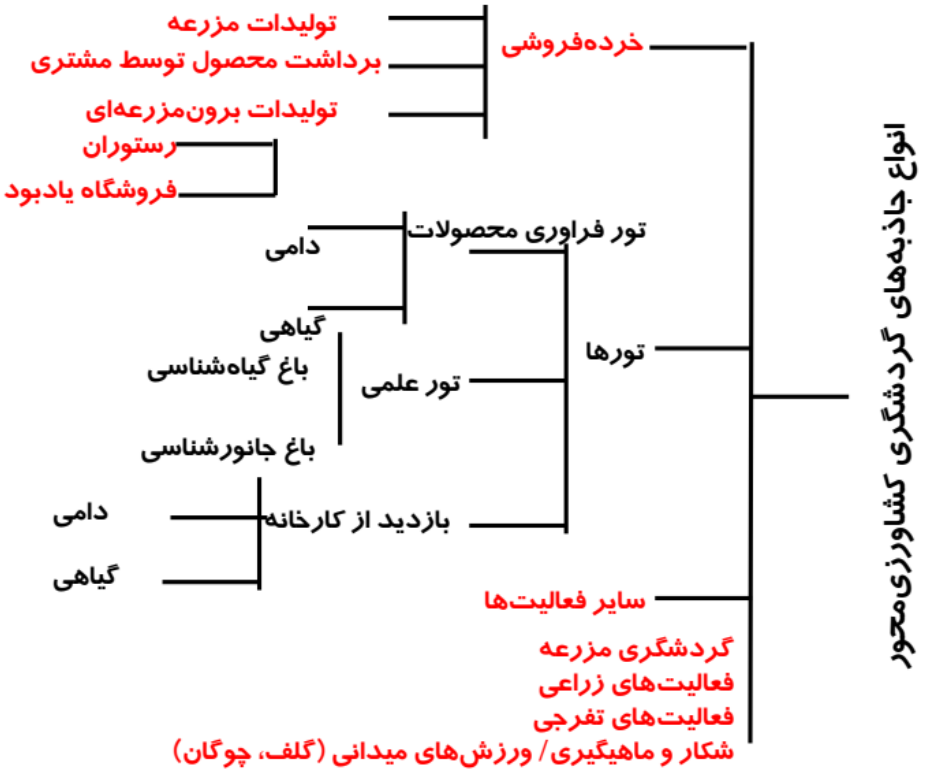
پر بسامدترین اصطلاحی که در تعاریف گوناگون گردشگری کشاورزی به کار می‌رود «مزرعهٔ فعال[1]» است. اما در همین تعاریف عموماً اشاره‌ای به آنچه که اجزای مزرعهٔ فعال را تشکیل می‌دهد نشده است. در مجموع مراد از مزرعهٔ فعال، مزرعه‌ای است که در حال حاضر عملیات کشاورزی در آن انجام می‌شود؛ در این معنا، «کشاورزی» به مجموعه عملیات پرورش دام و تولیدات گیاهی از طریق ورزِ خاک با هدف معیشت (مصرف توسط خانوار کشاورز) و فروش در بازار اطلاق می‌شود. بر اساس این تعریف، مرز مشخص و قابل تفکیکی میان فعالیت‌هایی که به طور سنتی در مزرعه انجام می‌شوند و «کشاورزی» نیستند (مثلاً سوارکاری، فراوری مواد غذایی) از فعالیت‌های زراعی و دامی (مثلاً برداشت گیاهان زراعی یا پرورش شترمرغ) وجود دارد. به علاوه، عموماً در این تعاریف بر وجه «فیزیکی» کار کشاورزی تاکید شده است تا وجه «اقتصادی» آن.به عبارت دیگر، در این تعاریف، مزرعهٔ فعال به محیطی اطلاق می‌شود که در آن «فعالیت کشاورزی انجام می‌شود« و الزاماً مراد از فعال بودن مزرعه، کسب درآمد اقتصادی از محل تولید محصولات کشاورزی نیست.

علاوه بر تعریفی که از گردشگری کشاورزی در منابع گوناگون ارائه شده است کارکردها، اجزا و اهداف آن نیز در منابع اشاره و فهرست شده است که مرور آنها به درک ما از چیستی گردشگری کشاورزی کمک می‌کند. نخست، کاکس و فاکس (۱۹۹۱) انواع جاذبه‌های گردشگری کشاورزی را در قالب یک پیوستار ارائه کرده‌اند (شکل ۱)؛ بر این اساس، گردشگری کشاورزی‌محور در ۳ قالب کلی وجود دارد:

- ✓ **تورها** شامل تورهای بازدید از فراوری محصولات گیاهی (در ایران: گلاب‌گیری کاشان)، فراوری محصولات دامی (تورهای جمع‌آوری عسل در آفریقا)؛ تورهای علمی که بازدید گردشگران از باغ‌های گیاه‌شناسی (باغ گیاه‌شناسی ملی ایران در تهران، انتهای بزرگراه همت) و جانورشناسی؛ و در نهایت تورهای بازدید از کارخانه‌های تولید فراورده‌های گیاهی و دامی است.
- ✓ **خرده‌فروشی** که شامل خرید مستقیم تولیدات مزرعه توسط گردشگر، برداشت محصول توسط خود گردشگران، خرید محصولات در خارج از مزرعه و در نهایت خرده‌فروشی فروشگاهی در ۲ قالب رستوران و فروشگاه هدایای تبلیغاتی و یادبودی است.
- ✓ **سایر فعالیت‌ها** که شامل گردشگری درون مزرعه، فعالیت‌های عملیاتی کشاورزی توسط گردشگر (از مراحل پیش از کاشت تا برداشت و حتی فراوری پس از برداشت، مثلاً پَر کردن

1- working farm

شبانهٔ زعفران در اقامتگاه‌های گردشگری کشاورزی در خراسان جنوبی توسط گردشگران)، فعالیت‌های تفرجی، شکار و ماهیگیری و ورزش‌های میدانی (گلف و چوگان، در ایران بیل‌گردانی و کشتی‌های آیینی محلی).

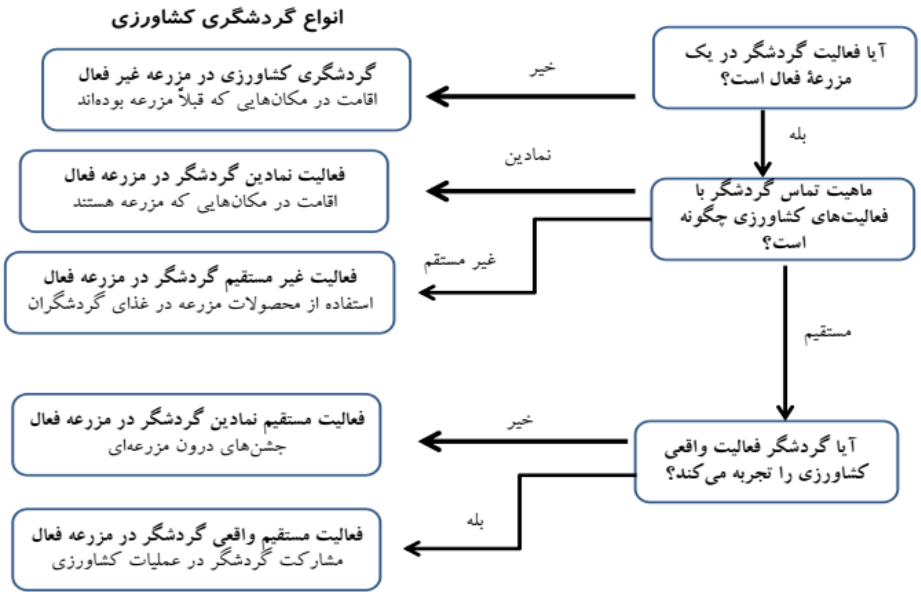


شکل ۱. انواع جاذبه‌های گردشگری کشاورزی محور (کاکس و فاکس، ۱۹۹۱).

فیلیپ و همکاران (۲۰۱۰) بر اساس نوع فعالیت گردشگر و درجهٔ درگیرشدن و مشارکت وی در فعالیت‌های کشاورزی، گردشگری کشاورزی را به ۴ دسته تقسیم کرده است (شکل ۲) که عبارتند از:

- ✓ گردشگری کشاورزی در یک مزرعهٔ غیر فعال: فعالیت گردشگری در مزرعهٔ فعال صورت نمی‌گیرد و اقامت در مکان‌هایی است که قبلاً مزرعه بوده‌اند.
- ✓ فعالیت نمادین گردشگر در مزرعه فعال: شرایطی است که گردشگر با فعالیت‌های کشاورزی در تماس است اما این فعالیت به شکل نمادین، و نه جدی و حقیقی است؛ مثال آن حضور گردشگر روی کمباین در حین عملیات برداشت محصول است. در این نوع گردشگری اقامت در مزرعهٔ فعال صورت می‌گیرد.

- ✓ فعالیت غیر مستقیم گردشگر در مزرعهٔ فعال: شرایطی است که گردشگر به شکل غیر مستقیم در مزرعه فعالیت دارد؛ مثال این نوع گردشگری استفاده از محصولات مزرعه در تهیهٔ غذای گردشگران است.
- ✓ فعالیت مستقیم نمادین گردشگر در مزرعهٔ فعال: حالتی از گردشگری است که باز هم کشاورز فعالیت کشاورزی واقعی را تجربه نمی‌کند ولی به شکل نمادین در مزرعهٔ فعال حضور و مشارکت دارد؛ مثال آن فعالیت کشاورز در جشن‌های درون مزرعه (مثلاً گلاب‌گیری کاشان).
- ✓ فعالیت مستقیم واقعی گردشگر در مزرعهٔ فعال: در این حالت کشاورز در عملیات کشاورزی به صورت واقعی مشارکت دارد؛ مثلاً در برداشت محصول کرتی که در طول فصل در اختیار خود او بوده است (پروژهٔ توباغ در ایران).



شکل ۲. انواع گردشگری کشاورزی بر اساس تعریف گردشگری کشاورزی (فیلیپ و همکاران، ۲۰۱۰).

بنا به آنچه در بالا اشاره شد گردشگری کشاورزی سطوح و اشکال گوناگونی دارد که از این میان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ مشارکت در عملیات کشاورزی همچون چیدن محصول، وجین، دوشیدن و به چرا بردن دام و... در حد علاقه، توان و جاذبه‌ای که برای گردشگر دارد؛

- ✓ آشنایی و مشاهده مراحل عملیات کشاورزی همچون داشت، کاشت و برداشت یا عملیات مرتبط با دامداری و همچنین فرآیندهای تکمیلی و پس از برداشت همچون گلاب‌گیری یا پَر کردن[۱] زعفران؛
- ✓ آشنایی با روش‌های کهن کشاورزی و میراث کشاورزی هر منطقه و گونه‌های خاص و منحصر به فرد هر منطقه همچنین آشنایی با سازه‌های کهن کشاورزی همچون آسیاب آبی، آسبادها، قنات، کبوترخانه و دیگر سازه‌ها، (طبیعی است که در صورت فعال بودن این سازه‌ها، جاذبه آنها دو چندان می‌شود)؛
- ✓ استفاده از امکانات تفرجگاهی و مناظر دلپذیری که در کشت‌بوم‌ها ایجاد می‌شود.

با توجه به آن که هنوز مقوله گردشگری کشاورزی به‌طور ساختاریافته برای کشاورزان، روستاییان، کنشگران گردشگری درایران و همچنین گردشگران جدید است، تجربه این نوع از گردشگری می‌تواند از سطوح ساده تر و پرجاذبه‌تر آن، همچون آشنایی و مشاهدهٔ عملیات کشاورزی و میراث کشاورزی آغاز شود و در شکل‌های توسعه‌یافته‌تر آن به مشارکت در عملیات کشاورزی، همان‌گونه که در کشورهای دیگر نیز رایج است ختم شود و نهایتاً بنا به نوآوری و شرایط خاص هر منطقه این نوع از گردشگری به مرحله شکوفایی خود برسد

آرویو و همکاران به پیمایشی اشاره کرده‌اند که در سال ۲۰۱۱ با هدف تعیین برداشت ۳ گروه از ذینفعان از مفهوم گردشگری کشاورزی انجام شد؛ این ۳ گروه عبارتند از: تامین‌کنندگان (مانند کشاورزان)، مشتریان بالقوه و بالفعل (مثلاً شهروندان) و افرادی که به بیشینه‌سازی پویایی گردشگری کشاورزی کمک می‌کنند (مانند دانشکده‌های ترویج). در نظر گرفتن دیدگاه ذینفعان مختلف و برداشت آنها از گردشگری کشاورزی و رسیدن به یک تعریف مشترک می‌تواند موجب تسهیل ارتباطات و گفتمان در این حوزه، ارتقای همکاری‌ها و ایجاد شبکه در میان ذینفعان و در نهایت توانمندسازی و پایداری جوامع محلی شود. درک مشترک و مورد قبول همهٔ ذینفعان که در بردارندهٔ ویژگی‌های کلیدی مورد نظر همهٔ آنها باشد ترویج و توسعهٔ گردشگری کشاورزی را تسهیل می‌کند.

معانی مربوط به گردشگری ارتباط مستقیمی با نفس "تجربه‌گری" دارند و نتیجهٔ هر تماس طبیعی یا اجتماعی‌ای هستند که طی یک تجربهٔ خاص رخ می‌دهد. بر همین اساس، می‌توان اظهار داشت که معانی مربوط به گردشگری، پایا (استاتیک) نیستند؛ پس تعریف گردشگری بسته به عوامل خاص متنی، یعنی زمان و مکان، متغیر و متفاوت است (گریر و همکاران، ۲۰۰۸). این بدان معنی است که محیط

۱- منظور از "پر کردن" زعفران جدا کردن کلاله از گل است که در قاینات در شب‌نشینی‌ها و همراه با افسانه‌گویی و مراسم خاصی انجام می‌شود.

پیرامونی ذینفعان گردشگری کشاورزی (یا به عبارتی کارکرد آنها در گردشگری کشاورزی) تعیین‌کننده و شکل‌دهندهٔ معنای گردشگری کشاورزی در ذهن آنهاست. بنابراین برای درک درست مفهوم گردشگری کشاورزی لازم است معانی مختلفی که از گردشگری کشاورزی در ذهن دست‌اندرکاران و ذینفعان نقش بسته است شناسایی شود.

موضوع بهره‌گیری از گردشگری کشاورزی به عنوان مکمل یا جایگزین برای فعالیت‌های اقتصادی کشاورزی ایده‌ای نو در کشور ما محسوب نمی‌شود؛ به عنوان مثال، جوان و سقایی (۱۳۸۳) در مقالهٔ «کشاورزی و گردشگری، رهیافتی برای کسب درامد مازاد» به این نتیجه رسیدند که چون نواحی روستایی بسیاری در کشور دچار رکود اقتصادی شده‌اند و مهاجرفرستی بالایی دارند و البته از قابلیت گردشگرپذیری بالایی برخوردارند، ضروری است تا این نواحی در تلفیق کارکرد کشاورزی و گردشگری و تنوع‌بخشی به اقتصاد روستایی پتانسیل‌سنجی شوند.

شباهت‌ها و تفاوت‌های گردشگری کشاورزی با اکوتوریسم و گردشگری روستایی

گردشگری کشاورزی با دو مقولهٔ «اکوتوریسم» و «گردشگری روستایی» دارای نقاط اشتراک کلیدی و دارای تفاوت‌های بنیادین هست؛ از یک سو این رهیافت‌ها ۳ مقولهٔ کاملاً جدا با مرزهای مشخص و شفاف، از نظر معنایی و کارکردی هستند؛ در عین حال اشتراکات فراوانی با هم دارند و هر ۳ آنها را می‌توان زیرمجموعهٔ گردشگری پایدار دانست که در گفتمان معاصر گردشگری از آن با عنوان گردشگریِ برخوردار از عنصری کلیدی به نام "گردشگری مسئولانه" یاد می‌شود. پیش از بررسی نقاط اشتراک و تفاوت این ۳ مقوله ضروری است تعریف اکوتوریسم و گردشگری کشاورزی را نیز در این بخش واکاوی کنیم.

جامع‌ترین تعریف اکوتوریسم توسط اتحادیهٔ بین‌المللی اکوتوریسم (TIES)[1] در سال ۱۹۹۰ ارائه شده و مورد پذیرش همگانی قرار دارد. بر اساس این تعریف، «اکوتوریسم سفری مسئولانه به مناطق طبیعی است که موجب حفاظت محیط و بهبود رفاه جوامع محلی می‌شود». بر اساس تعریفی که این اتحادیه ارائه داده است، اکوتوریسم به دنبال وحدت میان حفاظت محیط زیست، جوامع انسانی و گردشگری پایدار است. این امر بدین معنی است که فعالان اکوتوریسم (گردشگران، برگزارکنندگان، سیاست‌گذاران) باید از اصول زیر پیروی کنند:

1- The International Ecotourism Society

- ✓ کمینه‌سازی اثرات
- ✓ ایجاد آگاهی و احترام محیط‌زیستی و فرهنگی
- ✓ خلق تجربه‌های مثبت برای گردشگر و میزبان
- ✓ تامین مالی مستقیم حفاظت محیط زیست
- ✓ تامین مالی و توانمندسازی جوامع محلی
- ✓ افزایش حساسیت به سپهر سیاسی، محیط‌زیستی و اجتماعی جوامع میزبان

اولین پرسشی که از تعریف اکوتوریسم به ذهن مخاطب عام می‌رسد چگونگی «حفاظت از محیط» توسط اکوتوریسم است، به عبارت دیگر این پرسش مطرح می‌شود که چگونه سفر به اکوسیستم‌های طبیعی موجب حفاظت از آنها می‌شود. پاسخ در کارکرد عملیاتی امروزی اکوتوریسم است: آماره‌های اتحادیهٔ بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN)[1] حاکی از آن است که طی ۳ دههٔ اخیر ۷۰٪ از هزینه‌های حفاظت از محیط زیست در جهان از محل اکوتوریسم تامین می‌شود. بنابراین، بخش عمدهٔ گردش مالی اکوتوریسم مستقیماً برای حفاظت از طبیعت مصرف می‌شود. دنیا سال‌هاست به این نتیجه رسیده که حفاظت از طبیعت در حصر طبیعت نیست و وقتی از حفاظت صحبت می‌کنیم باید همراه با بهره‌برداری، البته از نوع پایدار و بوم‌سازگار آن باشد.

گردشگری روستایی، طبق تعریف، بهره‌بردن از مواهب و قابلیت‌های روستا و طبیعت آن است (بیگ‌زاده و بایزیدی، ۱۳۹۵). علاوه بر این، عوامل مهمی موجب رشد گردشگری کشاورزی و اقبال فزاینده به آن طی دهه‌های اخیر شده است که عمده‌ترین آنها عبارتند از افزایش آگاهی و علاقه جامعه شهری به شیوه‌ها و سبک معیشت روستایی، افزایش علاقه‌مندی به میراث فرهنگی روستایی و سنتی و توسعهٔ نسبی شبکهٔ حمل‌ونقل و دسترسی به مناطق روستایی و افزایش تورهای مسافرتی و گردشگری به این مناطق.

گسترش گردشگری به عنوان یک راهبرد نسبتاً جدید در زمینهٔ توسعهٔ روستایی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه و دیگر نقاط ایران، می‌تواند نقش مهمی در متنوعسازی اقتصاد جوامع روستایی ایفا کند و زمینهساز ایجاد فرصتهای جدیدی در نواحی روستایی، از جمله ایجاد اشتغال سودآور در بخشهای غیرکشاورزی، افزایش درآمد روستاییان و کاهش تفاوتهای درآمدی بین روستاییان و شهرنشینان، کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها و کم کردن از مشکلات و مسائل روستایی و شهری منطقه شود. در این چارچوب، اگر گردشگری روستایی بتواند همهٔ کارکردهای تعریف‌شدهٔ خود را به

1- International Union for Conservation of Nature

خوبی ایفا کند، قادر خواهد بود خالق و محرّک یا فرایند توسعه‌یافته‌ای برای حصول به پایداری توسعه در نواحی روستایی و نیز، پایداری جوامع محلّی در تمام زیرشاخههای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و همچنین خود صنعت گردشگری باشد (رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۹۲).

بر اساس تعریفی که از اکوتوریسم در این جا ارائه شد و نیز تعریفی که از گردشگری کشاورزی در بخش پیشین به تفصیل ارائه کردیم، می‌توان اشتراکات و اختلافات این دو را به این شرح دانست: نخست، نقاط اشتراک قابل توجهی میان اکوتوریسم و گردشگری کشاورزی وجود دارد که فهرست‌وار عبارتند از:

- ✓ هر دو نوع گردشگری به دنبال توانمندسازی جوامع محلی هستند،
- ✓ در شکل اصولی خود موجب حفظ و بهبود پایداری اکولوژیکی می‌شوند،
- ✓ موجب افزایش درک متقابل و رواداری هر دو جامعهٔ گردشگر و میزبان می‌شوند،
- ✓ تجربه‌های جدید و بدیعی برای هر دو گروه گردشگر و میزبان به همراه دارند،
- ✓ خروجی هر دوی آنها افزایش آگاهی محیط‌زیستی و فرهنگی است.

علاوه بر این اشتراک‌های معنایی و نگرشی، اشتراکات زیادی در میان گردشگران حوزهٔ اکوتوریسم و گردشگری کشاورزی وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد گردشگران اکوتوریسم و گردشگری کشاورزی، از تحصیلات بالاتری از میانگین گردشگران برخوردارند، میزبانان این دو نوع گردشگری نیز عموماً فرهیخته‌تر و دارای تحصیلات بالاتر، حساسیت‌های محیط زیستی بالاتر و رجحان اولویت‌های فرهنگی بر اقتصادی هستند.

دوم، اکوتوریسم و گردشگری کشاورزی اختلافات متمایز و آشکاری با هم دارند که آنها را از همدیگر متفاوت می‌سازد. مهم‌ترین تفاوت‌های این دو نوع گردشگری، بر اساس تعریف و ماهیت‌شان، عبارتند از:

- ✓ اکوتوریسم سفر به مناطق طبیعی است، در حالی که گردشگری کشاورزی سفر به اکوسیستم‌های مصنوعی و تحت مدیریت انسان است،
- ✓ گردش مالی اکوتوریسم عمدتاً صرف حفاظت از طبیعت، به صورت مستقیم، و در وهلهٔ بعد صرف توانمندسازی معیشت جوامع محلی می‌شود، در حالی که گردش مالی گردشگری کشاورزی عمدتاً صرف توانمندسازی جوامع محلی و در وهلهٔ بعد صرف حفاظت، آن هم به طور غیر مستقیم، می‌شود،
- ✓ در اکوتوریسم عنصر شناخت طبیعت و محیط زیست یک اصل به شمار می‌رود، در حالی که در گردشگری کشاورزی این موضوع، با وجودی که اهمیت فراوانی دارد، به عنوان یک اولویت

و اصل مورد تاکید نیست. حتی در بسیاری از موارد از گردشگری کشاورزی به عنوان محملی برای ایجاد علاقه‌مندی به محیط زیست و طبیعت یاد می‌شود.

در مورد مهم‌ترین تفاوت ذاتی گردشگری روستایی و گردشگری کشاورزی نیز باید گفت گردشگری روستایی، طبق تعریف، بهره‌بردن از مواهب و قابلیت‌های روستا و طبیعت آن است که بخشی از آن، جاذبه‌های کشاورزی است. در حالی که، گردشگری کشاورزی منحصراً بر جاذبه‌های کشاورزی، عموماً مزارع فعال، تاکید دارد. به عبارت دیگر، گردشگری روستایی ابعاد بیشتری را چه از نظر فضایی و چه از نظر ساختاری- نهادی در بر می‌گیرد. در بخش بعدی، گردشگری روستایی با جزئیات بیشتری مورد واکاوی قرار گرفته است.

بنابراین، می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که اکوتوریسم و گردشگری روستایی اشتراکات زیادی با گردشگری کشاورزی دارند و حتی می‌توان ادعا داشت از یک آبشخور فکری و ایدئولوژیک سیراب می‌شوند؛ با این حال مرزهای مشخص و شفافی میان آنها وجود دارد. در نهایت، قطعاً این ۳ نوع گردشگری به توانمندسازی جوامع محلی، افزایش رفاه و ثبات اقتصادی و تاب‌آوری فرهنگی و اجتماعی آنها و اهداف توسعهٔ پایدار منجر می‌شوند.

گردشگری کشاورزی و ارتباط آن با گردشگری روستایی و گردشگری غذا

گردشگری روستایی به عنوان یک فعالیت تفریحی اجتماعی در نیمه دوم قرن ۱۸ در انگلستان و اروپا به وجود آمد. قبل‌تر هم مناطق روستایی برای فعالیت‌های تفریحی مورد استفاده قرار می‌گرفت که این امر محدود به اقشار برتر جامعه بود. در قرن نوزدهم گسترش خطوط راه‌آهن، دسترسی به مناطق روستایی را برای افراد زیادی فراهم کرد و شروع صنعت گردشگری سبب رشد گردشگری روستایی شد. علیرغم توسعه گردشگری روستایی در قرن نوزدهم، تا قرن بیستم هنوز فعالیت‌های مورد علاقه گردشگران در مناطق روستایی گسترش نیافته بود. در قرن بیستم بود که نه تنها نیازهای گردشگری روستایی رشد سریعی پیدا کردند بلکه محدوده فعالیت‌های آن متنوع هم شد. بر اساس گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[1] بیش از ۷۰٪ جمعیت در ایالات متحده در سال ۱۹۹۳ از تفریحات روستایی برخوردار گردیده‌اند(عزیزی و لطفی، ۱۳۸۸). گردشگران بین‌المللی حدود ۱۰ میلیون شب در سال را در مناطق روستایی انگلستان می‌گذرانند (انجمن گردشگری انگلیس، ۱۹۸۸). روستاهای چین در سال

1- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

۲۰۱۱ حدود ۷۲۰ میلیون گردشگر به خود دیده است (وزارت کشاورزی چین، ۲۰۱۳ به نقل از ورمزیاری و همکاران، ۱۳۹۵). اکنون گردشگری روستایی یکی از انواع مهم گردشگری است که با استقبال فراوانی روبرو شده است.

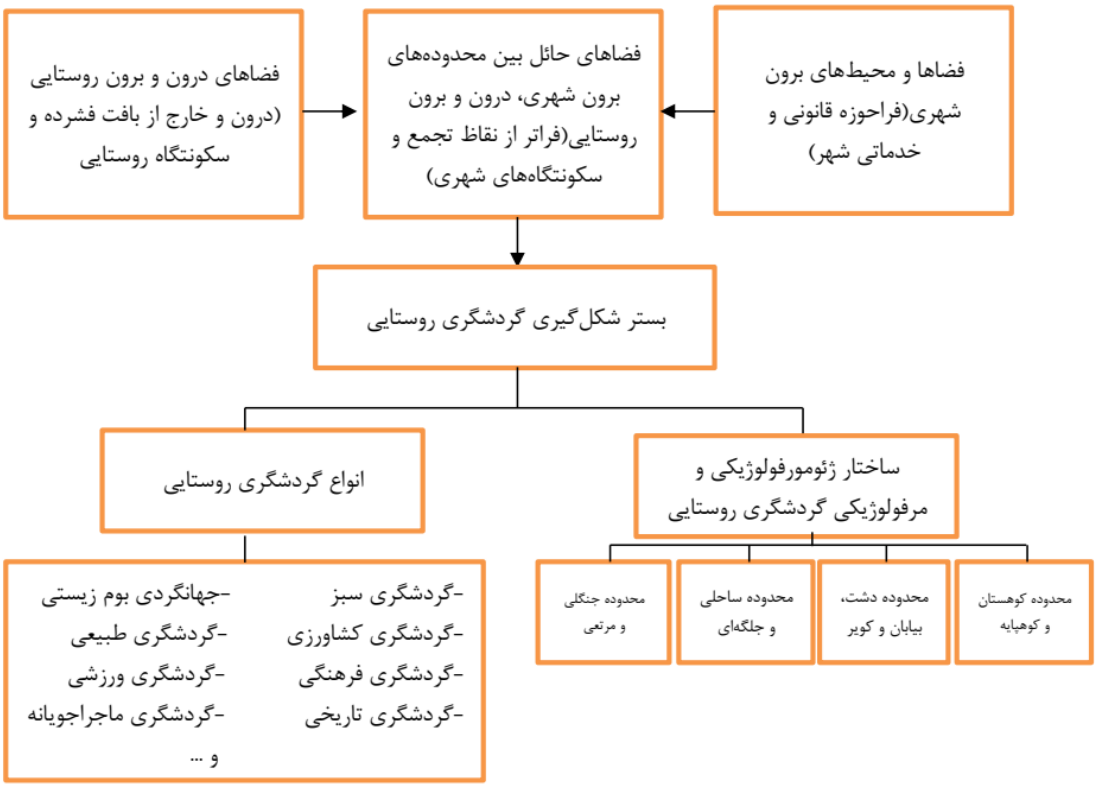
در مورد تعریف گردشگری روستایی بین متخصصان اتفاق نظر وجود ندارد چون صاحب‌نظران با در نظر گرفتن معیارهای خاص از دیدگاه خود، تعریف متفاوتی از گردشگری روستایی ارائه داده‌اند (منفرد، ۱۳۹۴). گردشگری روستایی به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که از طریق فعالیت‌های گردشگری مانند تأمین اقامتگاه، غذا، یادگیری و آموزش درباره روستا و مزرعه، درآمدهایی را برای ساکنان آن سکونتگاه‌های روستایی ایجاد می‌کند (سازمان جهانی گردشگری، ۱۹۹۳ به نقل از منفرد، ۱۳۹۴). سازمان بین‌المللی همکاری اقتصادی و توسعه (۱۹۹۴)، گردشگری روستایی را فعالیتی چند وجهی و پیچیده تعریف می‌کند که مواردی چون گذراندن تعطیلات در مزرعه، طبیعت گردی، پیاده‌روی و کوهنوردی، سوارکاری، ماجراجویی، بهداشت و سلامت، شکار و ماهیگیری، سفرهای آموزشی و پژوهشی، فرهنگ و هنر و میراث تاریخی را دربرمی‌گیرد (حاجی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). لین (۱۹۹۴) تعریفی کلی ارایه می‌دهد و گردشگری روستایی را نوعی از گردشگری می‌داند که در حومه رخ می‌دهد. این مفهوم در آغاز بیشتر در ارتباط با گردشگری مزرعه و گردشگری کشاورزی به کار می‌رفت، اما بعدها اشکال متنوعی از گردشگری روستایی ظهور یافت؛ به طوری که می‌توان گفت گردشگری روستایی به مانند چتری است که الگوهای گوناگونی از گردشگری در نواحی روستایی را دربر می‌گیرد، مانند: اکوتوریسم، گردشگری مبتنی برطبیعت، گردشگری مزرعه، گردشگری کشاورزی، گردشگری ماجراجویی، گردشگری ورزشی، گردشگری سوارکاری، گردشگری فرهنگی و میراث تاریخی، گردشگری غذا خوری (همان). تقسیم‌بندی‌های دیگری نیز از انواع گردشگری روستایی صورت گرفته است (جدول ۴).

جدول ۴. گونه‌شناسی گردشگری روستایی (اشتری مهرجردی، ۱۳۸۳).

گردشگری طبیعی	به طور عمده در تعامل با جاذبه‌های طبیعی قرار دارد
گردشگری فرهنگی	مرتبط با فرهنگ، تاریخ، میراث فرهنگی و باستان‌شناسی روستا
اکوتوریسم	علاوه بر بازدید از جاذبه‌های طبیعی با زندگی و هنجارهای زندگی اجتماعی مردم نیز در تعامل است
گردشگری دهکده‌ای	گردشگران در خانه‌های روستا یا دهکده مدتی کوتاه سکونت کرده و در فعالیت‌های روستاییان مشارکت می‌کند
گردشگری کشاورزی	گردشگران بدون ایجاد پیامدهای منفی روی اکوسیستم مناطق میزبان با فعالیت کشاورزی سنتی، از آن‌ها بازدید نموده و در فعالیت‌های کشاورزی مشارکت دارند

منفرد (۱۳۹۴) تقسیم‌بندی دیگری از انواع گردشگری روستایی ارائه کرده که شامل گردشگری کشاورزی، گردشگری سبز، گردشگری غذایی، طبیعت گردی (اکوتوریسم) و گردشگری ماجراجویانه است. گردشگرایی غذایی که در روستاها مورد توجه قرار گرفته است شامل برگزاری جشنواره‌ها و فستیوال‌های غذایی، برگزاری تورهای غذا جهت آموزش پخت غذاهای محلی و افزایش گردشگرانی است که به دنبال تنوع غذایی در محیط کاملاً سنتی هستند. اکوتوریسم با هدف استفاده از جاذبه‌ها و توانمندی‌های طبیعی و تمام جاذبه‌هایی که به نوعی با طبیعت در ارتباط هستند صورت می‌گیرد مانند کوهنوردی، صخره‌نوردی، قایق‌رانی، شنا، اسکی، تله کابین، تماشای مناظر طبیعی، فعالیت‌های شکار و صید در محیط طبیعی و ...(همان). در گردشگری ماجراجویانه افراد به صورت فردی و گروهی خود را درگیر فعالیت‌های پرخطر مانند شکار حیوانات وحشی، قایق سواری در شیب تند، مسابقات ماشین سواری، گاوبازی و .. می‌کنند. این نوع گردشگری باید به صورت هماهنگ و انسجام یافته انجام شود زیرا تسهیلات خاصی را می‌طلبد. این نوع گردشگری از سال ۱۹۹۵ به بعد سالانه ۱۵ درصد رشد داشته است (قادری، ۱۳۸۳ به نقل از منفرد، ۱۳۹۴).

البته مناطق روستایی به دلیل شرایط طبیعی و اقلیمی متفاوت و خاصی که دارند مانند کوهستان، کویر، جنگل، دریا و... ، روستاهای مختلفی را به وجود می‌آورند که بر جاذبه‌های گردشگری روستایی می‌افزاید و می‌تواند سبب شکل‌گیری انواع مختلفی از گردشگری در مناطق روستایی گردد (شکل ۳).



شکل ۳. قلمرو و حیطه‌های دربردارندهٔ گردشگری روستایی (صالحی‌فرد، ۱۳۹۰).

گردشگری روستایی به عنوان فلسفه‌ای برای توسعه روستایی مطرح گردیده است که این جنبه دارای سه دیدگاه مهم است. نگرش اول به گردشگری به عنوان راهبردی برای توسعه روستایی است که بازتاب ویژگی محیط روستایی است. در نگرش دوم نیز گردشگری را به عنوان ابزار و سیاستی برای بازساخت اقتصاد روستایی می‌شناسند. در نگرش سوم گردشگری را به عنوان سیاست و ابزاری برای توسعه روستایی پایدار قلمداد کرده‌اند (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۱ به نقل از عنابستانی و مظفری، ۱۳۹۷). با توجه به نگرش اول، گردشگری کشاورزی از جمله راهبردهایی است که در چند دهه اخیر برای متنوع ساختن اقتصاد روستایی و توسعه پایدار روستایی مطرح شده است (عنابستانی و مظفری، ۱۳۹۷). گردشگری کشاورزی که گاه گردشگری مزرعه‌ای نیز نامیده می‌شود (خسروجردی و نوری‌پور، ۱۳۹۶)، بعضی اوقات به اشتباه برای گردشگری روستایی استفاده می‌شود، اما در واقع یکسان نیستند. بر اساس تحقیقات قبلی، تعریف گردشگری مزرعه به گردشگری روستایی در مزارع کاری اشاره دارد که در آن محیط کاری بخشی از محصول را از منظر مصرف کننده تشکیل می‌دهد (کلارک، ۱۹۹۹). برداشت کشاورزان از گردشگری مزرعه به عنوان تنوع کشاورزی در نظر گرفته شده چون افراد درگیر

در گردشگری کشاورزی خود را کشاورز می‌دانند (شارپلی و واس، ۲۰۰۵). گردشگری مزرعه به عنوان یک بخش فرعی گردشگری روستایی در نظر گرفته می‌شود (کلارک، ۱۹۹۹). هر چند بعضی نویسندگان استدلال می‌کنند که گردشگری مزرعه باید در محدوده وسیع‌تری از گردشگری روستایی دیده شود با توجه به اینکه مولفه‌های کلیدی چون تأمین محل اقامت و بسیاری از جاذبه‌های روزانه در آن موجود است (باسبی و رندل، ۲۰۰۰). گرچه زمانی گردشگری کشاورزی به عنوان زیرمجموعه‌ای از گردشگری روستایی یا روستاگردی تلقی می‌شد، ولی امروزه از یکدیگر جدا شده‌اند. به این معنی که روستاگردی صرفاً با فعالیت‌های تفریحی در مزرعه همراه نیست و همواره درآمدی عاید شرکت‌های گردشگری کشاورزی نمی‌شود. با این حال، گردشگری کشاورزی فرصتی برای جلب نظر عموم به مناطق روستایی فراهم می‌سازد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۶). اشنایدر و همکاران (۲۰۰۱) معتقدند که گردشگری کشاورزی دارای سه ویژگی است که آن را از گردشگری روستایی مجزا می‌سازد:

- ✓ مشارکت در روند تولید غذا و محصولات کشاورزی در مزرعه
- ✓ فراهم بودن فرصت‌هایی به منظور یادگیری زندگی کشاورزی
- ✓ فراهم بودن امکان ارتباط مستقیم با حیوانات اهلی موجود در مزرعه و همچنین اراضی کشاورزی (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۶).

گردشگری روستایی علاوه بر ارتباط با تولید و فرآوری گیاهان و حیوانات معمولاً شامل انواع فعالیت‌های انسانی است که مربوط به زندگی در یک منطقه خارج از شهر، فرهنگ، مذهب و همه چیزهایی است که ذیل قوم‌شناسی درک می‌شود. قوم‌شناسی و مردم‌شناسی یک حوزه مستقل از وجود انسان است که درباره شخصیت و ویژگی مشخص یک قوم تصمیم می‌گیرد. این غیر طبیعی است که فقط در مورد گردشگری، صرف نظر از گردشگری روستایی تمرکز کنیم، زیرا در حقیقت، مزارع بخش مهمی از مناطق روستایی هستند. محدوده اصطلاح گردشگری کشاورزی، بسته به منطقه جغرافیایی جهان متفاوت است. روابط میان اصطلاحات گردشگری کشاورزی و گردشگری روستایی نیز به صورت منطقه‌ای تغییر می‌کند. این تغییرپذیری در نتیجه نقش کشاورزی و مناطق روستایی در یک منطقه خاص است. در بسیاری از ایالت‌های آمریکا، که در آن یک جامعه روستایی در معنای اروپایی کلمه تقریباً وجود ندارد، اصطلاحات گردشگری کشاورزی و گردشگری روستایی تقریباً معادل است (اشنایدر و همکاران، ۲۰۰۹). دینل (۲۰۰۳) اصطلاح گردشگری کشاورزی در ایالت کانزاس را به صورت زیر تعریف می‌کند: گردشگری کشاورزی شامل سفرهای گردشگران به مزارع است، سفرهایی که از بسته‌های حوادث در مناطق خارج از شهر و سفر به کارخانه فرآوری مواد غذایی ساخته شده‌اند (شنایدر و همکاران،

۲۰۰۹). در واقع می‌توان گفت که در آمریکا، به دلیل از بین رفتن روستاها و شکل‌گیری مزارع تجاری، گردشگری کشاورزی رایج‌تر است و مزارع مکان‌هایی هستند که گردشگران را به این مناطق جذب می‌کنند.

در اروپا، که در مناطق روستایی آن تعدادی از فعالیت‌ها و عملکردهای غیر کشاورزی انجام می‌شود، تمایز میان گردشگری کشاورزی و گردشگری روستایی وجود دارد. همچنین در مناطقی که تولید محصولات کشاورزی از بین رفته است، اما جامعه قوی روستایی وجود دارد، تمایز بین گردشگری روستایی و گردشگری کشاورزی به نظر می‌رسد موجه باشد. با توجه به این واقعیت که اهمیت جوامع روستایی سنتی در حال کاهش است، احتمال دارد که در آینده، اصطلاح گردشگری کشاورزی بیشتر از اصطلاح گردشگری روستایی استفاده شود. در اروپا به دلیل حفظ بافت و کارکردهای روستا، گردشگری روستایی و کشاورزی هر دو رایج هستند و این دو از هم متمایز می‌باشند، در عین حال با هم نیز ارتباط دارند. به طوری که جذب گردشگر در هر بخش، می‌تواند به جذب گردشگر در بخش دیگر کمک کند.

در بعضی کشورها، مانند مجارستان نه تنها کشاورزان دارای زمین‌ها و مزارع بزرگ تجاری، بلکه کشاورزان با قطعات کوچک زمین و شهروندان بدون زمین نیز با گردشگری روستایی در ارتباط هستند (جدول ۵). همانطور که این جدول نشان می‌دهد گردشگری مزرعه و گردشگری غذا توسط صاحبان مزارع بزرگ برای توسعه گردشگری روستایی انجام می‌شود. اما کشاورزان خرده پا و کارآفرینان بدون زمین در دیگر بخش‌های گردشگری روستایی فعال هستند که این امر می‌تواند یکی از تفاوت‌های گردشگری روستایی با گردشگری کشاورزی و غذا باشد.

جدول ۵. رابطه بین فعالیت‌های گردشگری روستایی و صاحبان زمین در مجارستان (کوکورلی، ۲۰۱۱).

کارآفرینان در صنعت گردشگری	موقعیت جغرافیایی	فعالیت‌ها
صاحبان مزارع بزرگ	دشت بزرگ	گردشگری مزرعه، پرورش گونه های بومی حیوانات، مزارع نمایشی، گردشگری غذا
کشاورزان خرده‌پا یا	غرب دانوب	اسکان
کارآفرینان بدون زمین	مجارستان شمالی	خدمات گردشگری: اکوتوریسم، گردشگری آبگرم، گردشگری سوارکاری، تور دوچرخه سواری، گردشگری قایقرانی و غیره

غذا، کشاورزی و گردشگری سه متغیر هستند، سه حوزه که به سرعت و به طور همزمان تبدیل می‌شوند، پیوند ایجاد می‌کنند و خود را در فرم‌های ابتکاری ترکیب می‌کنند (ویسنتین، ۲۰۱۱). توسعه ارتباطات گسترده‌تر و فشرده بین بخش کشاورزی و غذای محلی و گردشگری، تبدیل به یک استراتژی کلیدی برای دستیابی به توسعه پایدار شده است، زیرا مصرف غذاهای محلی و تقاضا برای آن افزایش یافته است (ریچاردسون-نگونیا و مومسن، ۲۰۱۱). ویلسون و همکاران (۲۰۰۶) گردشگری کشاورزی را به عنوان فعالیتی تعریف می‌کنند که مصرف کنندگان را علاوه بر میراث و منابع طبیعی، با تجارب غذا و آشپزی منحصر به فرد در صنعت کشاورزی و در یک منطقه خاص از مناطق روستایی مرتبط می‌کند. در دسترس بودن و اصالت غذاهای محلی، جنبه‌های مهم جذب گردشگران غذا از طریق فعالیت‌های گردشگری کشاورزی است (برادشاو، ۲۰۱۶). بنابراین می‌توان گفت که گردشگری کشاورزی با گردشگری غذا ارتباط بسیار نزدیکی دارد، چرا که تهیه و ارائه غذاهای محلی به گردشگران یکی از خدمات و فعالیت‌های مهم گردشگری کشاورزی است که بر پایه محصولات فصلی و تولید شده در مزرعه میزبان صورت می‌گیرد.

در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، کشاورزی مهم‌ترین اساس زندگی اجتماعی و اقتصادی مردم روستایی است که از امنیت غذایی حفاظت می‌کنند. این امر می‌تواند ارتباط متقابل گردشگری روستایی، گردشگری کشاورزی و گردشگری غذا را نشان دهد (اوپرمن، ۱۹۹۶). به طوری که در جامعه روستایی این حوضهٔ آبریز، کشاورزی، روستا و غذا با هم عجین شده است. غذا به عنوان نخستین نیاز هر انسان، فقط یک ماده مصرفی نیست، بلکه در خود فرهنگ و آداب و رسوم مردم بومی یک منطقه را نیز جای داده است. بر همین اساس یکی از معیارهای مهم سفر، غذا است و گردشگری غذا یکی از انواع گردشگری بوده که با توجه به افزایش زمان اوقات فراغت و نیاز انسان‌ها به یک محیط همنشینی، روز به روز در حال رشد است (کشاورزی و اکبری، ۱۳۹۲). هر چند که در جامعه روستایی ایران گردشگری رواج و رونق فراوانی یافته است، اما گردشگری کشاورزی و غذا مفاهیم جدیدی هستند. با توجه به اینکه هر یک از مناطق روستایی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه غذاها و تولیدات خاص خود را دارد، این امر می‌تواند بر تصمیم‌گیری گردشگران برای انتخاب مقصد گردشگری تأثیر بگذارد. بنابراین با توجه به اینکه گردشگری غذا مفهوم جدیدی در ادبیات گردشگری است، اما دسترسی به غذای محلی از دیرباز بر تصمیمات گردشگران برای انتخاب مقصد گردشگری تأثیر داشته است. با توجه به بافت روستایی سنتی ایران، هر سه نوع گردشگری روستایی، گردشگری کشاورزی و غذا مجزا و قابل تشخیص است، اما این سه حوزه می‌توانند تأثیرات بسیاری بر هم داشته و به جذب گردشگران در سایر حوزه‌ها کمک کنند. به طوری که این سه نوع گردشگری در مناطق روستایی می‌تواند با هم همراه باشد.

گردشگری کشاورزی زمان‌محور: بازه‌های زمانی جذاب برای گردشگران کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

عموماً گردشگری کشاورزی ریشه در میراث کشاورزی دارد. ایران به دلیل پیشینهٔ تمدنی و کشاورزی دیرینه سرشار از میراث کشاورزی است که خرده فرهنگ‌های متعددی را شامل می‌شود. برای هزاران سال، جوامع کشاورزان، دامداران، آبزی‌پروران و بهره‌برداران از جنگل، نظام‌های کشاورزی پیچیده، متنوع و (از نظر محلی) سازگار شده‌ای را توسعه داده‌اند. این نظام‌ها در طول زمان از طریق آزمون، ترکیب دانش و فناوری بومی و تجربه مدیریت شده‌اند که اغلب موجب امنیت غذایی جامعه و حفظ منابع طبیعی و تنوع زیستی شده است. نظام‌های میراث مهم کشاورزی (GIAHS)[1] یک ترکیب حیاتی از خدمات اجتماعی، فرهنگی، اکولوژیکی و اقتصادی برای بشر فراهم می‌نمایند. این نظام‌ها از منظر زیبایی‌شناسی نه تنها منجر به ایجاد مناظر، که باعث حفظ تنوع زیستی قابل توجه کشاورزی جهانی، اکوسیستم‌های پایدار و میراث فرهنگی با ارزشی نیز شده است. علاوه براین، این نظام‌ها به طور پایدار کالاها و خدمات متنوع، امنیت غذایی و معیشتی را نیز برای میلیون‌ها نفر از جمعیت کشاورزان فقیر و خرد فراهم می‌کند. وجود تعداد زیادی از این میراث کشاورزی مهم جهانی در دنیا، گواهی است بر قوه نوآوری و نبوغ مردم محلی در مدیریت و استفاده از منابع محدود، تنوع زیستی، پویایی‌های اکوسیستم و استفاده هوشمندانه از ویژگی‌های فیزیکی مناظر که به طور سنتی اما با دانش، تجربیات و فناوری‌های در حال تکامل و رشد، عجین شده است. این نظام‌های کشاورزی باستانی، پایهٔ نوآوری و فناوری‌های حال و آینده کشاورزی را شکل می‌دهند. تنوع فرهنگی، بوم‌شناختی و کشاورزی این نظام‌ها هنوز در مناطق مختلف دنیا به عنوان یک نظام منحصر به فرد کشاورزی قابل مشاهده است. نظام‌های میراث کشاورزی مهم جهانی از طریق فرآیند چشمگیر مشارکتی در تکامل نوع بشر و طبیعت و براساس تعامل و تشریک مساعی فرهنگی و زیستی طی قرون متمادی پدیدار شده‌اند که نشان‌دهندهٔ تجربهٔ انباشته مردم روستایی در سراسر جهان است.

به تعریف فائو پنج شاخص اصلی میراث کشاورزی عبارتند از: *امنیت غذایی*، *منابع ژنتیکی و تنوع ژنتیکی*، *دانش بومی*، *فرهنگ کشاورزی* و *تنوع منظر*. در این تعریف، فرهنگ کشاورزی در مقوله گردشگری کشاورزی مهم‌تر است.

1- Globally Important Agricultural Heritage Systems

در جای جای این گزارش اشاره شد که کشاورزی محدود به یک شغل و صرفاً تولید غذا نمی‌شود بلکه یک سیستم چند کارکردی است که در آن فرهنگ‌ها نقش برجسته‌ای دارند. در این میان جشن‌ها و رسوم مرتبط با کشاورزی قابلیت مستقیم و بالایی را در جذب گردشگران کشاورزی دارد که چون در موسم‌های متفاوت در هر گوشه از کشور برگزار می شود به آن گردشگری زمان‌محور نام داده‌ایم. در این بخش از گزارش به دو مورد از مراسم، جشن‌ها، آئین‌ها و جشنواره‌های موجود در ۳ استان حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، یعنی آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان اشاره می‌شود؛ آشکار است که این رخدادها سرشار از ظرایف و نمادها و دلالت‌های فرهنگی، تاریخی، اجتماعی و اقتصادی زیست‌بوم‌هایی است که در آنها و طی قرون و سال‌ها تکامل یافته‌اند. ذکر همهٔ این موضوعات در چنین گزارشی میسر نیست و بنابراین آنچه در پی می‌آید صرفاً فهرستی از این موضوع است. به علاوه، هدف این بخش در این گزارش، فهرست کردن همهٔ مراسم‌ها و آیین‌هایی از این دست در این حوضهٔ آبریز نبوده است که این امر نه هدف این گزارش و نه در تخصص تهیه‌کنندگان آن است؛ هدف ما از تهیه این بخش از گزارش یادآوری این نکته بوده است که مراسم و آیین‌ها و رخدادهای فراوانی در این منطقه وجود دارد که قابلیت و ظرفیت بهره‌برداری برای برنامه‌ریزی گردشگری کشاورزی زمان‌محور را دارند و می‌توان از آنها در طراحی تورها و گشت‌های گردشگری کشاورزی زمان‌محور بهره گرفت که برای هر دو گروه گردشگران داخلی و خارجی سرشار از جذابیت، بداعت، ذوق‌انگیزی و کسب تجربهٔ نو باشد. بنابراین، ممکن است خوانندگان با ملاحظهٔ مواردی که در این گزارش اشاره شده موارد متعدد مشابه دیگری از آنها را در دیگر مناطق کشور به یاد آورد.

جشنواره برداشت انگور

یکی از مراسم جالب در آذربایجان، به‌ویژه در منطقهٔ ارومیه جشن انگور است. این جشن در میان مسلمانان به «شانادر» و در میان مسیحیان به «اوشانا» معروف است. این جشن که پیشینهٔ آن به چند صد سال پیش باز می‌گردد، یکی از نمادی‌ترین مراسم شکرگذاری است؛ این مراسم معمولاً توام با رقص و آوازهای آذربایجانی و قوشماجاهای محلی و بایاتی‌ها همراه است. جشن انگور معمولاً در اواخر شهریور که انگورها کاملاً می‌رسند برگزار می‌شود و آئین‌ها، سنت‌ها و رسم و رسوم مخصوص خود را دارد، بدین صورت که از سحرگاهان روز جشن هزاران زن و مرد وکوچک و بزرگ در ساحل دریاچه ارومیه و در میان باغ‌های انگور وسیع و پربرکت این شهر دسته دسته برای برگزاری این مراسم کنار هم و اطراف سبدهای انگور اجتماع می‌کردند.

در ارومیه جشن شانیدر (شانادر یا شانیدر بررفته از دو کلمه «شان» به معنی انگور و «در» به معنی چیدن) در روستاهای گردآباد، دیگاله، قوشچی، جمال‌آباد، گولان و ... برگزار و مردم منطقه در این نقاط جشن انگور را با آئین و رسوم مخصوص خود برگزار می‌کنند. در ایام قدیم مردمان ارومیه با توجه به پایبند بودن به رسم و رسوم و آداب کهن و دیرین نیاکان خود تا چندین روز قبل از برگزاری مراسم عید انگور از خوردن انگور اجتناب می‌کردند و با این کار احترام و ارزش گذاشتن به نعمات الهی و آداب رسوم گذشتگان خود را به نمایش می‌گذاشتند. در داخل میدان‌های وسیع مخصوص (تالوارها) مردان، زنان، پسران و دختران و کودکان جمع و منتظر ائل‌باشی می‌شوند. لحظاتی بعد ائل‌باشی همراه دختر و پسر خردسالی با لباس محلی که هرکدام با یک سبد کوچک انگور در کنار او حرکت می‌کردند با گام‌های شمرده و آرام با لباس مخصوص وارد میدان می‌شود. ابتدا سخنان خود را با دعا و نیایش به نعمات خالق هستی شروع کرده که همان دعای ویژه جشن انگور است؛ پس از اجرای دعا توسط خانلارخانی و مردم، دو نوجوان با لباس محلی (یک دختر و یک پسر) با سبدهای کوچک انگور که از همه نوع انگور در داخل آن قرار دارد به عنوان تبرک از مردم پذیرائی نموده و بین آنها تقسیم می‌کنند. هرکدام از خانم‌ها هم نیت کرده تا آرزوئی که در دل دارد برآورده شود، حتی برخی برای همین روز قربانی هم نذر می‌کنند.

در این روز مردم از خدا می‌خواهند که تاکستان‌ها و محصولات کشاورزی آنان را از بلایای آسمانی چون تگرگ، طوفان، سیل و... محفوظ نگاه داشته و به آنها برکت عطا نماید. بعد مردان پهلوان منطقه مراسم کشتی محلی را اجرا می‌کنند، آن‌گاه بعد از اجرای کامل این مراسم ساز و دهل در میدان نواخته شده و مردم (به نشانه اتحاد) دست به دست صفی طولانی درست می‌کنند و رقص دسته‌جمعی (یاللی) انجام می‌دهند که نشانی از یک‌دستگی و اتحاد آنهاست.

جشن بیلندانه در مهاباد

جشن بیلندانه (گذاشتن بیل و رفتن به استقبال بهار) یکی از جشن‌های با شکوه و پرنشاط کردهای ایران به شمار می‌رود که در سراسر نقاط کردنشین ایران و عراق برگزار می‌شود و هدف از آن زنده نگهداشتن آیین‌های کهن مناطق کردنشین ایران است که به عنوان مثال در مهاباد و به همت دوستداران آیینهای بومی محلی با شکوه هرچه تمام‌تر و با استقبال گسترده اقشار مختلف مردم در آستانه فصل بهار برگزار می‌شود.

این آیین جشن کهنی است که ارتباطی مستمر با دامداری به عنوان شکل معیشتی غالب این مناطق دارد، زمان برگزاری این جشن باستانی در روزهای ۱۴ و ۱۵ بهمن ماه هر سال است که مصادف با زمان تقریبی تغییر اساسی آب و هوا و گرم شدن تدریجی زمین و کم شدن هیبت زمستان است؛ نام این آیین نیز برگرفته از همین واقعیت و تغییر آب و هوایی است؛ بیلن دانه در معنی تحت‌اللفظی به معنای گذاشتن بیل روی زمین است، شاید این نوع نام‌گذاری با توجه به این که این مراسم ریشه در آغاز فصل بهار دارد، نویدی برای آمادگی زمین برای کشت محصولات کشاورزی باشد. هدف اصلی این آیین را می‌توان در ۲ حیطه شکرگزاری و بخشش عنوان کرد؛ این مراسم در واقع شکرگزاری برای گذشتن از سرمای سخت کوهستان و همچنین طلب زیادت روزی در سال پیش روی است. این آیین کهن به عنوان یکی از قدیمی‌ترین مراسم در میان قوم کرد مورد استقبال فراوان اقشار مختلف مردم قرار گرفته و هر ساله با شکوهی بی‌مانند برگزار می شود.

برخی از این جشن‌ها، آیین‌ها و مراسم که می‌توان از آنها با عنوان «**مناسک رو به افول میراث کشاورزی کشور**» یاد کرد در حال کم‌رنگ شدن و فراموشی است که می‌توان با احیای جشن‌های کشاورزی، ظرفیت گردشگری کشاورزی زمان‌محور را بالا برد. علاوه بر آن، فصلی بودن این رخدادها ضروری می‌نماید تا تورهایی ترکیبی تعریف شود تا گردشگران، اعم از داخلی و بین‌المللی، در یک سفر قادر باشند از دو یا چند مراسم بازدید کنند. به علاوه، در برخی موارد به نظر می‌رسد می‌توان به شکلی برنامه‌ریزی کرد تا این جشن‌ها و مراسم در نقاط مختلفی برگزار شود؛ به عنوان مثال برای محصولی مثل انار در استان‌های گوناگون کشور این محصول کشت می‌شود و اگر روزی جشن انار برای گردشگران جذابیت داشته باشد و فی‌المثل این جشن در عقدای یزد ریشه داشته باشد می‌تواند با بومی‌سازی و تغییراتی جزئی در ساوه یا بجستان یا خلیل‌آباد بردسکن هم اجرا و موجب جذب گردشگران کشاورزی شود. در مجموع اطلاعاتی که در این بخش ارائه شد به خوبی نشان می‌دهد ظرفیت‌های قابل‌توجهی در بخش آداب، مراسم، جشن‌ها و جشنواره‌های کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه وجود دارد که به شرط برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری اصولی و دانش‌بنیان می‌توان از آنها در جهت ارتقای وضعیت گردشگری کشاورزی این منطقه بهره گرفت.

۷-۷ اثرات بالقوهٔ گردشگری کشاورزی در معیشت پایدار و اشتغال مکمل با هدف کاهش مصرف آب

گردشگری کشاورزی در ایالات متحده بیش از دو دهه است که به عنوان یکی از اشکال تنوع‌بخشی منابع درآمدی مدنظر قرار گرفته است. در چین و بر اساس آخرین گزارش توسعه کشاورزی آن کشور تا اواخر سال ۲۰۱۱، در این کشور ۸۵ هزار روستا و درمجموع ۱/۷ میلیون نفر در کشاورزی تفریحی (گردشگری کشاورزی) و گردشگری روستایی فعالیت داشته‌اند. کشاورزی تفریحی، شیوه نوینی از کشاورزی است که گردشگران را تشویق می‌کند تا در فعالیت‌های مختلف کشاورزی مشارکت کنند. از این میان ۱/۵ میلیون نفر به طور مشخص در گردشگری کشاورزی به فعالیت مشغول بوده‌اند. به‌طورکلی در سال ۲۰۱۱، از نواحی روستایی چین ۷۲۰ میلیون نفر بازدید کرده‌اند که حاصل آن، گردش مالی ۲۱۶ میلیارد یوانی بوده است (وزارت کشاورزی چین، ۲۰۱۳). در سال ۲۰۱۳، صنعت گردشگری روستایی تایوان گردش مالی سالانه ۱۰ میلیارد دلار تایوان و ۲۰ میلیون گردشگر داشته است که از این میان ۲۶۰ هزار بازدید توسط گردشگران خارجی صورت گرفته است.

هوگن و ویک (۲۰۰۸) به بررسی ویژگی‌های کشاورزان شاغل در بخش گردشگری کشاورزی در نروژ پرداختند. این پیمایش با استفاده از یک پرسشنامه از ۱۶۷۷ کشاورز انجام شد که در آن اطلاعات مربوط به موضوعات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، شامل وضعیت جمعیت‌شناختی خانوار کشاورز، ویژگی‌های مزرعه، فعالیت‌های اقتصادی، نگرش‌های اجتماعی و سیاسی و برنامه‌های آتی کشاورزان استخراج شد (جدول ۶). در این مطالعه، «کشاورز» به عنوان کسی تعریف شد که کاربر اصلی و مسئول مزرعه‌ای حداقل نیم هکتاری است.

جدول ۶. بررسی ویژگی‌های کارافرینان بخش گردشگری کشاورزی و دیگر کشاورزان نروژی (هوگن و ویک، ۲۰۰۸)

متغیرها	کارآفرینان گردشگری کشاورزی		سایر کشاورزان		χ^2	سطح معنی‌داری
	تعداد	٪	تعداد	٪		
جنسیت					۵/۶۲۵	۰/۰۱۸
مذکر	۱۰۶	۷۹/۷	۱۳۲۳	۸۷/۰		
مؤنث	۲۷	۲۰/۳	۱۹۷	۱۳/۰		
وضعیت تأهل					۷/۷۹۹	۰/۰۰۵
متاهل	۱۲۵	۹۱/۹	۱۲۷۳	۸۲/۶		
مجرد (مطلّق)	۱۱	۸/۱	۲۶۸	۱۷/۴		
تحصیلات عالی					۱۱/۹۲۸	۰/۰۰۱
آری	۴۴	۳۲/۴	۳۰۳	۱۹/۸		
خیر	۹۲	۶۷/۶	۱۲۲۷	۸۰/۲		
آموزش کشاورزی					۹۸۱۳	۰/۰۰۷
بله، در سطح دانشگاهی	۱۸	۱۳/۳	۹۵	۶/۴		
بله، در سطح هنرستان	۴۹	۳۶/۳	۵۴۰	۳۶/۱		
خیر	۶۸	۵۰/۴	۸۶۰	۵۷/۵		

داده‌های جدول ۶ نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری میان کارآفرینان گردشگری کشاورزی و سایر کشاورزان از نظر سطح آموزش‌های دریافتی وجود دارد. یک‌سوم کارافرینان بخش گردشگری کشاورزی دارای سطحی از آموزش عالی بوده‌اند، در حالی که این عدد در سایر کشاورزان نروژی یک‌پنجم بوده است. همچنین جالب است که کارافرینان بخش گردشگری کشاورزی بیش از سایر کشاورزان نروژی آموزش کشاورزی دریافت کرده‌اند. سطح تحصیلات و آموزشی کشاورزان کارفرین گردشگری کشاورزی بالاتر از دیگر کشاورزان بوده است که احتمالاً یکی از دلایل موفقیت کسب‌وکار گردشگری آنها بوده است. میانگین سن کشاورزان فعال در گردشگری کشاورزی در نروژ ۵۲ سال و میانگین سن کل کشاورزان این کشور ۵۰/۴ سال بوده است.

جدول ۷. تولیدات اصلی و اندازهٔ مزرعه در گردشگری کشاورزی و سایر مزارع در نروژ (هوگن و ویک، ۲۰۰۸).

متغیرها	کارآفرینان گردشگری کشاورزی		سایر کشاورزان		χ^2	سطح معنی‌داری
	تعداد	٪	تعداد	٪		
تولیدات مزرعه					۲۴۱۳۱	کمتر از ۰/۰۰۱
فراورده‌های لبنی	۵۱	۳۸/۱	۵۱۸	۳۳/۹		
دام	۴۷	۳۵/۱	۵۰۴	۳۳/۰		
محصولات دانه‌ای	۱۰	۷/۵	۳۳۷	۲۲/۰		
سایر تولیدات زراعی	۹	۶/۷	۸۶	۵/۶		
جنگل‌داری	۸	۶/۰	۳۸	۲/۵		
دیگر تولیدات	۹	۶/۷	۴۶	۳/۰		
زمین زراعی (هکتار)						
کمتر از ۱۰ هکتار	۴۵	۳۳/۸	۴۵۶	۳۰/۴	۰/۷۳۰	۰/۳۹۳
۱۰-۲۵ هکتار	۶۳	۴۷/۴	۶۳۳	۴۲/۳	۱/۴۱۷	۰/۲۳۹
بزرگ‌تر از ۲۵ هکتار	۲۵	۱۸/۸	۴۰۹	۲۷/۳	۴/۳۳۷	۰/۰۳۷

داده‌های هوگن و ویک (۲۰۰۸) در مورد اشتغالات کشاورزی کارآفرینان گردشگری کشاورزی حاکی از آن است که این گروه در مقایسه با سایر کشاورزان نروژی اشتغال بالاتری در تولیدات لبنی دارند (جدول ۷). همچنین فقط ۸٪ آنها به تولید محصولات زراعی دانه‌ای می‌پردازند که این عدد در مورد سایر کشاورزان این کشور ۲۲٪ است. بیش از ۷۳٪ مزارع گردشگری کشاورزی این کشور برپایهٔ تولیدات لبنی و دامی است. **این امر حاکی از آن است که گردشگری کشاورزی یک فعالیت اضافه و «مکمل» بر فعالیت تخصصی و تمام وقت کارافرینان گردشگری کشاورزی است. به عبارت دیگر، گردشگری کشاورزی فعالیتی است که نیازمند یک اشتغال پیوستهٔ دیگر در مزرعه است.** افزون بر آن، بهره‌گیری از نیروی کار خانوار کشاورز یکی از ویژگی‌های اصلی گردشگری کشاورزی به شمار می‌رود.

جدول ۷ اطلاعات جالبی نیز در مورد رابطهٔ اندازهٔ مزرعه و گردشگری کشاورزی در نروژ به دست می‌دهد. در این کشور میانگین اندازهٔ مزرعه ۲۰/۲ هکتار است؛ **یافته‌های این مطالعه نشان داد گردشگری کشاورزی معمولاً در مزارع کوچک‌تر اجرا می‌شود**. در مزارع بزرگ‌تر از ۲۵ هکتار، که در نروژ مزارع بزرگ محسوب می‌شود، تفاوت معنی‌داری در اقبال گردشگری کشاورزی دیده می‌شود. عمدهٔ کارافرینان و مجریان گردشگری کشاورزی این کشور دارای مزارع ۲۵-۱۰ هکتاری بودند.

اولنبرگ (۲۰۰۸) در یک مطالعهٔ جامع به مرور ویژگی‌های انواع گردشگری کشاورزی از نظر حجم و نوع فعالیت در اروپا و ایالات متحده پرداخته است. نتایج مطالعهٔ وی در جدول ۸ برای اروپا و در جدول ۹ برای ایالات متحده ذکر شده است که ابعاد مختلف اقتصادی، درآمدزایی و پایداری این کسب‌وکار را در کشورهای توسعه‌یافتهٔ مطالعه‌شده نشان می‌دهد. این اطلاعات می‌تواند دانش بنیادی را برای فهم موضوع توسعهٔ گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه برای ما فراهم آورد.

جدول ۸. ویژگی‌های کشورهای مختلف اروپایی از نظر حجم و نوع گردشگری کشاورزی (اولنبرگ، ۲۰۰۸)

کشور	مقیاس اقتصادی	تولیدات گردشگری کشاورزی	سایر ویژگی‌ها
اتریش	۱۰٪ کل مزارع	اقامت در خانه‌های روستایی و پذیرایی با تولیدات خانگی زمینه‌های مهم شامل: ارگانیک و سلامت، کودکان، گردشگران معلول، اسب‌سواری	مزارع فعال کوچک در حاشیهٔ مزارع حدود نیمی از امکانات اقامتی اتریش در مزارع است
بلژیک	۳/۶٪ کل مزارع؛ ۲۲۰۰ مزرعه	اقامت در خانه‌های روستایی زمینه‌های مهم شامل: امکانات برای گردشگران معلول، کودکان، فضاهای بدون آلرژی، ماهیگیری، اسب‌سواری، فعالیت‌های طبیعت‌محور	مزارع فعال کوچک
دانمارک	کمتر از ۱٪ کل مزارع ۳۵۰-۳۰۰ مزرعه (غیر از واحدهای تخت و صبحانه، آپارتمان‌ها و کمپ‌های مزرعه‌ای)	اقامت در مزرعه، آپارتمان‌ها و کمپ‌های مزرعه‌ای زمینه‌های مهم شامل: تعطیلات آخر هفتهٔ سبز (اقامتگاه‌هایی با ردپای کربن پائین)، فعالیت‌های طبیعت‌محور و ماهیگیری	مزارع فعال کوچک
فرانسه	۲/۸٪ کل مزارع ۱۴۰۰ مزرعه	اقامت و غذای عالی دو نوع اقامت روستایی: الف) در مزرعه، ب) املاک روستایی که توسط ۱۰-۲ نفر اجاره می‌شود	اقامتگاه‌های نوع (ب) بیشترند اکثر روستاها در مناطق مدیترانه‌ای هستند
آلمان	۴٪ از کل مزارع (در سال ۲۰۰۰)	اقامت در خانه‌های روستایی با غذای عالی، اقامت در اصطبل‌ها و انبارهایی که تغییر کاربری داده‌اند فعالیت‌ها: فعالیت‌های طبیعت‌محور و اسب‌سواری	مزارع فعال کوچک در حاشیهٔ مناطق زراعی رقابت شدید میان مناطق مزارع دارای گواهینامه‌های کیفی با قدمت ۳۰ سال

بریتانیا	۶۶۶۵ مزرعه در انگلستان و ولز در سال ۲۰۰۰ (۲/۸٪ کل مزارع بریتانیا) ۱۲۰۰ مزرعهٔ بریتانیایی در اتحادیهٔ ملی گردشگری کشاورزی)	اقامت‌گاه‌های تخت و صبحانه، کلبه‌ها و کمپ‌های خودگردان	مزارع کوچک فعال در حاشیهٔ مناطق زراعی
یونان (بدون کرت)	کمتر از ۱ درصد کل مزارع	اقامت‌گاه‌های تخت و صبحانه با اتاق‌هایی با مبلمان سنتی و پذیرایی با تولیدات خانگی	فعالیت یک‌سوم کارافرینان جدا از کار خانوادگی آنهاست توسعهٔ قابل‌توجه تعاونی‌های گردشگری کشاورزی زنان تقاضای کم از سوی گردشگران داخلی
ایسلند	حدود ۴٪ کل مزارع حدود ۱۵۰ مزرعه با مدیریت «تعطیلات در مزارع ایسلند»	اقامت‌گاه‌های گوناگون از خانه‌های روستایی تا کمپ‌ها تاکید شدید بر فعالیت‌های گردشگری طبیعت	
ایرلند	۳۰۰ مزرعه در اتحادیه تعطیلات در مزرعهٔ ایرلند در سال ۲۰۰۷ (کمتر از ۱٪ کل مزارع)	اقامت‌گاه‌های سنتی تخت و صبحانه با غذاهای خانگی یا سلف‌سرویس	مزارع فعال کوچک در حاشیهٔ مناطق زراعی
ایتالیا	کمتر از ۱٪ کل مزارع	تاکید فراوان بر غذاها و شراب عالی	مزارع فعال کوچک در حاشیهٔ مناطق زراعی بیشترین سهم گردشگری کشاورزی در توسکانی (۲۹٪)
هلند	کمتر از ۱٪ کل مزارع	اقامت در خانه‌های روستایی، اماکن گروهی و کمپ‌ها با حداکثر گنجایش ۱۵-۱۰ چادر در هر واحد اقامتی	غالباً در قالب کمپ‌ها اداره می‌شود

	۱۲۰۰ واحد روستایی (همهٔ آنها مزرعهٔ فعال نیستند)		
لهستان	۷۴۰۰ مزرعه در سال ۲۰۰۳		از دهه ۱۹۹۰ و به عنوان بخشی از سیاست ملی پشتیبانی از خانواده‌های روستایی که در معرض تغییرات ناشی از بازسازی اقتصادی هستند عمومیت یافته است
پرتغال	کمتر از ۱٪ کل مزارع	تاکید بر انواع گوناگون اقامت‌گاه‌های روستایی	استانداردهای دقیق و سخت‌گیرانه برای ساخت و تجهیز واحدها فقدان برخی مهارت‌ها نظیر ندانستن زبان خارجی موجب محدودیت این کسب‌وکار شده است توسعهٔ قابل‌توجه تعاونی‌های گردشگری کشاورزی زنان
اسپانیا	کمتر از ۱٪ کل مزارع ۶۵۰۰ واحد گردشگری روستایی که تعداد بسیار اندکی از آنها مزرعهٔ فعال است	تاکید بر اقامت‌گاه‌های روستایی (فقط ۵٪ از کل بخش گردشگری کشور)	گردشگری کشاورزی چندان فعال نیست
سوئد	کمتر از ۱٪ کل مزارع ۴۹۰ مزرعه در سال ۲۰۰۲	اقامت‌گاه‌های تخت و صبحانه، سلف سرویس و کمپ‌ها	

جدول ۹. ویژگی‌های ایالت‌های گوناگون ایالات متحده آمریکا از نظر حجم و نوع گردشگری کشاورزی (اولنبرگ، ۲۰۰۸)

ایالت	مقیاس اقتصادی	تولیدات گردشگری کشاورزی	سایر ویژگی‌ها
کالیفرنیا	۸۰۰ جاذبهٔ گردشگری کشاورزی ۳۰۰ بازار کشاورزان	بازارهای کشاورزان میوه‌چینی توسط گردشگر فروش کنار جاده‌ای	
کلرادو	۸۶۷ کسب‌وکار گردشگری کشاورزی به‌طور میانگین ۱۳٪ کل درآمد مزرعه	گله‌داری تفرج در مزارع کشاورزی	شکار و ماهیگیری بیشترین آثار اقتصادی را دارد
هاوایی	۱۸۷ کسب‌وکار، ۳۴ میلیون دلار	کشاورزی «خاص»	فروش درون مزرعه‌ای محصولات کسب‌وکار غالب است
آیداهو	۵۸ کسب‌وکار گردشگری کشاورزی	گله‌داری/ تفرج در مزارع کشاورزی	
مونتانا	۱۱۰۰ کسب‌وکار گردشگری کشاورزی (۷٪ کل مزارع) در سال ۱۹۹۷؛ به‌طور متوسط ۱۶٪ کل درآمد مزارع	گله‌داری تفرج در مزارع کشاورزی	پیشینهٔ طولانی در صنعت گله‌داری
نیویورک	۲۰۰۰ کسب‌وکار گردشگری کشاورزی ۲۱۰ میلیون دلار در سال ۱۹۹۹؛ به‌طور متوسط ۴۳٪ کل درآمد مزرعه	فروش محصولات در مزرعه (۳۷٪) فروش درخت کریسمس (۱۲٪) میوه‌چینی توسط گردشگر (۱۰٪)	مزارع کوچک و متوسط کسب‌وکار نزدیک شهرهای بزرگ و مراکز جمعیتی

ورمونت	۳۳٪ کل مزارع ۱۹ میلیون دلار در سال ۲۰۰۷	فروش محصولات در مزرعه (شربت و فراورده‌های افرا) فروش درخت کریسمس	مزارع کوچک و متوسط کسب‌وکار نزدیک شهرهای بزرگ و مراکز جمعیتی
ویرجینیا		میوه‌چینی توسط گردشگر (۲۹٪) فروش درون مزرعه (۲۶٪) فروش درخت کریسمس (۱۹٪)	مزارع کوچک و متوسط کسب‌وکار نزدیک شهرهای بزرگ و مراکز جمعیتی

مالکنتی و روتری (۲۰۱۱) طی مطالعهٔ ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های گردشگری کشاورزی در سریلانکا، با استفاده از رهیافت تجزیه و تحلیل SWOT نتایج خود را در قالب جدول ۱۰ ارائه کردند. همان‌گونه که از نتایج این مطالعه دیده می‌شود بخش عمده‌ای از نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهایی که این پژوهشگران برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی در سریلانکا ذکر کرده‌اند در ایران نیز قابل تایید است.

جدول ۱۰. تجزیه و تحلیل SWOT برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی در سریلانکا (مالکنتی و روتری، ۲۰۱۱)

نقاط قوت	نقاط ضعف
در دسترس بودن تعداد قابل توجهی از کشاورزان با مالکیت خصوصی	فقدان مزارع بزرگ (۸۰٪ مزارع زیر سه هکتار)
حضور چشم‌اندازهای کشاورزی جذاب در اکثر مناطق	آگاهی و دانش کم کشاورزان در مورد گردشگری کشاورزی و جذابیت‌های آن
وجود تعداد قابل توجهی از نیروی کار خانوادگی	سطح پایین مهارت‌های مدیریتی و کارآفرینی کشاورزان
رونق فعالیت‌های سنتی کشاورزی خاص منطقه	زیرساخت‌های ناکافی برای توسعه گردشگری
دسترسی به مناظر زیبای طبیعی با محیط تمیز و سالم	محدودیت منابع مالی و دسترسی به منابع خارجی برای تاسیسات مورد نیاز گردشگری
دسترسی به فعالیت‌های فرهنگی سنتی از جمله معیشت‌های مختلف و غذاهای سنتی	عدم دسترسی به قوانین، مقررات و سیاست‌ها برای بهبود گردشگری
دسترسی به محیط‌های بکر به دلیل عدم فعالیت‌های صنعتی	
فرصت‌ها	**تهدیدها**
در دسترس بودن مکان‌های جذاب گردشگری	عدم توجه دولت به مشکلات کشاورزی در این مناطق
وجود همکاری متقابل کشاورزان با دیگر سازمان‌ها در این مناطق	رقابت با دیگر بخش‌های تفریحی سنتی
در دسترس بودن تعداد زیادی جوان بیکار در مناطق مورد مطالعه	انباشت پسماندهای غیر قابل تجزیه در مناطق کشاورزی
تاکید بر توسعه پایدار گردشگری روستایی توسط دولت	مشکلات مربوط به حفاظت محیط‌زیست
افزایش تدریجی تقاضای گردشگری کشاورزی توسط گردشگرها	تغییر چشم‌انداز طبیعی منطقه

گردشگری در سراسر جهان به عنوان راهبردی موثر و کارامد در تولید و افزایش ثروت در نظر گرفته می‌شود و حتی در برنامه‌های کلان کشورها به عنوان یکی از مولفه‌های اصلی در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت لحاظ می‌شود. به عنوان مثال، در اندونزی، به عنوان پرجمعیت‌ترین کشور اسلامی و یکی از کشورهای قدرتمند گروه G20، برای تسریع و گسترش توسعهٔ اقتصادی اندونزی در دورهٔ زمانی ۲۰۲۵-۲۰۱۱، مقرر شده است بالی و نوسا تنگارا به کریدور اقتصادی‌ای با عنوان «دروازهٔ گردشگری و پشتیبانی از غذای ملی» تبدیل شوند؛ منطقه‌ای که هم‌اکنون ۴۰٪ پروازهای بین‌المللی مستقیم به بالی صورت می‌گیرد، ۱۵٪ ظرفیت هتل‌های کشور در این دو منطقه است و ۲۱٪ از تولید ناخالص داخلی این کشور از محل هتل‌های آن تامین می‌شود (وزارت هماهنگی امور اقتصادی اندونزی، ۲۰۱۱).

اما برنامهٔ گردشگری در بالی، به عنوان قطب گردشگری اندونزی، بر چه پایه‌ای است؟ پاسخ به این پرسش اهمیت زیادی برای طرح حاضر دارد: اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران به عنوان کارفرما قرار است به این موضوع بپردازد که چگونه ایران، با همهٔ ملاحظات، می‌تواند به گردشگری به عنوان یک منبع مهم درآمدی در گذر از اقتصاد نفتی به اقتصادِ دانش‌بنیان، غیر نفتی و مقاومتی و جامعه‌محور نگاه و اعتنا کند. در این مسیر، اندونزی به عنوان یک کشور اسلامی که اشتراکات و تشابهات ساختاری و نهادی و فرهنگی فراوانی با ما دارد نمونه و مثال ارزشمندی است. **به باور تهیه‌کنندگان این گزارش، چند سطری که در ادامه می‌آید (زیربنای فکری و اعتقادی برنامهٔ توسعهٔ گردشگری بالی) از مهم‌ترین آموزه‌های این گزارش است که باید به دقت مورد توجه سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان، تصمیم‌سازان و مجریان برنامه‌های توسعهٔ اقتصادی کشور قرار گیرد، علی برکت الله.**

توسعهٔ گردشگری بالی بر اساس فرهنگ منطقهٔ بالی استوار است که در لایحهٔ ۲/۲۰۱۲ که اصلاحیه و متمم لوایح ۳/۱۹۹۱ و ۳/۱۹۷۴ دولت محلی بالی است تصریح شده است. فرهنگ بالی (از جمله کشاورزی این منطقه) تا حد بسیار زیادی بر فلسفهٔ هندو استوار است. مبنای عملیاتی توسعهٔ اقتصادی در بالی مفهوم *Tri Hita Karana* است (*tri*: سه، *hita*: شادی، *karana*: علت؛ جمعاً به معنای ۳ علت شادی). این سه علت عبارتند از: رابطهٔ هماهنگ میان انسان‌ها و خداوند به عنوان آفرینندهٔ جهان؛ رابطهٔ هماهنگ میان خود انسان‌ها؛ و در نهایت رابطهٔ هماهنگ میان انسان‌ها و محیط.

اساس این نگاه مبتنی بر احترام به خداوند، همه انسان‌ها و طبیعت است. توجه داشته باشیم که این مانیفست برنامه اقتصادی یک کشور صنعتی و توسعه‌یافته است نه شعار یک گروه غیرانتفاعی محیط زیستی که از سر دلخوشی و باری به هر جهت شعاری برای کارهای اوقات فراغت خود تعریف کرده

است. این مانیفست برنامه‌ای است که دستاورد اقتصادی سال‌های اخیرش به این شرح است (آمارهایی که در ادامه در این پاراگراف می‌آید همگی ازگزارش ادارهٔ گردشگری دولت بالی در سال ۲۰۱۲ استخراج شده است که در منابع پایانی این بخش آمده است): آماره‌های کنونی بخش گردشگری بالی حاکی از آن است که در سال ۲۰۱۱ بیش از ۲/۷۶ میلیون گردشگر خارجی و ۵/۶۸ میلیون گردشگر داخلی از بالی دیدن کرده‌اند. درآمد بخش گردشگری بالی در سال ۲۰۱۱ بیش از ۱۰۰ هزار میلیارد روپیهٔ اندونزی (معادل ۷/۱ میلیارد دلار ایالات متحده) بوده است که ۱۰٪ آن از محل غذا و تولیدات باغی این منطقه بوده است. این در حالی است که کل تولیدات کشاورزی بالی در این سال ۲/۲ هزار میلیارد روپیه اندونزی بوده است که به این معنی است که بخشی از این هزینه برای مواد غذایی و تولیدات کشاورزی‌ای بوده است که واردات به بالی محسوب می‌شوند. علاوه بر این، با وجودی که نرخ اشغال هتل‌ها در بالی در سال ۲۰۱۱ فقط۶۲/۱۵٪ بود، بسیاری از زمین‌های حاصلخیز کشاورزی این منطقه، از جمله در بادونگ و گیان‌یار و دنپاسار به تسهیلات و زیرساخت‌های گردشگری تبدیل شده است. بر همین اساس و با هدف پیشگیری از تهدید پایداری کشاورزی بالی، راهبردهای توسعهٔ نوآورانهٔ گردشگری این منطقه با هدف تلفیق پایدار کشاورزی و گردشگری صورت گرفته است.

***

در طول دو دههٔ گذشته مهاجرت از روستا به شهر در سراسر جهان رشد چشمگیری داشته که عمدتاً به دلیل فعالیت‌های اقتصادی و از نوع شغلی بوده است (دمیرکایا، ۲۰۱۱). عواملی از قبیل کمبود درآمد روستائیان، بیکاری گسترده نیروی مازاد در بخش کشاورزی، عدم گسترش مناسب زیرساخت‌های خدماتی در روستاها و وجود زمینه اشتغال و درآمد نسبی بهتر در شهر بر شدت مهاجرت در سال‌های اخیر دامن زده است. به طور کلی این مهاجرت‌های بی‌رویه هم در مبدأ و هم در مقصد موجب بروز مسائل و مشکلاتی می‌شود که عبارتند از بروز نابسامانی‌های ناشی از فشار بر منابع و امکانات محدود جوامع شهری، بیکاری و کم‌کاری، کمبود فضای زیستی و آموزشی، آلودگی هوا و محیط زیست، سالخوردگی و زنانه شدن نیروی کار کشاورزی در روستا و در نهایت تخلیهٔ روستاها (کیانی و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی کشاورزی با چالش‌های فزاینده‌ای، از جمله تشدید رقابت بازار، محدودیت دسترسی زمین و افزایش هزینه نهاده‌ها وکاهش قیمت محصولات مواجه است و این موارد باعث کاهش درآمد مزارع خرده مالکی در سراسر جهان شده است (دویل و مک‌گی، ۲۰۰۲؛ پاکوچی و پاکوچی، ۲۰۰۵). بنابراین، کشاورزی برای ادامه حیات خود مجبور به یافتن راه حلی برای اضافه کردن ارزش به محصولات خود و ایجاد منابع درآمدی قابل اعتماد می‌باشد. آمارهای بخش کشاورزی ایالات متحده نشان می‌دهد

که این کشور در طول دو دههٔ گذشته (از سال ۱۹۹۷) شاهد کاهش تعداد مزارع و همچنین کوچک شدن مزارع بوده است. هزاران هکتار از زمین‌های کشاورزی تبدیل به زمین مسکونی یا کارخانه شده‌اند. با این حال، مثلاً کشاورزی ایالت ویرجینیا هنوز به عنوان صنعت شماره یک این ایالت رتبه‌بندی می‌شود و بر اقتصاد منطقه تاثیر زیادی می‌گذارد. یکی از دلایل موفقیت کشاورزی در این ایالت توسعه جاذبه‌های کشاورزی، از جمله گردشگری کشاورزی است که باعث شده ساکنان محلی و گردشگران به منظور تجربهٔ محیطی آرام اما پر انرژی به بازدید مزارع روی آورند (واکر، ۲۰۰۹).

از سوی دیگر اما، گردشگری به رغم پیشرفت‌های فناورانه در جهان، همچنان بر محور نقش قابل توجه نیروی انسانی استوار است، به طوری که این صنعت موجب اشتغال مستقیم در زیر بخش‌های صنعت و اشتغال غیر مستقیم در بسیاری از فعالیت‌های مالی، تبلیغاتی، فنی، حقوقی، حمل‌ونقل مواد غذایی، خدمات اداری، فروش، پزشکی و بهداشتی، هتلداری و نظایر آن می‌شود (اوه، ۲۰۰۵). این ویژگی برای کشورهایی همچون ایران که با مشکل بیکاری روبرو هستند و از توانایی‌ها، ظرفیت‌ها و زیرساخت‌های لازم (طبیعی، فرهنگی، تاریخی و اجتماعی) برای توسعه گردشگری برخوردارند اهمیت خاصی دارد. بنابراین توسعه صنعت گردشگری با تمرکز بر ایجاد مراکز سرگرمی، فرهنگی و فراهم نمودن امکانات رفاهی به یکی از اساسی‌ترین برنامه‌ها برای بسیاری از کشورها تبدیل و یا مورد توجه واقع شده است (بانسال و ایزلت، ۲۰۰۴).

در سراسر جهان، بسیاری از روستاها از ظرفیت‌های مناسبی برای گردشگری برخوردارند که مهم‌ترین آنها ویژگی مهمان‌پذیری روستائیان است که حتی مشتاقانه آمادهٔ پذیرایی از گردشگران (مهمانان) در خانه خود هستند و نمونه‌های فراوانی از آن در سراسر جهان و از جمله ایران نیز دیده می‌شود. به عنوان یک قاعدهٔ کلی، مکانیزاسیون کشاورزی موجب کاهش قابل‌توجه نیاز به نیروی کار انسانی شده است که این امر علاوه بر همهٔ دستاوردها و پیامدهایی که شناخته شده است، موجب فشار اقتصادی بر برخی روستائیان و عامل اصلی مهاجرت آنها، به‌ویژه جوانان، به مناطق شهری شده است. در همین حال، بخش قابل‌توجهی از جمعیت شهرنشین در سراسر جهان، و از جمله ایران، اشتیاق فراوانی برای بازدید از مناطق روستایی و شناخت و تجربهٔ سبک زندگی روستایی دارند.

بنا به آنچه در بخش‌های پیشین نیز به آن اشاره شد گردشگری کشاورزی مزایای اقتصادی، آموزشی و اجتماعی زیادی برای تولیدکنندگان، مصرف کنندگان (گردشگران) و جامعه فراهم می‌کند. علاوه بر این گردشگری کشاورزی انگیزه کشاورزان را برای باقی ماندن در این شغل افزایش می‌دهد. محققان، گردشگری کشاورزی را ابزاری بالقوه برای حفظ ارزش‌ها و شیوه زندگی روستایی می‌دانند (کلمنس،

۲۰۰۴؛ مک‌کلوی، ۲۰۰۴؛ کلیتسونوا، ۲۰۰۳). توسعه گردشگری کشاورزی درآمد و ثروت فراوانی نصیب جوامع محلی می‌کند که تنوع و افزایش درآمد از طریق فروش محصولات یکی از مهم‌ترین مزایای توسعه این صنعت در جوامع محلی است. همچنین آمد و رفت گردشگران به مزارع به افزایش درآمد این محیط‌های کشاورزی ختم می‌شود. از طریق گردشگری کشاورزی می‌توان به خلق و ایجاد فرصت‌های جدید شغلی نیز دست یافت.

فعالیت‌های شغلیِ مرتبط با گردشگری کشاورزی

ماهیت گردشگری کشاورزی بسیار به منابع منطقه‌ای و مزیت‌های رقابتی مانند محصولات ویژه، مناظر طبیعی و محلی و بازار هدف بستگی دارد. گردشگری کشاورزی می‌تواند شامل فعالیت‌های گسترده‌ای باشد، تمام فعالیت‌های مرتبط با گردشگری کشاورزی به ۵ گروه تقسیم بندی می‌شوند: تفریح در فضای باز، سرگرمی در مزرعه، فعالیت‌های آموزشی، فروش مستقیم محصولات در مزرعه، اقامت و پذیرایی. اما باید توجه کرد که گردشگری کشاورزی تنها به موارد زیر محدود نمی‌شود (برناردو و همکاران، ۲۰۰۴).

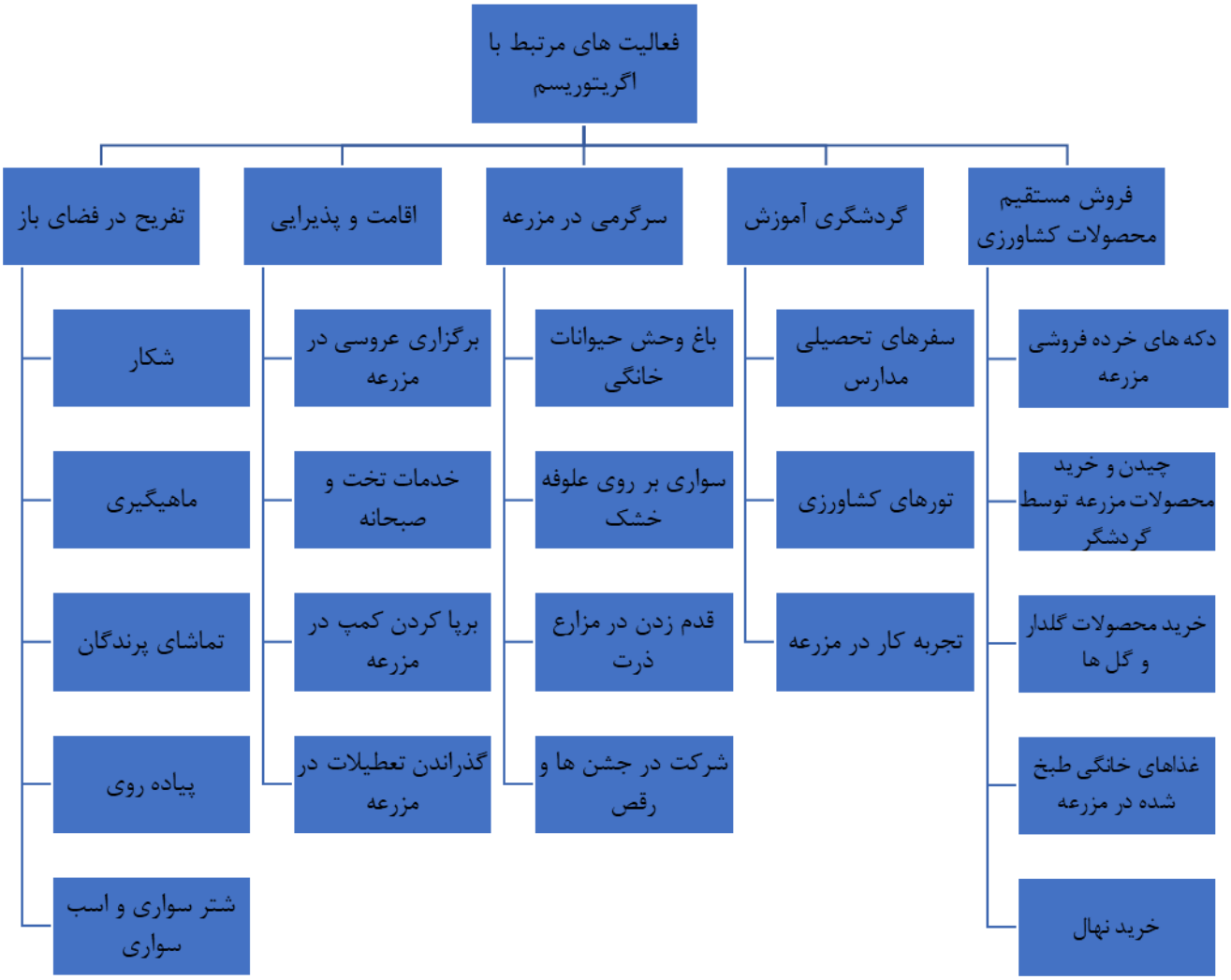
فعالیت‌های اولیه گردشگری کشاورزی: در زیر فهرستی از ایده‌های منحصر به فرد و سرگرم‌کننده برای توسعه و بازاریابی مزرعه در گردشگری کشاورزی مشاهده می‌شود که هرکدام به تنهایی یا در ترکیب با چند فعالیت دیگر می‌تواند یک فرم از گردشگری کشاورزی باشد (شکل ۴):

- ✓ تورهای طبیعت
- ✓ تهیه و آماده‌سازی آبمیوه طبیعی از محصولات مختلف
- ✓ آموزش آشپزی غذاهای سنتی و محلی
- ✓ پرنده‌نگری
- ✓ پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری
- ✓ برگزاری مراسم جشن تولد در مزرعه
- ✓ اسب سواری، شتر سواری،...
- ✓ آتش بازی و برپا کردن آتش
- ✓ تور تشریحی کارهای اجرایی مزرعه با راهنمایی کشاورز
- ✓ ماهیگیری
- ✓ جشنواره و یا برپایی بازی‌های نمایشی مانند گلف و بولینگ با کدو

- ✓ بازی کودکان با حیوانات اهلی، مارپیچ و راهروهای کاه، ذرت و نی، سواری روی واگن علوفه و تراکتور کوچک

اگرچه در تعاریف گردشگری کشاورزی به صراحت برخی از این تفریحات ذکر نشده است، ولی می‌توان اسب‌سواری، جشن برداشت محصولات کشاورزی، میزبانی رخدادهای خاص مانند عروسی، جشن تولد و اقامت یک‌شبه در مزرعه را هم جزء فعالیت‌های گردشگری کشاورزی ذکر کرد.

سواری روی علوفه خشک



شکل ۴. فعالیت‌های مرتبط با گردشگری کشاورزی

طبقه بندی مشاغل مرتبط با گردشگری کشاورزی

پیش‌تر در این گزارش اشاره شد که صنعت گردشگری گسترده‌ترین صنعت خدماتی و مهم‌ترین صنعت اشتغال‌زا در دنیا محسوب می‌شود. میزان سرمایه‌گذاری برای ایجاد یک فرصت شغلی در صنعت گردشگری بسیار پایین‌تر از دیگر صنایع است و به عبارت دیگر اشتغال‌زایی در این صنعت به سرمایه‌گذاری کمتری نیاز دارد و تردیدی نیست که همه کشورها در رقابتی تنگاتنگ در پی بهره‌برداری از مزایای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و به ویژه دریافت سهم بیشتری از درآمد جهانی حاصل از گردشگری و همچنین بالا بردن سطح اشتغال در کشور متبوع خود هستند. صنعت گردشگری پس از صنایع نفت و اتومبیل‌سازی به سومین صنعت درآمدزا تبدیل شده است. بنابراین صنعت گردشگری در

بسیاری از کشورها به عنوان بزرگ‌ترین سازمان و نهادی که نیروی انسانی را به کار می‌گیرد مطرح است (توحیدلو، ۱۳۹۶).

توسعه بخش گردشگری مزایای نسبی بسیاری نسبت به سایر بخش‌ها برای اقتصاد کشور فراهم می‌کند. اولین مزیت نسبی مستقیماً به جاذبه‌های طبیعی (مثل دریا، ساحل، کوهستان و ...) و جاذبه‌های فرهنگی (مثل مساجد و موزه‌ها و ...) مربوط می‌شود. بسیاری از منابعی که در این صنعت به کار گرفته می‌شود، در واقع بدون هزینه وارد شده‌اند و از جمله سرمایه‌های این صنعت به شمار می روند؛ بنابراین این ادعا که هزینهٔ سرانهٔ سرمایه‌گذاری در گردشگری از بسیاری فعالیت‌های دیگر کمتر است، چندان دور از انتظار نیست. این جاذبه‌ها مواد خامی هستند که می‌توانند با هزینه محدود به جاذبه‌های سودآوری تبدیل شوند. البته، و مجدداً باید این مساله را به طور شفاف و واضح و صریح بیان کرد و مورد تاکید قرار داد که در همهٔ انواع گردشگری، صرف "جاذبهٔ گردشگری" برای جذب گردشگر و ثروت‌زایی کافی نیست، بلکه ۳ رکن "مدیریت"، "فناوری" و "سرمایه‌گذاری" باید در خدمت قرار بگیرد تا جاذبهٔ گردشگری به مقصد گردشگری تبدیل شود. آشکارترین مثال در این زمینه، صدها کاروانسرای برجای مانده از دوره صفوی و پس از آن است که در سراسر کشور وجود دارند: هر یک از کاروانسراها به تنهایی یک جاذبهٔ گردشگری ممتاز و ویژسته به شمار می‌رود؛ افسوس که فقدان ۳ رکن مدیریت، فناوری و سرمایه‌گذاری موجب شده اکثر قریب به اتفاق این جاذبه‌های گردشگری به متروکه‌ای یا حداکثر سرویس بهداشتی میان‌راهی‌ای تبدیل شده باشند و فقط تعدادی کمتر از انگشتان دست، با بهره‌گیری صحیح و اصولی از مدیریت، فناوری و سرمایه‌گذاری بدل به یک مقصد گردشگری ممتاز و ثروت‌آفرین تبدیل شده‌اند. از گروه اول می‌توان به کاروانسرای میان‌دشت در شاهراه تهران- مشهد و از گروه دوم می‌توان به کاروانسرای قصر بهرام در جنوب گرمسار اشاره کرد.

دومین مزیت نسبی گردشگری میزان واردات آن است، به طوری که گردشگری به طور متوسط میزان واردات کمتری نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی دارد، به این دلیل که گردشگران خدماتی را می‌خرند که کشور می‌تواند در حجم بالایی تولید نماید.

سومین مزیت نسبی گردشگری ماهیتِ کاربر بودن آن است. از نقطه نظر آثار گردشگری بر اشتغال، صنعت گردشگری گسترده‌ترین صنعت خدماتی و مهم‌ترین صنعت اشتغال زا در دنیا محسوب می‌شود، به طوری که نرخ بیکاری در شهرها و کشورهای توریستی کمتر از سایر کشورها است. درآمد حاصل از گردشگری به اشتغال و درآمد اولیه محدود نمی‌گردد و بسته به این‌که درآمد اولیه چگونه کسب شده

باشد (دستمزد، حقوق، اجاره و سود سرمایه و مالیات) می‌تواند از طریق اثر افزاینده، درآمد و اشتغال ثانویه ایجاد کند و منجر به افزایش اشتغال عوامل تولید از جمله کار، سرمایه، زمین و مدیریت شود.

گردشگری فرصت‌های شغلی بسیاری برای نیروی کار ساده بدون تخصص و کارگران نیمه ماهر و ماهر ایجاد می‌کند. مشاغلی مانند کارگری در ساختمان، بنایی، معماری، تزئینات داخلی، بنگاه مسافرتی، خدمات، ساخت ابزار و وسایل تفریحی، صدور گذرنامه، بلیط، راهنمای مسافر، اشتغال در دفاتر اطلاعاتی و راهنمای گردشگری ایجاد می‌شوند. گردشگری همچنین منجر به استخدام نسبتاً بالای زنان و خرید محصولاتی از قبیل مواد غذایی و فراورده‌های تولیدشده توسط زنان در اقتصاد می‌شود و فعالیت‌های اقتصادی زنان را افزایش داده و به فائق آمدن بر موانع جنسیتی کمک می‌کند (عیسی‌زاده و قدسی، ۱۳۹۱).

انواع اشتغال در بخش گردشگری

در مجموع سه نوع اشتغال نیروی انسانی (کار و مدیریت) در مورد گردشگری قابل تفکیک است (شکل ۵):

۱. اشتغال اولیه

این نوع اشتغال عمدتاً در فعالیت‌هایی برای فراهم آوردن زمینه‌ها و اقدامات قبل از انجام سفر و یا در حین مسافرت (مانند فعالیت‌های موسسات گردشگری و اطلاع‌رسانی) به منظور اطلاع بیشتر از ظرفیت‌ها وجود دارد.

۲. اشتغال در تامین نیازها

این نوع اشتغال که سهم عمده‌ای از اشتغال در فعالیت‌های گردشگری دارد در فعالیت‌هایی است که به طور مستقیم نیازهای روزمرهٔ گردشگران را تا زمانی که در مقصد هستند بر طرف ساخته و شامل دامنهٔ وسیعی از فعالیت‌ها در حمل‌ونقل، هتل‌داری، رستوران‌ها و فعالیت‌ها در ارائهٔ خدمات تفریحی و ورزشی می‌شود.

۳. اشتغال غیر مستقیم

این نوع اشتغال که بیشتر با فعالیت‌های تولیدی مرتبط است همزمان با سرمایه‌گذاری در گردشگری فراهم می‌آید، فعالیت در احداث هتل‌ها و کلیه فعالیت‌ها قبل از آن، تولید وسایل حمل و نقل (تا جایی

که سهم گردشگری را شامل می‌شود) و نیز سهم گردشگری در ایجاد تاسیسات زیر بنایی در زمره این نوع اشتغال است (میراحسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

شکل ۵. زمینه‌های اشتغال مرتبط با گردشگری کشاورزی.

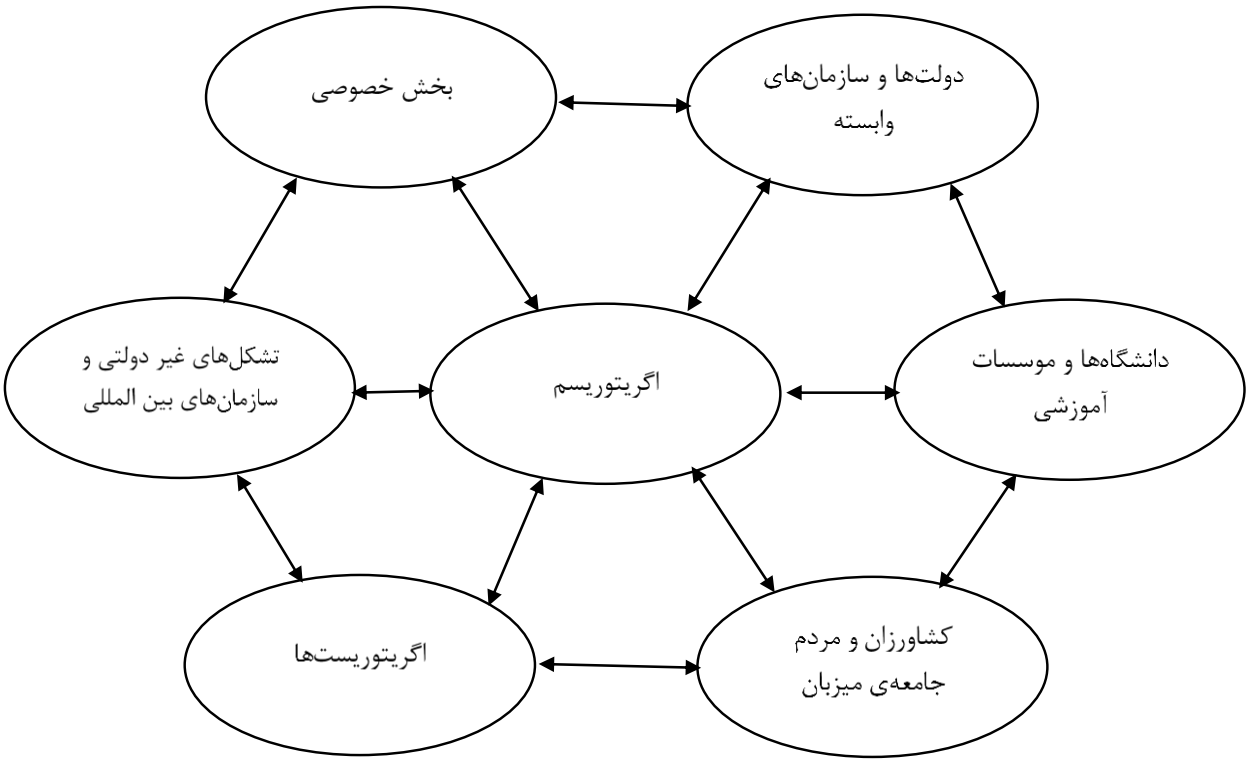
فعالان در صنعت گردشگری کشاورزی

عمده‌ترین فعالان در صنعت گردشگری کشاورزی عباتند از:

- ✓ دولت و سازمان‌های وابسته
- ✓ بخش خصوصی (بازرگانان و سرمایه‌گذاران در بخش گردشگری)
- ✓ تشکل‌های غیر دولتی و سازمان‌های بین‌المللی
- ✓ دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی
- ✓ گردشگران کشاورزی
- ✓ کشاورزان

این فعالان در کنش متقابل با یکدیگرند و اقدامات هریک بر دیگری و گردشگری کشاورزی اثر می‌گذارد (شکل ۶). دولت به علت توانایی وضع مقررات می‌تواند با تنظیم سیاست‌های راهبردی و برنامهٔ توسعهٔ کشور، ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی، استفاده از مشوق‌های

مالیاتی برای ترغیب بخش خصوصی به طراحی و اجرای پروژه‌های گردشگری کشاورزی و خلاصه تنظیم یک چارچوب قانونی مناسب، به فعالیت‌های گردشگری کشاورزی نظم بخشد.



شکل ۶. فعالان بخش گردشگری کشاورزی

بخش خصوصی از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار است و شامل مجموعه‌ای از شرکت‌ها و موسسات محلی، ملی و بین‌المللی است. این بخش با سرمایه‌گذاری‌هایی که انجام می‌دهد، اعتباراتی که مصرف می‌کند، مدیریتی که اعمال می‌نماید و ابتکاراتی که از نظر ارائه کالا و خدمات با کیفیت به خرج می‌دهد، به توسعه گردشگری کشاورزی کمک می‌کند و از این راه منفعت اقتصادی می‌برد.

تشکل‌های غیر دولتی می‌توانند به عنوان یک عامل هماهنگ‌کننده بین گروه‌های ذینفع، که هریک موضوع را از دیدگاه خود نگاه می‌کند و به منافع خود می‌اندیشد، در برنامه‌ریزی و توسعهٔ گردشگری کشاورزی شرکت کند. این تشکل‌ها می توانند در صورت امکان، آموزش و کمک‌های مشورتی و تخصصی ارائه دهند و ارتباط بین کارگزاران گردشگری کشاورزی و کشاورزان را برقرار کنند.

کشاورزان در این فرایند نقش بسیار مهمی ارائه می‌کنند و میزبان گردشگران کشاورزی هستند و رضایت یک گردشگر به طور مستقیم به رفتار کشاورزو خانواده‌اش بستگی دارد. علاوه بر این، کشاورزان

ضمن تاکید بر حفظ خصوصیات فرهنگی و بومی خویش به کسب درآمد بیشتر نیز می‌اندیشند و سعی می‌کنند بهترین خدمات را ارائه دهند.

سازمان‌های بین المللی می‌توانند در توسعه گردشگری، گردشگری طبیعی و گردشگری کشاورزی نقش موثری داشته باشند. این سازمان‌ها به شکل‌های زیر به توسعهٔ صنعت گردشگری کمک می‌کنند:

- ✓ توسعه صنعت گردشگری، گردشگری طبیعی و گردشگری کشاورزی را در دستور کار کمک‌های خود به کشورها قرار دهند.
- ✓ به کشورهاکمک‌های فنی و تخصصی ارائه دهند
- ✓ دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی در زمرهٔ فعالان این صنعت قلمداد می‌شوند. به طور کلی موسساتی که آموزش‌های گردشگری ارائه می‌دهند عبارتند از:
- ✓ دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی
- ✓ موسسات فنی و حرفه‌ای
- ✓ موسسات خصوصی
- ✓ سازمان‌های بین‌المللی

این سازمان‌ها و موسسات، به طور معمول پس از تعیین نیازهای آموزشی رده‌های شغلی مختلف که با گردشگری و گردشگری کشاورزی مرتبطند هدف‌های آموزشی را تعیین کرده، نسبت به طراحی تفصیلی محتوای دوره‌های آموزشی اقدام می‌کنند (زاهدی ۱۳۸۵).

زنجیره تأمین در گردشگری

در دنیای رقابتی امروز، کسب و کارها باید بدانند که رقابت در میان شبکه زنجیره تامین اتفاق می‌افتد. زنجیره تامین مجموعه‌ای از سه یا چند نهاد (سازمان‌ها و افراد) است که به طور مستقیم در جریان گردش محصولات، خدمات، مالی و یا اطلاعات از یک منبع به مصرف کننده دخیل هستند. کسب و کارها در زنجیره تامین باید قادر به ارائه محصولاتی باشند که با خواسته‌های مصرف کنندگان از نظر کیفیت، کمیت، قیمت، زمان و مکان مطابقت داشته باشد(ابود، ۲۰۱۵). از دیدگاه کل‌نگر زنجیره تأمین، شبکه‌ای از سازمان‌هاست که در فعالیت‌های مختلف از تأمین مواد خام گرفته تا تولید و تحویل محصول

نهایی به مشتریان هدف، مشارکت می‌کنند(کوپر، ۱۹۹۷ به نقل از رمضانیان و حیدرنیای کهن، ۱۳۹۰). زنجیره تأمین شبکه‌ای از زیرساخت‌هاست که وظایف خرید مواد، تبدیل این مواد به محصولات واسطه‌ای و نهایی و توزیع این محصولات نهایی به مشتریان را شامل می‌شود، این زنجیره هم در سازمان‌های تولیدی و هم در سازمان‌های خدماتی وجود دارد (رضایی، ۱۳۹۰ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶). مدیریت زنجیره تأمین تمامی فعالیت‌های زنجیره تأمین را با هم هماهنگ می‌کند (الفت و همکاران، ۱۳۹۰ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶). مشهورترین تعریف مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از: مجموعه‌ای از رویکردها که برای یکپارچه کردن عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود تا کالاها به مقدار مناسب، در مکان مناسب و در زمان مناسب تولید و توزیع شوند، با این هدف که همزمان با ارضاء شدن سطح خدمت موردنیاز، کل هزینه‌های سیستم نیز کاهش یابد(سیمچی لوی و همکاران، ۲۰۰۰ به نقل از رمضانیان و حیدرنیای کهن، ۱۳۹۰). اهداف مدیریت زنجیره تأمین را می‌توان به دو دسته اهداف اصلی و فرعی تقسیم کرد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. اهداف مدیریت زنجیره تأمین (خداوردی، ۱۳۸۹ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶).

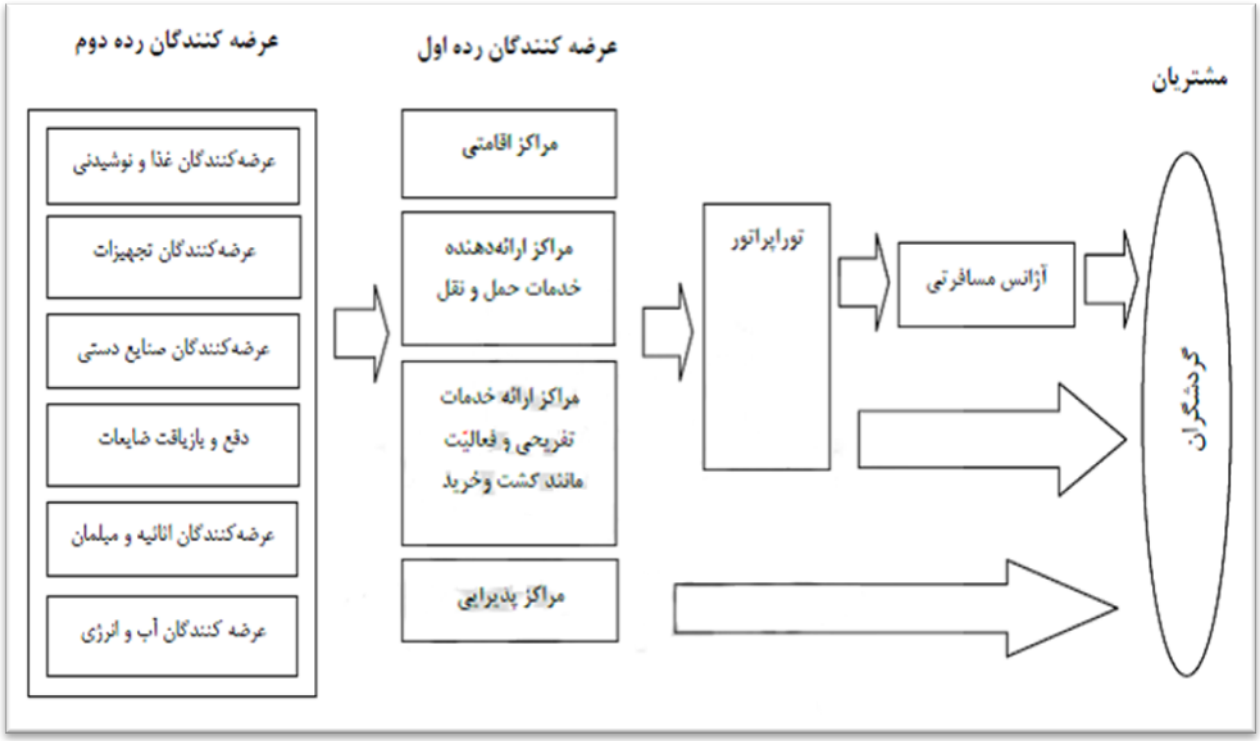
اهداف اصلی	اهداف فرعی
- تاکید بر برآورده ساختن موثر تقاضاهای مشتریان - افزایش سهم بازار و سود برای همه سازمان‌های درگیر در زنجیره تأمین	- ایجاد توانایی توسعه محصولات جدید - حداقل نمودن مدت زمانی که یک محصول زنجیره عرضه را طی کرده و به دست مشتری نهایی می‌رسد. -حداکثر نمودن انعطاف‌پذیری زنجیره عرضه در برآورده کردن نیازهای مشتریان

زنجیره تأمین گردشگری

زنجیره تأمین گردشگری به صورت شبکه‌ای از سازمان‌های فعال در زمینه گردشگری تعریف می‌شود که دامنه‌ای از فعالیت‌های مختلف، از پشتیبانی کالاها یا خدمات مختلف گردشگری (همچون خدمات هوایی و اقامت) گرفته تا توزیع و بازاریابی محصول نهایی مربوط به گردشگری در یک مقصد خاص را انجام می‌دهند و شامل دامنه‌ای گسترده از مشارکت کنندگان در هر دو بخش خصوصی و دولتی است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹ به نقل از رمضانیان و حیدرنیای کهن، ۱۳۹۰). زنجیره تأمین گردشگری همه عرضه کنندگانی را شامل می‌شود که کالاها و خدمات خود را به عنوان محصول گردشگری به گردشگران عرضه می‌کنند (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۲ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶).

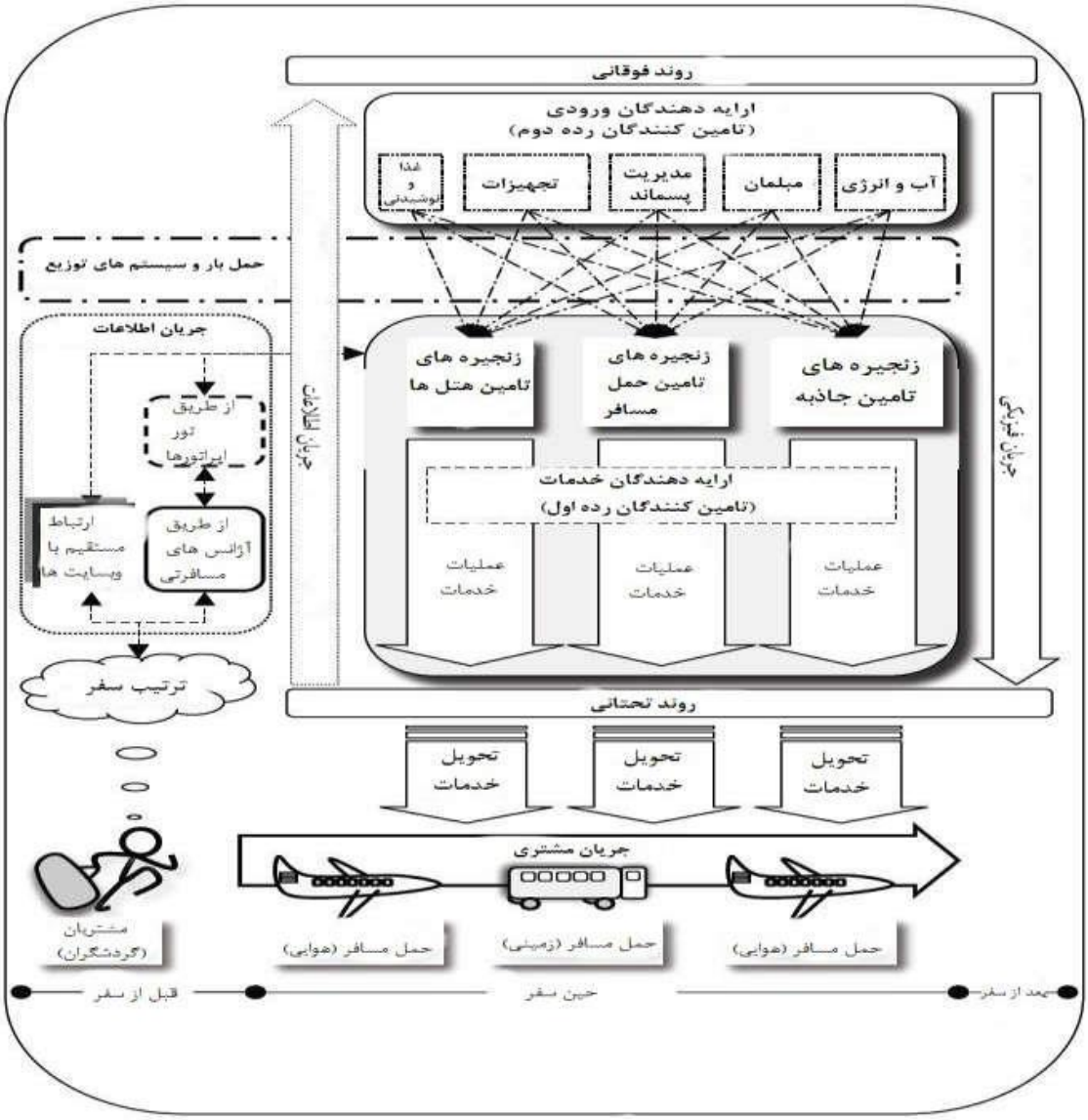
کسب مزیت رقابتی در گردشگری نیازمند هماهنگی درونبخشی و نظام‌مند ارائه‌دهندگان خدمات گردشگری است. در این میان توجه به زنجیره تأمین گردشگری به‌عنوان یک کل، می‌تواند با مدیریت تعاملات عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان خدمات گردشگری، بر رقابت موجود میان عرضه‌کنندگان، تولید محصول و ارائه خدمت نظارت داشته باشد. نظارت به این معنا که تعاملات (همکاری و رقابت) میان ارائه‌دهندگان در یک زنجیره تأمین گردشگری و چندین زنجیره تأمین گردشگری حکایت از آن دارد که سازمان‌ها، ارائه‌دهندگان و بنگاه‌های کسب‌وکار فعال در صنعت گردشگری، دیگر نهادهای مستقلی نخواهند بود بلکه بخشی از یک زنجیره تأمین محسوب می‌شوند (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

عرضه کنندگان زنجیره تأمین به دو دسته عرضه کنندگان رده اول و عرضه کنندگان رده دوم تقسیم می‌شوند (شکل ۷). عرضه کنندگان رده اول در زنجیره تأمین گردشگری مراکز اقامتی، مراکز پذیرایی، مراکز ارائه دهنده خدمات تفریحی و خدمات حمل و نقل هستند که خدمات و محصول نهایی خود را به صورت مستقیم و یا از طریق واسطه‌هایی چون توراپراتورها و آژانس‌های مسافرتی به گردشگران عرضه می‌کنند. عرضه‌کنندگان رده دوم، آن دسته از عرضه کنندگان را شامل می‌شود که محصولات خود چون مواد اولیه و اسباب و تجهیزات را برای تولید محصول و خدمت نهایی، در اختیار عرضه کنندگان رده اول می‌گذارند (ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶).



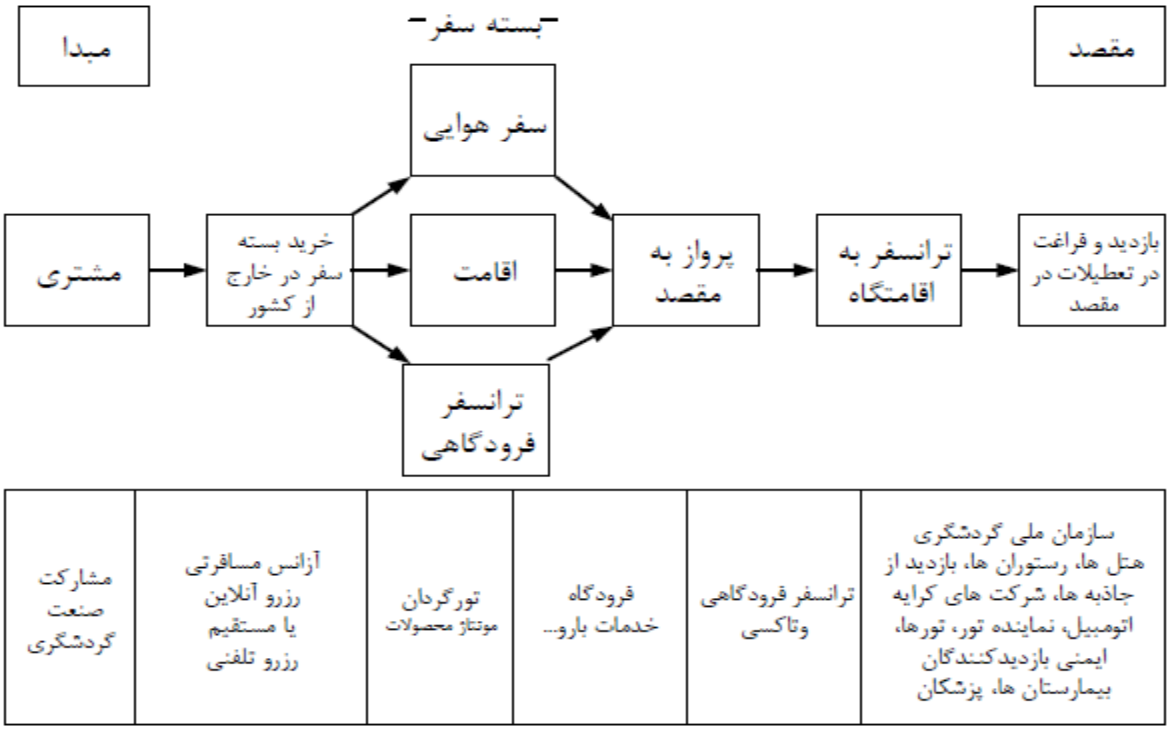
شکل ۷. زنجیره تأمین گردشگری (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶).

طراحی زنجیره تأمین، نقطه‌ی شروع مهمی در مدیریت زنجیره تأمین گردشگری است و عملیات انجام شونده در این زنجیره را نشان می‌دهد (شکل ۸).



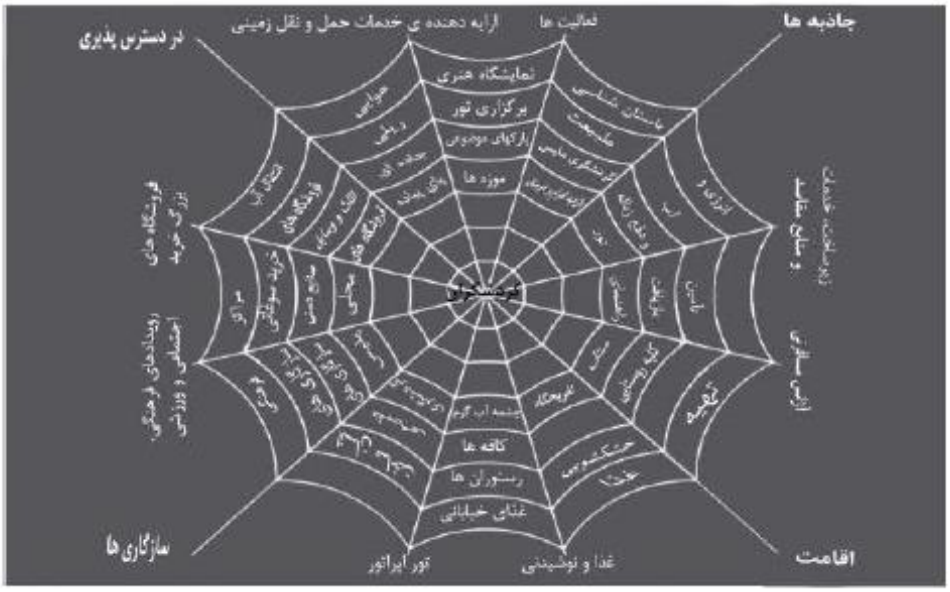
شکل ۸. مدل عمومی زنجیره‌های تأمین گردشگری (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

بر اساس شکل ۹، گردشگران از زمان انتخاب مبدأ تا پایان تعطیلات نیازمند خدمات و یا محصولاتی هستند که در زنجیره تأمین عرضه می‌شود و طیف وسیعی از سازمان‌ها و نهادها مانند سازمان ملی گردشگری، آژانس‌ها و تورها، حمل و نقل، هتل‌ها، رستوران‌ها، بیمارستان‌ها و غیره در این فرآیند درگیر و دخیل هستند.



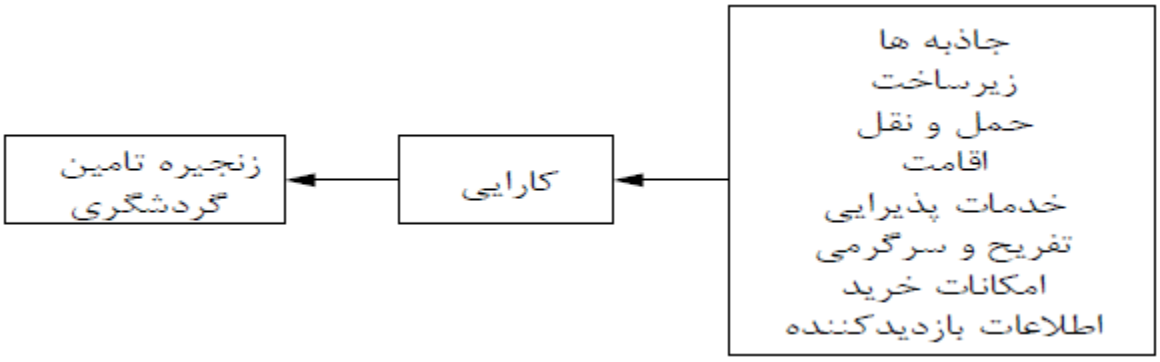
شکل ۹. زنجیره تأمین گردشگری(پیج، ۲۰۱۲ به نقل از قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۵).

حسن‌پور و چراغی (۱۳۹۷) در ساختار عنکبوتی زنجیره تأمین گردشگری نشان دادند که با قرار دادن گردشگران در مرکز دایره، تمام مؤلفه‌های زنجیره تأمین در راستای درآمدزایی و اعتبارسازی میان ذینفعان، حول این مرکز می‌چرخند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. ساختار عنکبوتی مؤلفه‌های زنجیره تأمین گردشگری پایدار (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

قدیری معصوم و همکاران (۱۳۹۵) عنوان می‌کنند که مدیریت زنجیره تأمین از رشته‌هایی مانند بازاریابی، مدیریت عملیات، خرید و پشتیبانی تشکیل شده و هدف آن نشان دادن ارتباطات بین تولیدکنندگان و مشتریان به منظور بهینه کردن این ارتباط و افزایش مزیت رقابتی است (شکل ۱۱).

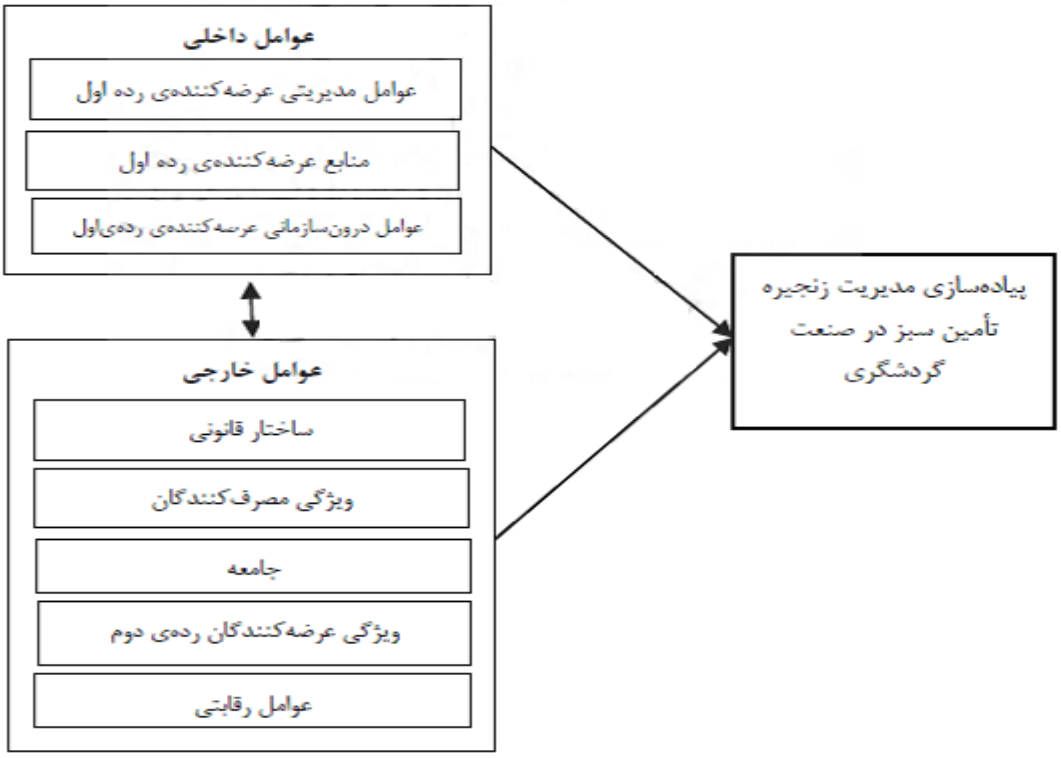


شکل ۱۱. زنجیره تأمین گردشگری روستایی (قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۵).

مدیریت زنجیره تأمین سبز در گردشگری

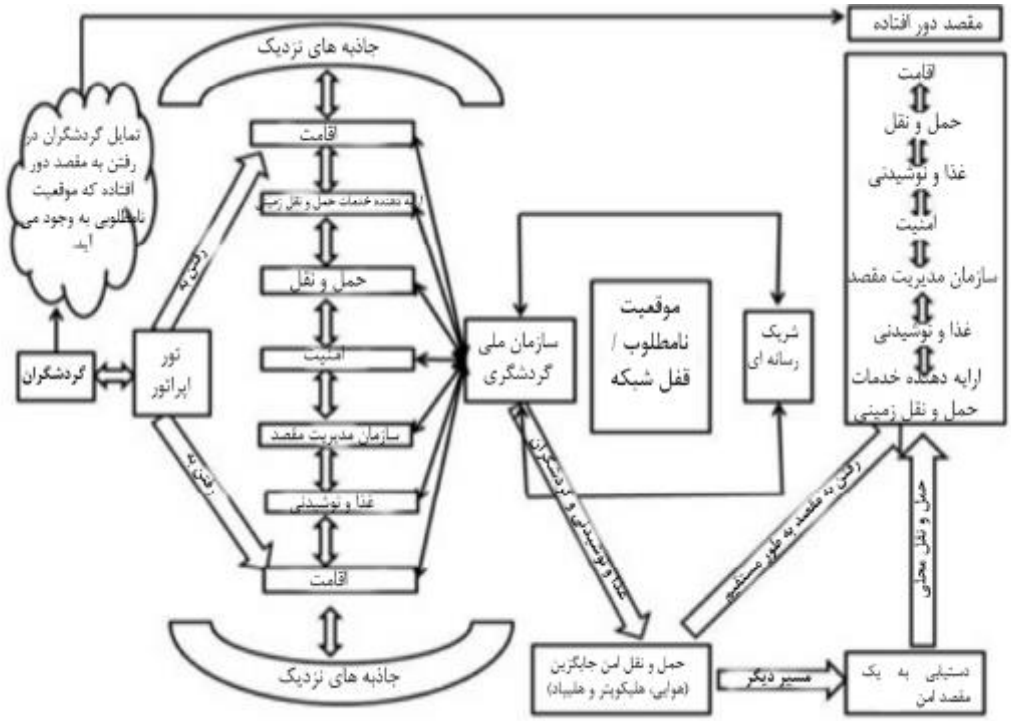
مدیریت زنجیره تأمین سبز از منظر چرخه عمر محصول شامل تمامی مراحل از مواد اولیه، طراحی و ساخت محصول، فروش محصول و حمل و نقل، استفاده از محصول و بازیافت محصولات می‌باشد. با استفاده از مدیریت زنجیره تأمین سبز، شرکت می‌تواند تأثیرات منفی زیست محیطی را کاهش داده و به استفاده مطلوب از منابع و انرژی دست یابد. مدیریت زنجیره تأمین سبز به دنبال تغییر مدل زنجیره تأمین خطی سنتی است و سعی دارد اقتصاد بازیافت را به مدیریت زنجیره تأمین ملحق نماید (نیک‌نژاد، ۱۳۹۰ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶). صنعت گردشگری نیز اگر چه به اشتغال و توسعه اقتصادی کمک می‌کند، اما تأثیرات محیطی و اجتماعی مخربی نیز بر جای می‌گذارد. در اینجا بحث گردشگری پایدار مطرح می‌شود (رمضانیان و حیدرنیای کهن، ۱۳۹۰). مدیریت زنجیره تأمین سبز نیز در گردشگری مورد توجه است. مدیریت زنجیره تأمین گردشگری شامل تمامی تأمین کنندگان محصولات که به طور مستقیم با گردشگران در ارتباطاند؛ از جمله تور اپراتورها، عوامل خرد مانند کنترل کنندگان محصولات و یا تأمین کنندگانی مانند، ارائه‌دهندگان محل اقامت می‌شود. به عبارتی زنجیره تأمین صنعت گردشگری شامل بسیاری از عوامل گردشگری مانند: هتل‌ها، حمل و نقل، رستوران‌ها، صنایع دستی، دفع زباله، زیرساخت‌های مقصد و تمامی کسب وکارهای مقصد موردنظر به منظور ارائه خدمات و بهبود عملکرد پایدار در کنار بهبود عملیات‌های مالی مقصد می‌شود (تیپر و فونت، ۲۰۰۴ به نقل از قدیری

معصوم و همکاران، ۱۳۹۵). برای پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنایع مختلف، محرک‌های متفاوتی تأثیرگذارند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. مدل پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت گردشگری (ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶).

طرح مدل احتمالی مدیریت زنجیره تأمین گردشگری پایدار نشان می‌دهد که فرستادن گردشگران به مقاصد مطلوب خود در زمان نامساعد بودن موقعیت و فراهم نبودن بسترهای لازم جهت ورود آن‌ها به مقصد و یا به هنگام بروز قفل شبکه، تصمیم بسیار نابخردانه‌ای است. در این موقعیت، گردشگران باید برای دریافت خدمات مناسب در نزدیکی مکان ارائه بهترین پذیرایی، غذا و نوشیدنی از سوی تور اپراتور اقامت داشته باشند (شکل ۱۳).

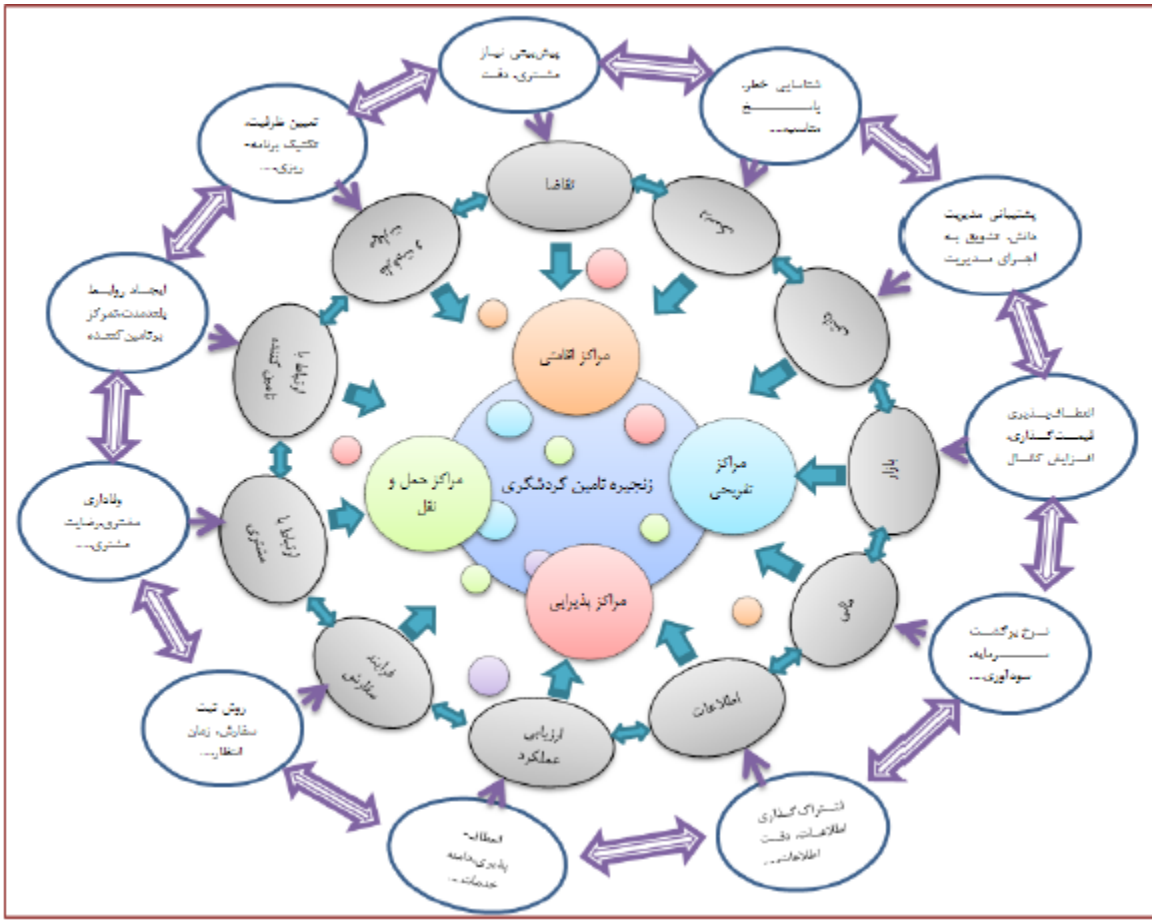


شکل ۱۳. رویکرد احتمالی مدیریت زنجیره تأمین گردشگری پایدار

ایمانی خوشخو و موسوی (۱۳۹۶) در پژوهشی عوامل موثر بر زنجیره تأمین سبز در صنعت گردشگری ایران را مورد بررسی قرار دادند که نشان داد اولویت اول هر چهار بعد زنجیره تأمین بر تأمین‌کنندگان و ترغیب باور مدیران آنها و همچنین عملکرد آنها برای گرایش به سبز شدن تمرکز دارد (شکل ۱۴).

شکل ۱۴. عوامل موثر بر زنجیره تأمین سبز صنعت گردشگری ایران

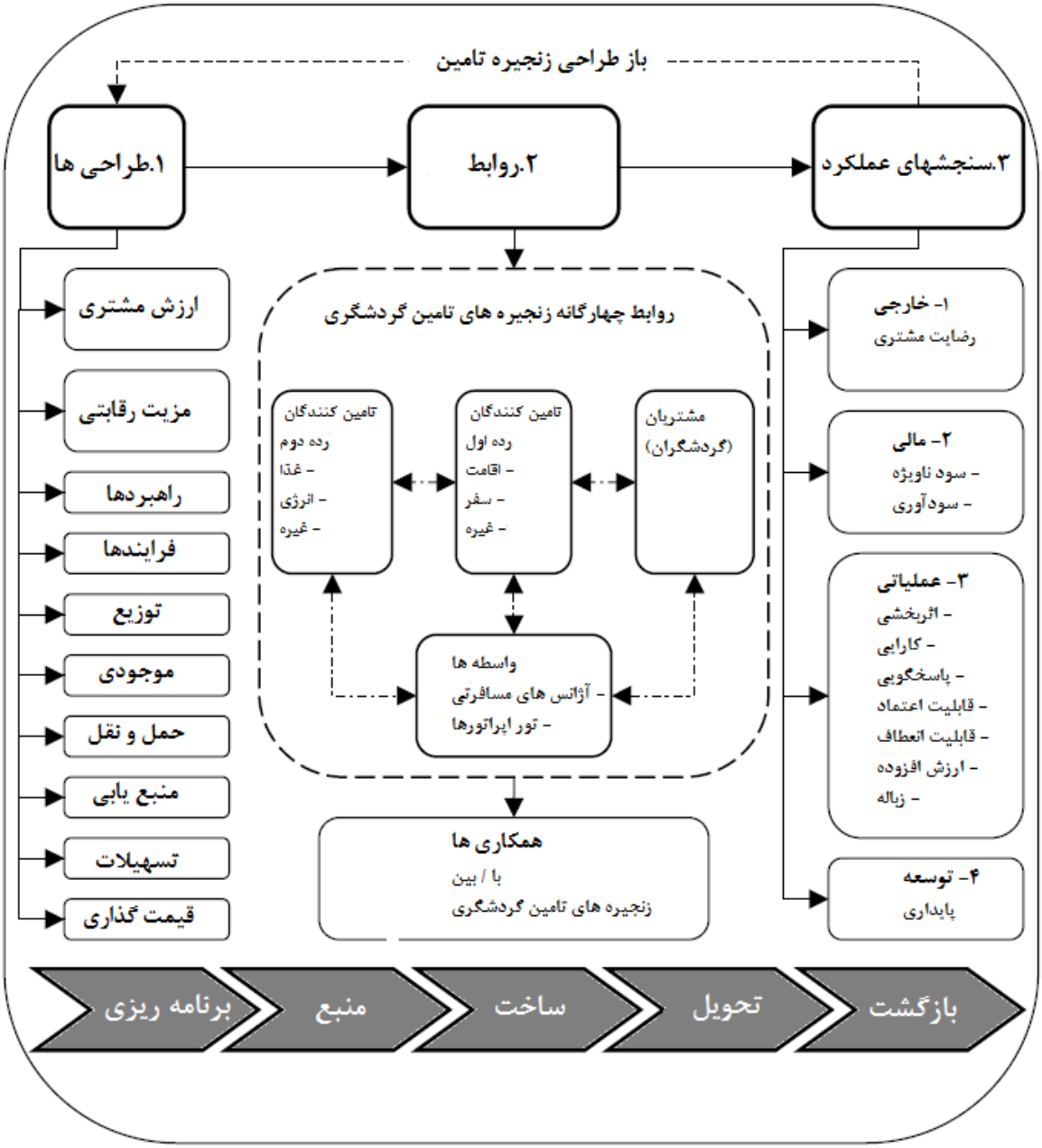
توجه به زنجیره تأمین و مدیریت آن باعث اقدامات و سیاست‌های پایدارتر گردشگری می‌شود و منافع فراوانی را برای جوامع محلی و همچنین مصرف‌کننده به دنبال دارد (تیپر و فونت، ۲۰۰۴ به نقل از قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۵). زنجیره تامین یک سیستم دینامیک است و بنابراین همکاری قوی بین شرکای تجاری درگیر را می‌طلبد (ابود، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای که برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین گردشگری روستای مصر انجام شد، پنج عامل حمل‌ونقل، اطلاعات بازدیدکننده، اقامت، زیرساخت‌ها و جاذبه‌ها دارای عملکرد مناسب و سه عامل خدمات پذیرایی، تفریح و سرگرمی و امکانات خرید عملکرد نامناسبی در زنجیره تأمین گردشگری داشتند (قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۵). فرآیندهای ارزیابی مدیریت زنجیره تأمین گردشگری روستایی در شکل ۱۵ آمده است.



شکل ۱۵. الگوی یکپارچه فرآیندهای ارزیابی مدیریت عملکرد زنجیره تأمین گردشگری روستایی (دربان آستانه و همکاران، ۱۳۹۷).

زنجیره گردشگری از طریق تحلیل مشارکت هر یک از اجزای زنجیره شناخته می‌شود در حالی که مدل زنجیره تأمین توسط ارزیابی کامل تعریف می‌شود. در ارزیابی زنجیره تأمین گردشگری، توجه به اجزای زیر الزامی است:

- ✓ ساختار (راهبردها، مفاهیم، کانال‌های توزیع، مزیت‌های رقابتی و ...)
- ✓ روابط بازار (واحدهای غذایی، اقامت، آژانس‌های مسافرتی، گردشگران و ...)
- ✓ سنجش کارایی زنجیره (رضایت گردشگران، کارایی مالی، کارایی عملیاتی و توسعه پایدار گردشگری) (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. چارچوب ارزیابی زنجیره تأمین گردشگری (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

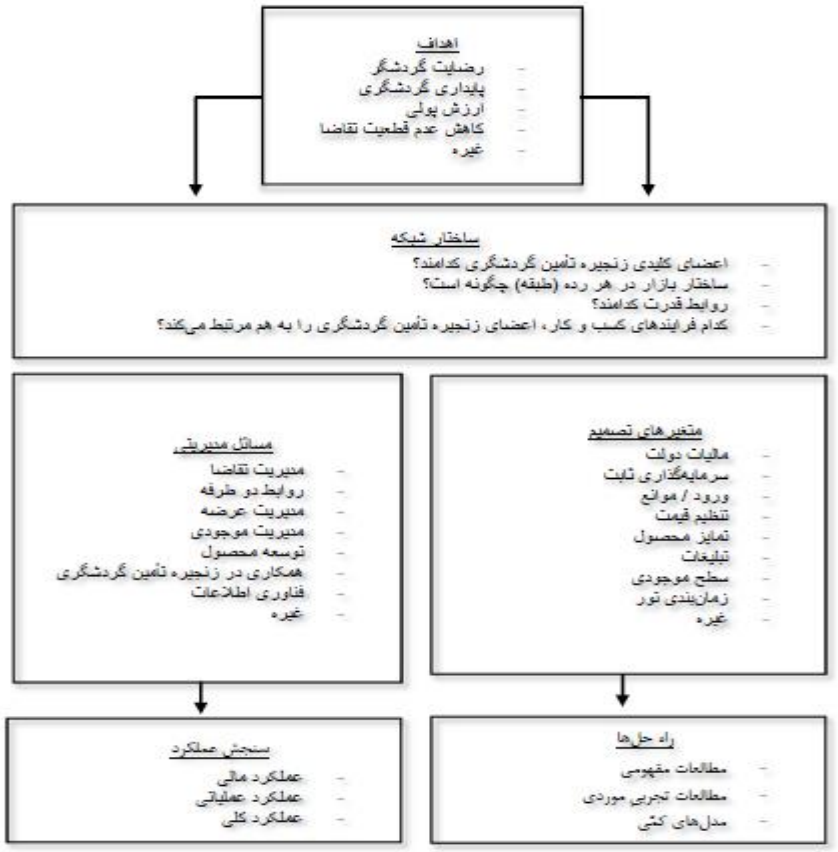
زنجیره تأمین هفت فرایند اساسی کسب‌وکار دربرمی‌گیرد: مدیریت ارتباط با مشتری، مدیریت خدمات مشتری، مدیریت تقاضا، تحویل سفارش، مدیریت جریان تولید، آماده‌سازی، توسعه محصول و تجاری‌سازی. این رویکرد مبتنی بر سه سطح سلسله مراتبی تصمیم‌گیری راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی است. مشکلات زنجیره تأمین در سطح راهبردی شامل تصمیمات مرتبط با مسائل بلندمدت همچون برنامه‌ریزی تقاضا، ائتلاف‌های راهبردی، توسعه محصولات جدید، برون‌سپاری، انتخاب عرضه‌کننده،

قیمت‌گذاری و تنظیمات پیکره‌بندی شبکه است. اگرچه بسیاری از مشکلات زنجیره تأمین به لحاظ فطری، راهبردی هستند، اما مجموعه‌ای از مشکلات تاکتیکی نیز وجود دارند که دربرگیرنده‌ی تصمیمات میان‌مدت مانند کنترل موجودی، هماهنگی تولید، توزیع، مدیریت مواد خام و انتخاب تجهیزات است. مشکلات موجود در سطح عملیاتی به‌صورت هفته‌ای یا روزانه روی می‌دهند، مانند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، مسیریابی،، تخصیص نیروی کار و فرایند برنامه‌ریزی (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

اولین گام در مدیریت زنجیره تأمین گردشگری، تعیین اهداف است. برای دستیابی به اهداف باید نیروهای محرک شناسایی شوند. این محرک‌ها می‌توانند شامل رضایت گردشگر، پایداری گردشگری، ارزش پولی، کاهش موجودی و عدم اطمینان تقاضا باشد. هدف نهایی زنجیره تأمین رضایت گردشگران است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹ به نقل از ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶). رضایت گردشگر، درجه‌ای است که گردشگران نسبت به محصولات و خدمات گردشگری دریافت شده ابراز می‌کنند و از دو بعد قابل بررسی است. یک بعد، رضایت کلی گردشگر از محصولات گردشگری است و دیگری سطح رضایت از ویژگی‌های خدمات فردی نوع خاصی از گردشگری است که دریافت کرده‌اند (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

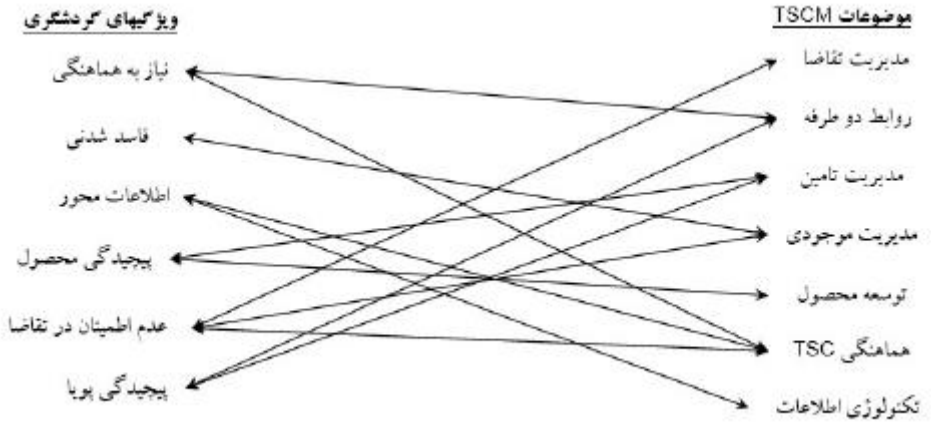
تصمیمات مدیریت زنجیره تأمین گردشگری، طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های سازمان‌ها را دربرگرفته و می‌تواند راهبردی، فنی یا عملیاتی باشد. تصمیمات راهبردی دارای اثرات طولانی مدت بر سازمان‌ها هستند و تصمیمات مرتبط با سیاست‌های وضع مالیات گردشگری دولت محلی، سرمایه‌گذاری در صنعت گردشگری، ظرفیت‌سازی برای تسهیلات گردشگری و ورود یا ایجاد مانع برای کسب‌وکارهای بالقوه گردشگری.

تصمیمات فنی بر مبنای تصمیمات میان‌مدت (فصلی یا سالانه) از طریق سازمان‌های گردشگری اتخاذ می‌شوند و دربرگیرنده تصمیمات تولید و خرید، راهبردهای قیمت‌گذاری، تمایز محصول، تبلیغات و سیاستهای موجودی است. تصمیمات عملیاتی عمدتاً مرتبط با اقدامات هفتگی یا روزانه سازمان‌های گردشگری در زمان‌بندی تور، برنامه‌ریزی مسیر و صدور سند در محصولات تور است (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷) (شکل شماره ۱۷).



شکل ۱۷. مدیریت زنجیره تأمین گردشگری (حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

به منظور مدیریت اثربخش یک زنجیره تأمین گردشگری، مدیریت تقاضا باید در مرکز زنجیره قرار گیرد. در سال‌های اخیر، پیش‌بینی مشارکتی زنجیره تأمین به محبوبیت رسیده است. ارزش پیش‌بینی مشارکتی به تبادل اطلاعات گسترده در ارتقای دقت پیش‌بینی به هنگام مشارکت اعضای زنجیره تأمین از طریق دانش مشترک پیشبردهای فروش، راهبردهای قیمت‌گذاری، بازاریابی، و اطلاعات تولید بستگی دارد. اگرچه، ادبیات گسترده‌ای پیرامون پیش‌بینی مشارکتی در زنجیره‌های تأمین کالاهای فیزیکی وجود دارد، این نوع پیش‌بینی هنوز در ادبیات گردشگری مورد توجه قرار نگرفته است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸. مسایل مدیریتی مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین گردشگری(حسن‌پور و چراغی، ۱۳۹۷).

گردشگری به مثابه یک سیستم بوده و تمام اجزای این سیستم باید در تعامل با یکدیگر و در راستای یک هدف مشترک که همانا توسعه گردشگری، خلق ارزش برای مشتری و دستیابی به‌جای گاه برد – برد، جامعه میزبان و میهمان است، فعالیت نمایند. بنابراین میزان دستیابی به اهداف و برنامه‌های هر یک از این اعضا با عملکرد سایر اعضا ارتباط تنگاتنگی دارد. دولت در گردشگری باید به عنوان سیاست‌گذار، حامی، ناظر و مسئول برنامه‌ریزی کلان شناخته شود نه مجری تمام آنها.

زنجیره تأمین گردشگری کشاورزی

کسب و کار در بخش کشاورزی و گردشگری آن نیز دارای یک عامل عدم اطمینان در مواجهه با عرضه، تقاضا، تاخیر به علت پردازش پس از برداشت، بسته بندی، ذخیره سازی و حمل و نقل است. این امر باعث می‌شود که فرآیند منظمی در طول زنجیره تامین ایجاد نشود، بنابراین منجر به عدم تعادل مکرر بین عرضه و تقاضا می‌شود که می‌تواند برای کشاورزان و مصرف کنندگان زیان‌آور باشد (ابود، ۲۰۱۵).

رویکرد مدیریت زنجیره تامین بخش گردشگری کشاورزی بر اساس؛ (الف) فرایند کشت برای تولید (باغبانی)، (ب) تبدیل مواد خام (برداشت و پس از برداشت محصول) و (ج) تحویل محصولات به مصرف‌کنندگان از طریق سیستم توزیع صورت می‌گیرد. بنابراین، در اجرای مدیریت زنجیره تامین نه تنها روش‌های فعالیت‌های خوب، بلکه روش‌های مدیریت خوب، روش‌های تولید خوب و روش‌های تجاری خوب نیز مورد نیاز است.

تشکیل خوشه‌های کسب‌وکارهای کوچک و متوسط برای گردشگری کشاورزی

تشکیل خوشه‌های کسب‌وکارهای کوچک و متوسط برای گردشگری چندمقصدی در گردشگری کشاورزی پارادایم جدیدی است که در آن، خوشه یک گروه جغرافیایی نزدیک از شرکت‌های متقابل و وابسته به یک رشته خاص است که با هم رقابت می‌کنند، همکاری می‌کنند، نمادهای مشترک دارند و مکمل یکدیگر هستند. در این خوشه‌ها، هر کسب و کار یک خدمت یا محصول یا بخشی از آن را ارائه می‌دهند. به عنوان مثال در گردشگری کشاورزی، یک منطقه امکانات تفریحی، دیگری امکانات رفاهی و اقامت، یکی بازار و غیره را ارائه می‌کند که این امر منجر به گردشگری چندمقصدی خواهد شد. شبکه خوشه‌های کسب وکار کوچک و متوسط بر این اصول کار می‌کنند: مکان و تصویر متمایز، تسهیل روابط با اشخاص دیگر، تحریک رقابت محلی، مشارکت یکپارچه.

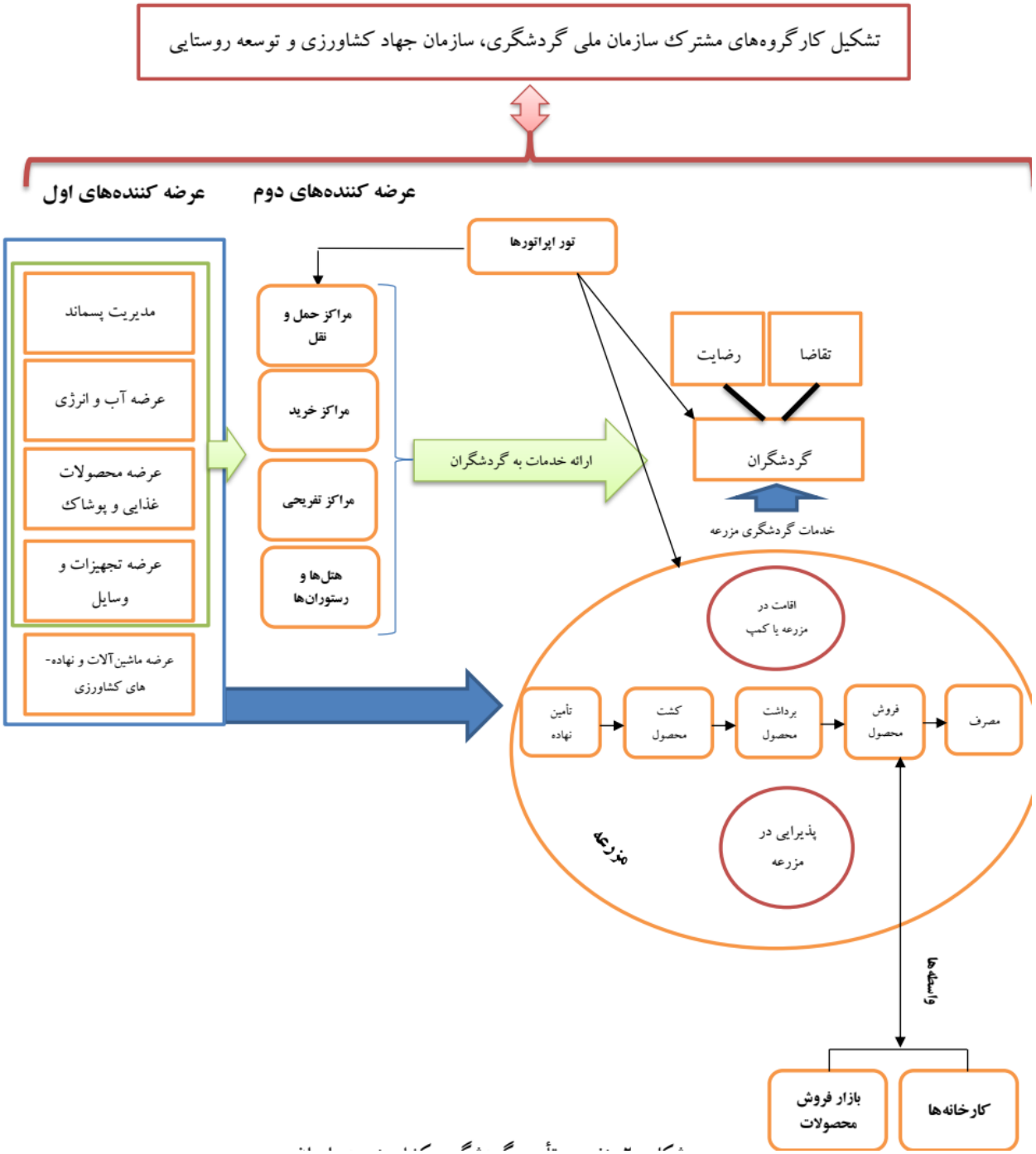
برای ایجاد مقصد و قابلیت حیات سازمانی پیشنهادهایی نیز ارائه شده است:

- ✓ برنامه‌ریزی برای تعدادی از حوادث و وقایع باکیفیت در زمان و مکان معین
- ✓ برنامه‌ریزی به همراه جاذبه‌های دیگر برای تسهیل بازدیدهای گروهی کارآمد
- ✓ تغییر در پیشنهادات یا شرکای بسته با توجه به پیشنهادهای فصلی
- ✓ همکاری با دیگران برای به دست آوردن محصولات یا خدمات
- ✓ برنامه تبلیغاتی مشترک برای اطلاع‌رسانی از مزایا و امکانات متنوعی که به بازدیدکنندگان ارائه می‌شود
- ✓ بازاریابی جمعی برای محصولات خرده فروشی (پنیر، گوشت، نمک و غیره)
- ✓ تمایز مکان و تصویر از طریق بازاریابی منطقه‌ای، اشتراک‌گذاری داستان‌های منطقه، سرمایه-گذاری بر جاذبه‌های مهم برای کمک به موقعیت منطقه.
- ✓ برخی مقصدهای گردشگری دارای امکانات پشتیبانی نیستند و به روابط همزیستی با دیگران بستگی دارد تا خدمات ضروری را فراهم کنند (سینگ‌نایتس و مارتل، ۲۰۱۶).

زنجیره تأمین گردشگری کشاورزی در ایران

گردشگری در بخش کشاورزی نیز مانند گردشگری روستایی نیازمند همکاری سازمان‌ها و بخش‌های مختلف از عرضه‌کنندگان ثانویه تا اولیه، توراپراتورها، مراکز تفریحی، حمل و نقل، هتل‌ها و غیره است.

اما تفاوت عمده آن در این است که در گردشگری کشاورزی، امکانات اقامتی و پذیرایی در مزرعه صورت می‌گیرد. هرچند مراکز اقامتی و پذیرایی روستا نیز می‌توانند پذیرای گردشگران کشاورزی باشند. به علاوه، در زنجیره تأمین گردشگری کشاورزی، عرضه کنندگان نهاده‌های کشاورزی، کارخانه‌ها، دلالان و واسطه‌های فروش محصولات کشاورزی نیز حضور دارند (شکل ۱۹). علاوه بر این، سازمان ملی گردشگری، سازمان جهاد کشاورزی و توسعه روستایی نقش مهمی در کمک به مدیریت این زنجیره دارند و می‌توانند با تشکیل کارگروه‌های مشترک این فرآیند را تسهیل و سازمان ببخشند.



شکل ۱۹. زنجیرهٔ تأمین گردشگری کشاورزی در ایران.

۸-۷ تدوین مدل مفهومی و کاربردی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

گردشگری کشاورزی سه کارکرد اصلی دارد که عبارتند از: اجتماعی- روان‌شناختی، اقتصادی و محیط زیستی. کارکرد اجتماعی-روان‌شناختی گردشگری کشاورزی مربوط به افزایش احترام به جامعه روستایی، تلفیق فرهنگ‌های روستایی و شهری و ایجاد فرصتی برای لذت بردن از سبک زندگی سنتی روستاها است. این کارکرد شامل موارد زیر است:

- ✓ کسب مهارت و تجربه نو، کسب مهارت کارآفرینی، فعال شدن جامعه روستایی و برگشت جذابیت کشاورزی به عنوان یک شغل، ایجاد ظرفیت‌های جدید در خدمات گردشگری، گسترش دانش افراد درباره مناطق محلی روستایی و تاریخ آنها و فرصتی نو برای بازتوانمند سازی زنان روستایی.
- ✓ دیدار از افراد جدید با فرهنگ‌های متفاوت با فرهنگ گردشگران که این تعامل سبب می‌شود کشاورزان و گردشگران قدرت تحمل پذیرش خود را نگرش‌ها، باورها و رفتارهای هم را بالا ببرند. این نوع گردشگری علایق و تفرج جدیدی را فراهم می‌کند.
- ✓ ایجاد امکانی برای احیای سنت‌های روستایی، ترویج احترام به سنت‌ها و فرهنگ محلی و محملی برای کارکرد آموزشی گردشگری کشاورزی در زمینهٔ یادگیری از میراث کشاورزی و طبیعت.

کارکرد اقتصادی مرتبط با درآمد اضافی و مکمل برای خانواده کشاورز بوده و شامل موارد زیر است:

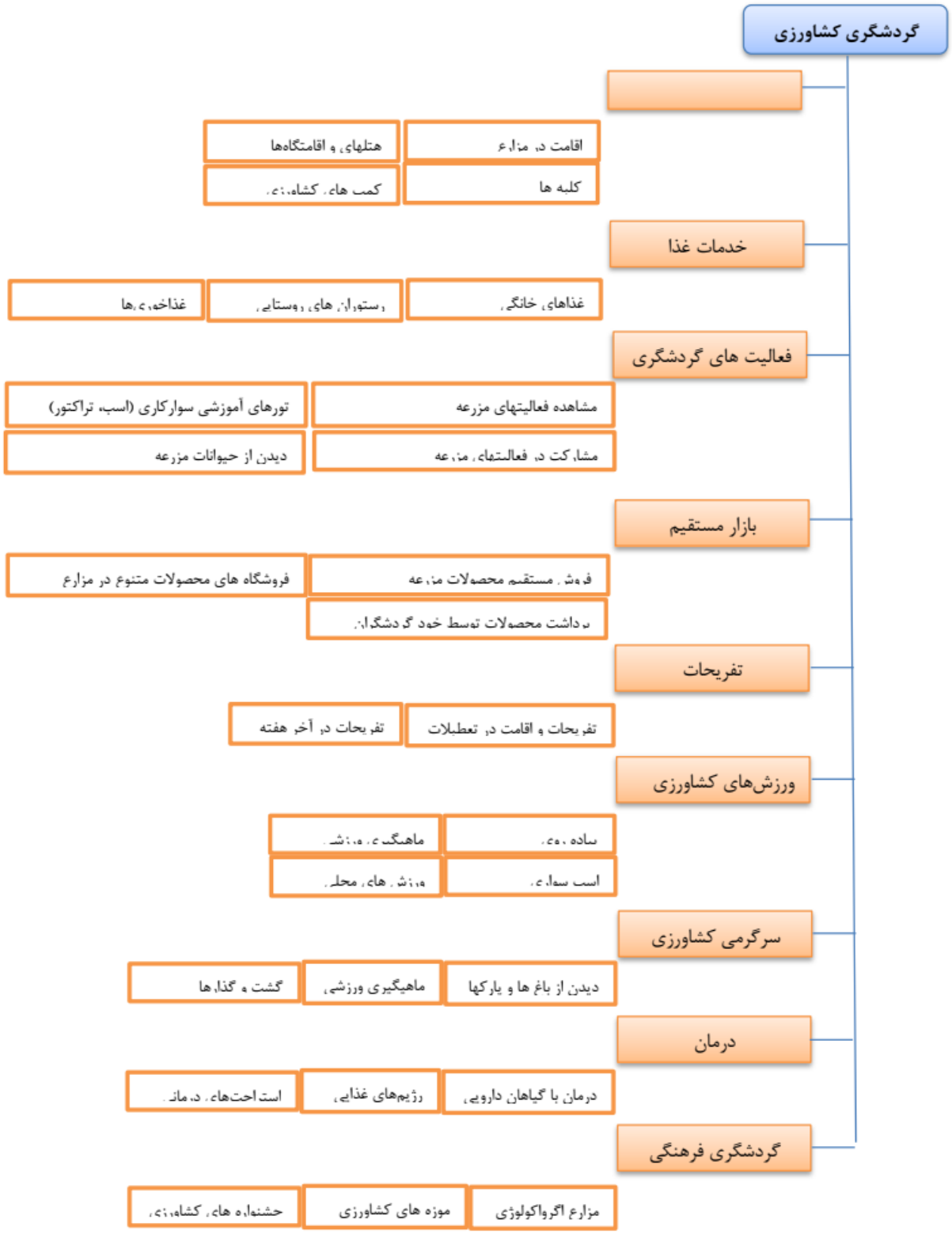
- ✓ توسعه تسهیلات اقامتی، حفظ تولیدات موجود در مزارع، بهبود شرایط فروش مستقیم محصولات کشاورزی، ایجاد بازارهای جدید برای محصولات و خدمات روستایی
- ✓ ایجاد فرصت‌های شغلی و کاهش نرخ بیکاری
- ✓ ایجاد منابع تکمیلی درآمدی برای کشاورزان که تنوع‌بخشی اقتصادی را برای آنها در پی خواهد داشت
- ✓ ایجاد درآمد تکمیلی و جدید برای سرمایه‌گذاران و بخش خصوصی فعال در این حوزه
- ✓ غلبه بر رکود اقتصادی در مناطق روستایی

کارکرد محیط زیستی گردشگری کشاورزی نیز در جای خود بسیار مهم است که عبارتند از:

- ✓ بهبود توجه به و حفاظت از محیط زیست و طبیعت در روستاها

- ✓ توسعه زیرساخت‌های محلی (حمل و نقل، تأمین آب، ساماندهی به مدیریت پسماند)
- ✓ بهبود ارزش زیبایی‌شناختی خانه‌ها و مستغلات روستایی
- ✓ استفاده از اماکن و ساختمان‌های به ظاهر بی‌استفاده در روستاها
- ✓ جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهرها

برای جاری شدن این کارکردها، انواع محصولات و خدمات در گردشگری کشاورزی باید طبقه‌بندی شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰. محصولات و خدمات در گردشگری کشاورزی

مدل مفهومی گردشگری کشاورزی برای ایران

توسعه گردشگری کشاورزی همانند توسعه گردشگری روستایی نیازمند رویه‌ها و اقدامات خاصی است که این امر به توسعه گردشگری در جامعه روستایی کمک می‌کند. با توجه به اینکه گردشگری کشاورزی پدیده‌ای نوظهور است، لذا برای طراحی مدل توسعه گردشگری کشاورزی پایدار در ایران از ادبیات توسعه گردشگری روستایی نیز بهره گرفته شد. مطالعه ادبیات گردشگری نشان می‌دهد که عمده تمرکز این مطالعات و پژوهش‌ها بر بررسی نقاط قوت، ضعف، تهدید و فرصت گردشگری روستایی و یا ارائه راهبردهای توسعه گردشگری بوده (واحدپور و جعفری، ۱۳۹۰؛ بارانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ خادمی و همکاران، ۱۳۹۳؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ خسروجردی و نوری پور، ۱۳۹۶)، ولی در زمینه ارائه الگوی توسعه گردشگری نیز مطالعات ارزشمندی صورت گرفته است (رحیمی پورگلوسالار و غفاری، ۱۳۹۳؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ضرغام بروجنی و دلشاد، ۱۳۹۰؛ رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۹۲).

ضرغام بروجنی و دلشاد (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان ارائه الگوی مناسب توسعه گردشگری به متغیرهای توسعه زیرساخت‌ها، توسعه خدمات و تسهیلات، جذب سرمایه‌گذاری، مشارکت مردم، نگرش مردم محلی، وجود بازارهای مختلف هدف و سیاست‌های دولت اشاره کردند. احمدی و همکاران (۱۳۹۲) در الگوی حفاظتی توسعه گردشگری پایدار، عواملی مانند برنامه‌های آموزشی در جهت مشارکت مردم، توسعه گردشگری متناسب با توان و ظرفیت محیط زیست، و حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی و حیات وحش را نام بردند و در الگوی توسعه و بهسازی گردشگری پایدار بر عواملی مانند برپایی نمایشگاه، تسهیل دسترسی به نقاط مختلف و طراحی مسیرهای عبور و همچنین جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و پوشش گیاهی تأکید داشتند. بارانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در مطالعه خود به عواملی نظیر تولید محصول ارگانیک و استفاده از منابع انرژی تجدید شونده دست یافتند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر که توسط بارانی و همکاران (۱۳۹۳) انجام شد، استراتژی‌های توسعه بوم گردشگری را شامل تنوع بخشی تبلیغاتی، برگزاری بازارهای محلی و جذب سرمایه‌گذاران دانسته‌اند. به علاوه، کمبود مکان‌های اقامتی، مشکل دسترسی به راه‌های مواصلاتی مناسب، کمبود امکانات و تسهیلات مناسب و عدم دسترسی به امکانات دفع زباله، عدم وجود تورهای گردشگری، عدم سرمایه‌گذاری مناسب دولت و کمبود برنامه‌ی تبلیغاتی و اطلاع رسانی را از موانع اصلی توسعه بوم گردشگری دانسته‌اند که رفع این موانع به توسعه گردشگری کمک خواهد کرد. در مطالعه‌ای دیگر، عدم مشارکت، کمبود آموزش و اطلاع‌رسانی و نامناسب

بودن حمل و نقل عمومی نیز از شرایط علی عدم توسعه گردشگری ذکر شده است (کاظمیان و آزادی، ۱۳۹۰).

زیرساخت‌ها نقش مهمی در توسعه گردشگری دارند، واحدپور و جعفری (۱۳۹۰) زیرساخت‌های توسعه گردشگری را شامل اطلاع رسانی و تبلیغات، ایجاد امنیت برای مردم و گردشگران، آموزش و فرهنگ‌سازی جامعه، گسترش راه‌ها و حمل و نقل، و همچنین سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دولتی دانسته‌اند. رضایی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان ارائه‌ی مدلی تلفیقی جهت اولویت‌بندی زیرساخت‌های توسعه‌ی گردشگری، شاخص‌هایی مانند مدیریت جمع‌آوری و انتقال زباله از محل، تسهیلات بهداشتی- درمانی، برخورداری از آب و برق و همچنین مراکز راهنمایی و هدایت گردشگر را در توسعه گردشگری روستایی موثر دانسته و نشان دادند که وضعیت اقلیمی منطقه مانند آب و هوا، درجه حرارت، شیب زمین نیز بر توسعه گردشگری موثر است. رحمانی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی در جهت توسعه گردشگری پایدار روستایی، بهبود خدمات زیرساختی گردشگری روستایی، فراهم ساختن زمینه مشارکت مردم، افزایش مشارکت نهادهای دولتی و خصوصی، بازاریابی گردشگری را از جمله راهبردهای توسعه گردشگری روستایی عنوان کرده‌اند. ضمن اینکه نتایج حاکی از نامناسب بودن زیرساخت‌ها، کیفیت پایین خدمات، نامناسب بودن تسهیلات، ضعف اطلاع رسانی و قوانین و مقرارت ناکافی برای توسعه گردشگری بود.

رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با عنوان فرآیند بومی سازی شاخص‌های توسعه پایدار گردشگری روستایی در ایران نشان دادند که گردشگری روستایی متشکل از ۲۲ شاخص پایداری اجتماعی، ۲۴ شاخص پایداری اقتصادی، و ۳۴ شاخص پایداری محیطی است که از جمله این شاخص‌ها می‌توان به ثبات اقتصادی، مشارکت و کنترل محلی، توسعه ظرفیت نهادی، حمایت از گونه-های گیاهی و جانوری و تقویت آگاهی‌های محیط زیستی اشاره کرد. حداکثرسازی مشارکت نهادی در مراحل برنامه‌ریزی، سازماندهی، توانمندی جامعه محلی و حفظ محیط زیست یکی از راهبردهای توسعه گردشگری کشاورزی نیز عنوان شده است (کورنیناتو و همکاران، ۲۰۱۳). خسروجردی و نوری‌پور (۱۳۹۶) در پژوهش خود راهبردهایی را برای توسعه گردشگری روستایی ارائه دادند که شامل توسعه تاسیسات در روستاها، ایجاد تشکل‌های مردمی، آموزش مردم، تسطیح و آسفالت کردن مسیرهای دسترسی، جلب مشارکت مردم و تدوین مقررات ویژه بود. بر اساس مطالعات گذشته، تنوع محصولات، و همکاری و ایجاد شبکه دو استراتژی توسعه گردشگری کشاورزی است. سومین استراتژی توسعه گردشگری کشاورزی نیز اهمیت ارتباط شخصی با مشتریان ذکر شده است (انگست و هگم، ۲۰۱۵).

رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان ارائه الگوی برنامه‌ریزی راهبردی توسعه گردشگری پایدار روستایی نشان دادند که نامناسب بودن تسهیلات و تجهیزات اقامتی و رفاهی، نامناسب بودن تسهیلات و تجهیزات تفریحی، و عدم وجود برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری دولتی از ضعف-های گردشگری روستایی است. همچنین آنان راهبردهایی مانند ایجاد هماهنگی بین نهادها و بخش‌های مرتبط با گردشگری، بازنگری قوانین و مقررات ارضی روستایی، بازنگری به نوع و چگونگی برنامه‌ریزی و حمایت‌های دولتی از نواحی گردشگری روستایی، بازنگری به توزیع تسهیلات و خدمات گردشگری، تدوین قوانین ویژه برای استفاده بهینه از جاذبه‌ها، فراورده‌ها و خدمات گردشگری، تنوع بخشی به فعالیت‌های گردشگری، توسعه گردشگری کشاورزی، آموزش و اطلاع رسانی به مردم به ویژه در نحوه برخورد با گردشگران و ایجاد بازارهای روزانه و هفتگی را برای توسعه گردشگری پیشنهاد کردند. نهایتاً آنان الگویی با چهار مولفه اجتماعی– فرهنگی، اقتصادی، نهادی، و محیطی و کالبدی طراحی کردند که مشارکت مردم، نهادسازی، هماهنگی بین نهادی و تدوین قوانین خاص از جمله متغیرهای آن بودند.

هال (۱۹۸۸) عناصری مانند کارایی اقتصادی(قابلیت گردشگری در منطقه، احیای شرکت‌ها و رضایت متقاضی)، حفظ محیط زیست (حفظ تنوع زیستی، استفاده منطقی از منابع طبیعی، حفاظت از منابع طبیعی برای نسل‌های بعدی، و فعالیت‌های حفاظتی از منطقه) و عدالت اجتماعی (مزایا برای جامعه محلی، استخدام، درآمد، کیفیت زندگی، مشارکت عمومی، احترام به ارزش‌های اجتماعی و فرهنگی و توسعه شخصی) را مولفه‌های اصلی مدل توسعه گردشگری پایدار دانسته که بر اقتصاد مبتنی بر جامعه محلی، ادغام محیط زیست و اقتصاد و حفاظت همراه با عدالت تأکید می‌کند (فونس، ۲۰۱۱). محصولات، سازمان‌ها و موسسات جمعی عواملی هستند که گردشگری مزرعه را تشکیل می دهند. اهداف سازمان‌ها کاملاً شبیه هستند: بازاریابی، ایجاد صلاحیت و تضمین کیفیت. بین محصولات، سازمان‌ها و موسسات در بخش گردشگری مزرعه و بازار و ویژگی‌های مکان مورد نظر وابستگی متقابل وجود دارد (فوربورد و همکاران، ۲۰۱۲). رهیافت عملکردی گردشگری مزرعه محور نیز بر شش عامل توسعه محصول یا خدمات، برنامه‌ریزی و ارزشیابی کسب و کار، تبلیغات، مدیریت منابع انسانی، شبکه-سازی و کاهش هزینه متمرکز است و مدیران در زمینه گردشگری مبتنی بر مزرعه به طور عمده بر توسعه محصولات و خدمات، مدیریت منابع انسانی و کاهش هزینه تمرکز داشته‌اند. سرمایه گذاری مداوم در توسعه محصول و خدمات و تبلیغات اثرات مثبتی بر عملیات گردشگری در مزرعه داشته و به افزایش رقابت و قابلیت زندگی در بخش گردشگری مزرعه منجر می‌شود (پارک و همکاران، ۲۰۱۴).

بر اساس مطالعات پیشین، ابعاد گردشگری کشاورزی ارگانیگ شامل مزایای اقتصادی- اجتماعی، پایداری اجتماعی- فرهنگی، حفظ اکولوژیک، فرصت‌های آموزش و یادگیری و مشارکت جامعه است (چو و جمال، ۲۰۰۹). فعالیت‌های گردشگری کشاورزی می‌تواند شامل بازارهای مزرعه، محل‌های اقامتی و جشنواره‌های مزرعه باشد (کالتن و گلین، ۲۰۰۵) و توسعه محصولات، ارتباطات و مشارکت، حمایت دولت، بازاریابی، آموزش و تعلیم چالش‌های فعالیت‌های گردشگری کشاورزی عنوان شده است (همان). رضوانی و همکاران (۱۳۹۵) چالش‌ها و مسائل فراروی توسعه گردشگری کشاورزی را در شش گروه فاصله از مراکز عمده جمعیتی، سیاست‌های جامع ملی و منطقه‌ای (نبود طرح و برنامه حمایتی و نظارتی گردشگری کشاورزی)، آگاهی و آموزش (عدم آگاهی از مزیت گردشگری کشاورزی و نبود نیروی متخصص)، بازاریابی محصولات، آداب و رسوم (غیر قابل پذیرش بودن غریبه‌ها در جوامع محلی) و قوانین موجود (عدم حمایت از کشاورزان و گردشگران، نادیده گرفتن خدمات دولتی، بیمه، قوانین مرتبط با امنیت و حقوق گردشگران و کشاورزان) طبقه‌بندی نمودند که این چالش‌ها بر توسعه گردشگری کشاورزی تأثیر می‌گذارد. در پژوهشی نیازهای گردشگران کشاورزی بررسی شد که نشان داد دسترسی به سرویس بهداشتی و حمام، راحتی اتاق خواب، راحتی امکانات ارتباطی، مناظر زیبا و محیط پاک، فرصت آموزشی در مورد کشاورزی، مشارکت در فعالیت‌های کشاورزی و فرصت خرید کالاهای کشاورزی از جمله نیازهای گردشگران کشاورزی است که در سه دسته فعالیت‌ها و خرید، امکانات، خدمات و مکان، و همچنین جاذبه‌ها و محیط زیست قرار گرفته‌اند (سریکاتانیو و کامپیرانون، ۲۰۱۰).

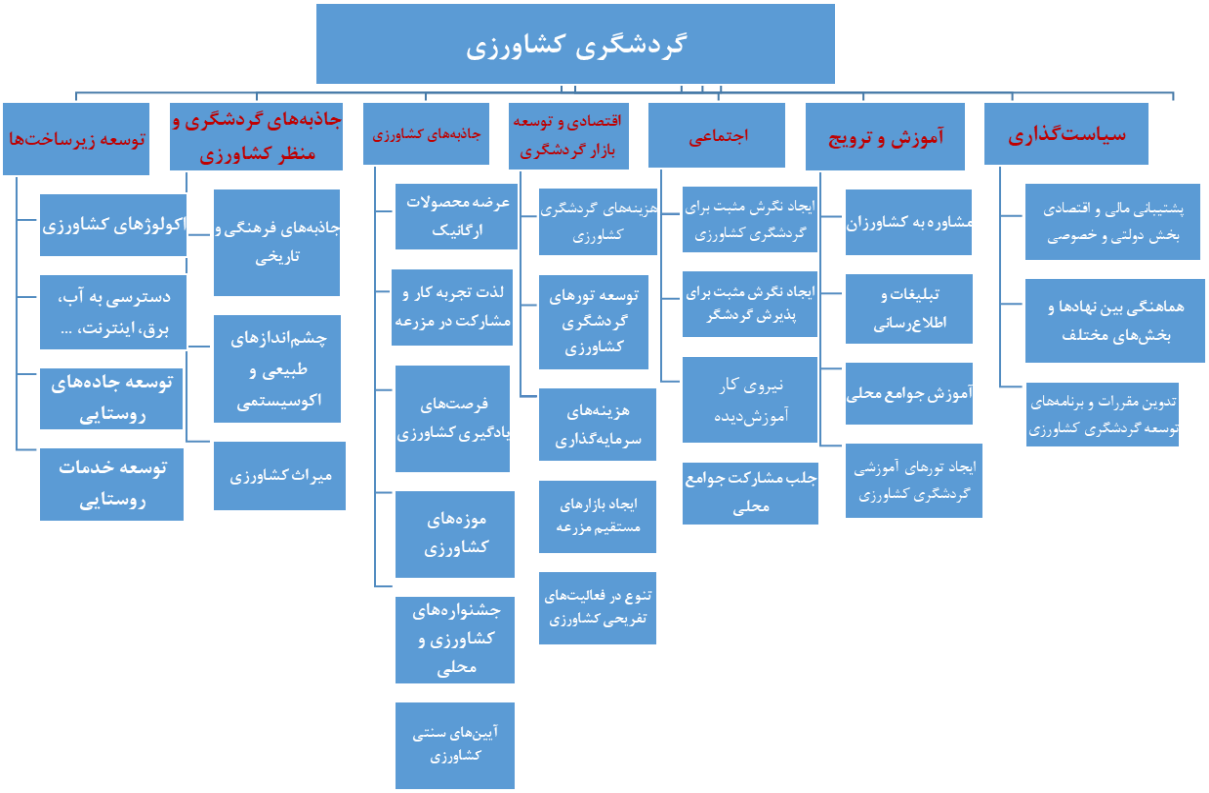
مطالعات نشان داده که تفاوت‌های قابل‌توجهی در ویژگی‌های اجتماعی و شخصی کشاورزان فعال در زمینهٔ گردشگری کشاورزی و سایر کشاورزان مانند جنسیت، نوع تحصیلات (هوگن و ویک، ۲۰۰۸؛ باربیری، ۲۰۰۹)، درآمد (باربیری، ۲۰۰۹؛ آریو و همکاران، ۲۰۱۳) و وضعیت تأهل، سطح تحصیلات و تحصیلات در رشته کشاورزی وجود دارد (هوگن و ویک، ۲۰۰۸) و این عوامل نیز بر توسعه گردشگری کشاورزی اثر می‌گذارند، به طوری که کشاورزان با سن بیشتر، سطح تحصیلات بالاتر و تحصیل در رشته کشاورزی بیشتر به سمت گردشگری کشاورزی تمایل داشته‌اند (هوگن و ویک، ۲۰۰۸). همچنین تفاوت‌های ساختاری در کسب و کار بین دو گروه کشاورزان گردشگری کشاورزی و سایر کشاورزان نیز دیده شده است. کشاورزان گردشگری کشاورزی دارای قابلیت‌های کسب و کار بیشتری از لحاظ شبکه (به عنوان مثال تعداد اعضای انجمن) و منابع مدیریتی استراتژیک (به عنوان مثال، در دسترس بودن طرح‌های کسب و کار و بازاریابی) بوده و کشاورزان گردشگری کشاورزی در بازاریابی نیز فعال‌تر بوده‌اند (باربیری، ۲۰۰۹). همچنین کشاورزان پیشرو در گردشگری کشاورزی نسبت به سایر کشاورزان از درآمد خود رضایت کمتری داشته‌اند و به همین علت به گردشگری کشاورزی روی آورده‌اند (هوگن و ویک،

۲۰۰۸). گردشگری کشاورزی به عنوان میزبان، با ارائه غذای محلی، داستان‌ها و فعالیت‌های مختلف، هویت مزرعه‌ای قوی‌ای در اختیار دارند (برندت و هوگن، ۲۰۱۱)، به طوری که ویژگی‌های زمین و موقعیت مزرعه بر گسترش فعالیت‌های گردشگری کشاورزی موثر است (آریو و همکاران، ۲۰۱۳). اندازه مزرعه و نوع تولیدات کشاورزی نیز برای توسعه گردشگری کشاورزی مهم است. گردشگری کشاورزی در مزارع بسیار بزرگ کمتر بوده و مزارع تولید لبنیات بیشتر به گردشگری کشاورزی پرداخته‌اند (هوگن و ویک، ۲۰۰۸).

مواد و روش‌های تدوین مدل گردشگری کشاورزی ایران

بر اساس مطالعات انجام‌شده در مدل مفهومی توسعه گردشگری پایدار کشاورزی، ۷ شاخص تعیین شده است که هر کدام از این شاخص‌های هفت‌گانه، مؤلفه‌های متفاوتی دارند (شکل ۲۱). این هفت شاخص عبارتند از:

- ✓ **سیاستگذاری:** شامل ۱) سرمایهگذاری‌ها و پشتیبانی‌های مالی و اقتصادی بخش دولتی و خصوصی برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی، ۲) هماهنگی بین نهادها و بخشهای مختلف، و ۳) تدوین مقررات و برنامههای توسعه گردشگری کشاورزی
- ✓ **آموزش و ترویج:** شامل ۱) مشاوره به کشاورزان، ۲) آموزش جوامع محلی، ۳) ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی، و ۴) تبلیغات و اطلاعرسانی
- ✓ **اجتماعی:** شامل ۱) ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی، ۲) جلب مشارکت جامعه محلی، ۳) نیروی کار آموزش‌دیده، و ۴) ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی
- ✓ **اقتصادی و توسعه بازار گردشگری:** شامل ۱) هزینه‌های گردشگری کشاورزی، ۲) هزینه‌های سرمایه‌گذاری، ۳) ایجاد بازارهای مستقیم مزرعه، ۴) توسعه تورهای گردشگری کشاورزی، و ۵) تنوع در فعالیتهای تفریحی وابسته به کشاورزی
- ✓ **جاذبه‌های کشاورزی:** شامل ۱) لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه، ۲) فرصتهای یادگیری کشاورزی، ۳) عرضه محصولات ارگانیک، ۴) موزه‌های کشاورزی، ۵) جشنواره های کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)، و ۶) آیینهای سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلاب‌گیری)
- ✓ **جاذبه‌های گردشگری و منظر کشاورزی:** شامل ۱) جاذبههای فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانه-باغهای تاریخی)، ۲) چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی، و ۳) میراث کشاورزی
- ✓ **توسعهٔ زیرساختها:** شامل ۱) ایجاد اکولوژهای کشاورزی، ۲) دسترسی به آب، برق، اینترنت و ...، ۳) توسعه جادههای روستایی و سیستم حمل و نقل، و ۴) توسعه خدمات روستایی.



شکل ۲۱. مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در ایران (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

وزن‌دهی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها

برای وزندهی به این شاخصها و مؤلفه‌ها از روش سوارا (SWARA)[1] استفاده شد. این روش یکی از جدیدترین روشها برای وزندهی به شاخصها در روش تصمیمگیری چند شاخصه (MCDM)[2]است. برای انجام این روش با استفاده از روش نمونهگیری هدفمند، ۱۵ کارشناس خبره در حوزهٔ گردشگری و کشاورزی انتخاب شدند و به عنوان کارشناسان و خبرگان شاخص‌ها را وزندهی کردند.

مراحل روش سوارا (SWARA). در روش سوارا ابتدا کارشناسان شاخص‌ها و مؤلفه‌ها را به ترتیب اهمیت مرتب می‌کنند. مهمترین شاخص (و در درون هر شاخص، مهم‌ترین مؤلفه) ابتدا قرار می‌گیرد و امتیاز یک را می‌گیرد. در نهایت شاخص‌ها براساس مقادیر متوسط اهمیت نسبی رتبه‌بندی می‌شوند.

گام اول: مرتب کردن شاخص‌ها. در ابتدا شاخص‌های مورد نظر براساس میزان اهمیت به ترتیب نوشته می‌شوند. مهمترین شاخص‌ها در رده‌های بالاتر و شاخص‌های کم اهمیت‌تر در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند.

گام دوم: تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (Sj). در این گام اهمیت نسبی هر شاخص نسبت به شاخص‌های قبلی مشخص می‌شود. در فرایند روش سوآرا این مقدار با Sj نشان داده می‌شود.

گام سوم: محاسبهٔ ضریب Kj. ضریب Kj که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص است با استفاده از معادلهٔ زیر محاسبه میشود:

$$Kj = Sj + 1$$

گام چهارم: محاسبه وزن اولیه هر شاخص. وزن اولیه شاخص از طریق معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود. باید توجه داشت در این معادله وزن شاخص نخست که مهمترین معیار است برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود:

$$Qj = Qj\text{-}1 / Kj$$

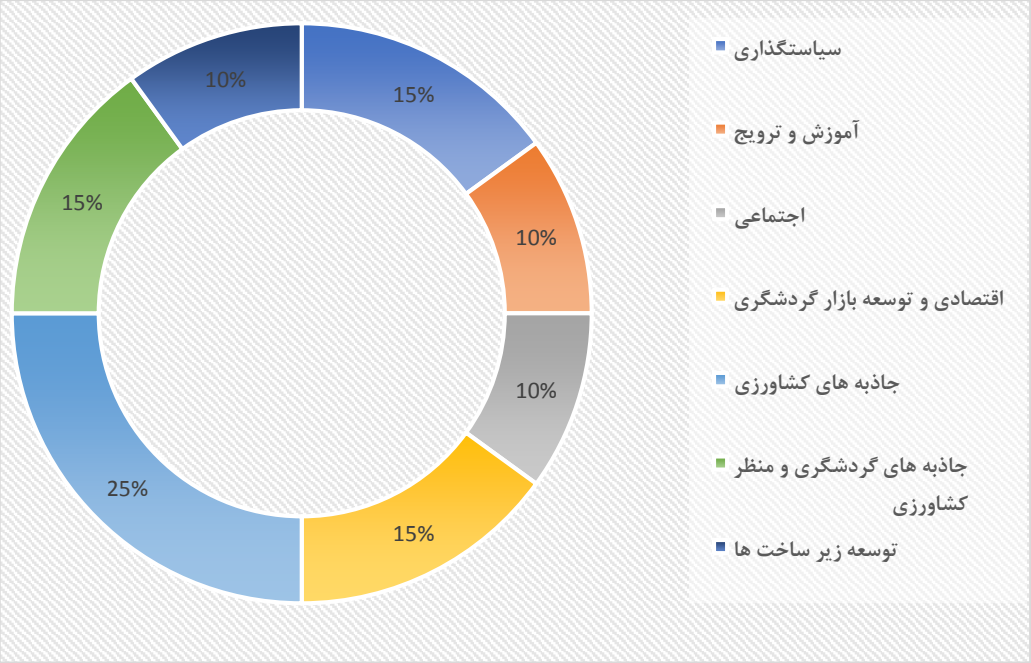
گام پنجم: محاسبه وزن نرمال نهایی. در آخرین گام از روش سوآرا وزن نهایی شاخصها که وزن نرمالشده نیز محسوب می‌شود با در نظر گرفتن نرمال‌سازی خطی ساده انجام می‌شود.

1- Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
2- Multi Criteria Decision Making

نتایج وزندهی

وزندهی شاخص‌های هفتگانه

همانطور که در شکل ۲۲ ملاحظه می‌شود شاخص جاذبههای کشاورزی با وزن ۲۵٪ بیشترین اهمیت را داراست و پس از آن شاخص‌های سیاستگذاری، اقتصادی و توسعه بازار و جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی، هرکدام با وزن ۱۵٪ در رتبه بعدی قرار گرفتند.

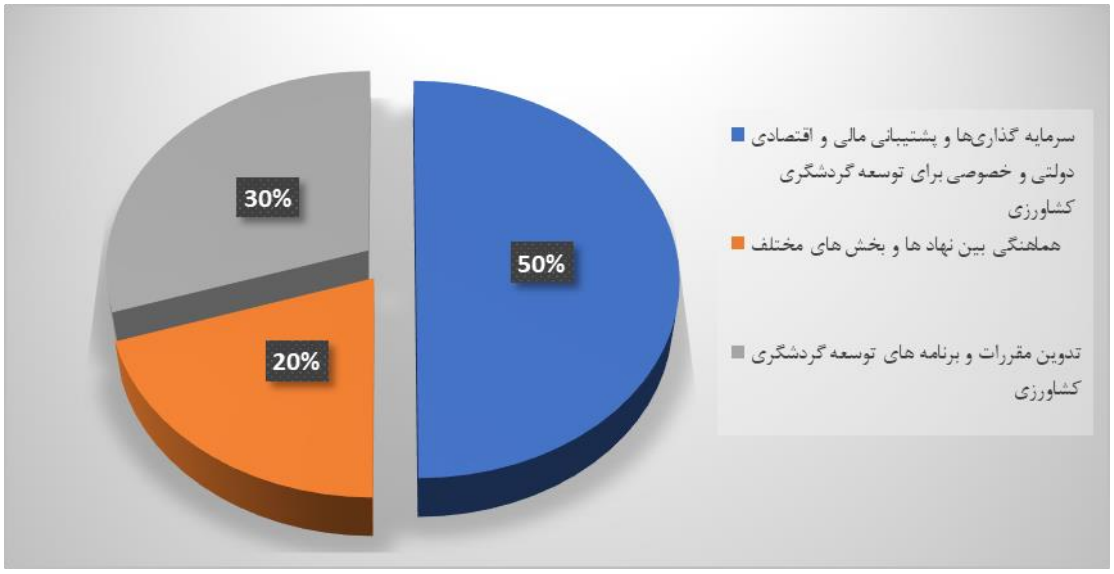


شکل ۲۲. وزن نهایی شاخص‌های هفتگانهٔ مدل مفهومی توسعه گردشگری پایدار کشاورزی در ایران

وزندهی شاخص‌ها و مؤلفهها

۲-۱. وزن نهایی مؤلفههای سیاستگذاری

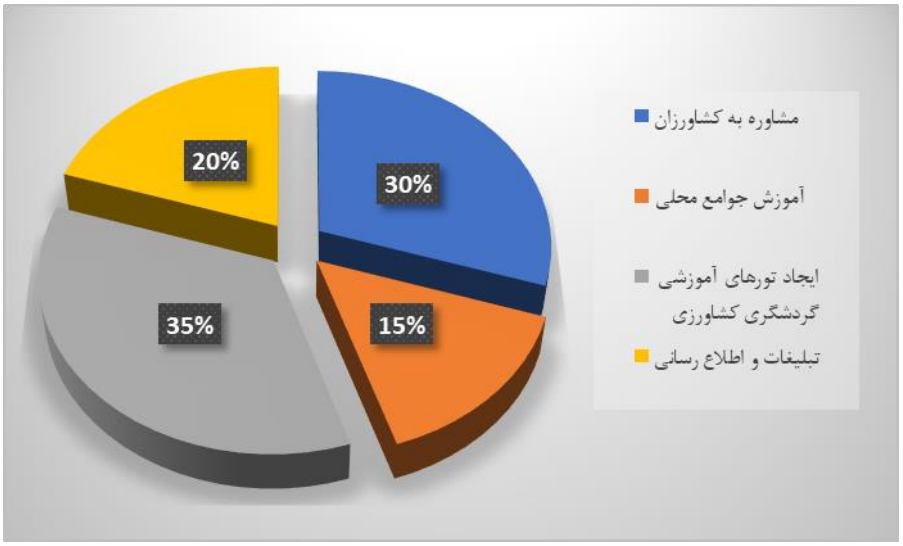
از منظر میزان اهمیت در میان مؤلفه‌های سیاستگذاری، مؤلفه سرمایه‌گذاری‌ها و پشتیبانی مالی و اقتصادی دولتی و خصوصی با ضریب وزنی ۵۰٪ دارای بیشترین اهمیت از دیدگاه کارشناسان بوده است (شکل ۲۳).



شکل ۲۳. وزن‌دهی مؤلفه‌های گوناگون شاخص «سیاستگذاری».

۲-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های آموزش و ترویج

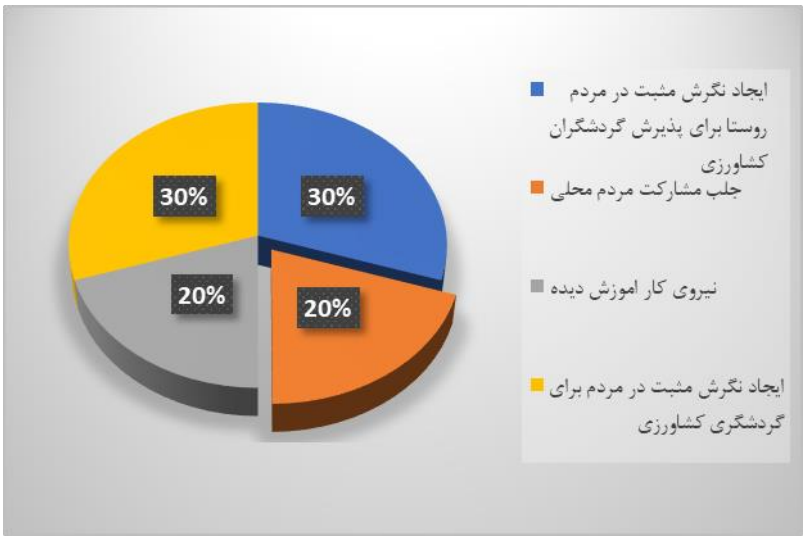
از نظر میزان اهمیت در میان مؤلفه‌های آموزش و ترویج، مؤلفه ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی با ضریب وزنی ۳۵٪ دارای بیشترین اهمیت از دیدگاه کارشناسان بوده است. پس از آن مشاوره به کشاورزان برای طراحی و ایجاد مزارع کردشگری در رتبه بعدی قرار گرفت (شکل ۲۴).



شکل ۲۴. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «آموزش و ترویج».

۳-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های اجتماعی

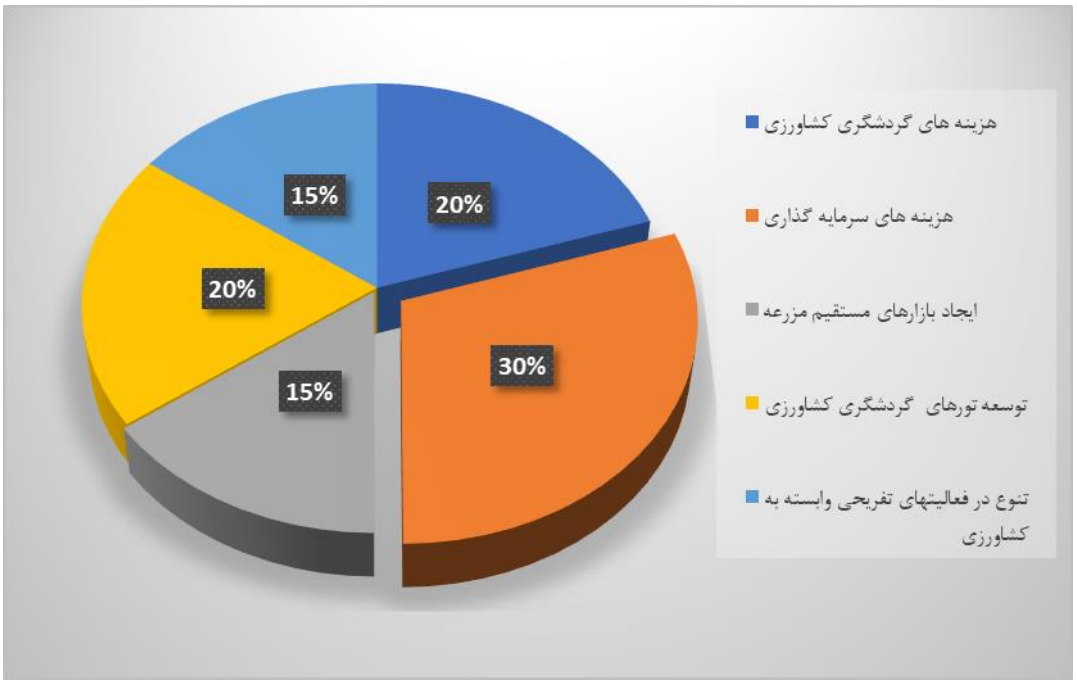
میزان اهمیت مؤلفه‌های اجتماعی نیز توسط کارشناسان منتخب رتبهگذاری شد که مؤلفههای "ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی" و "ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی" بیشترین اهمیت را با ضریب اهمیت ۳۰٪ داشتند و مؤلفههای "جلب مشارکت مردم محلی" و "نیروی کار آموزشدیده" در رتبه بعدی قرار داشتند (شکل ۲۵).



شکل ۲۵. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «اجتماعی».

۴-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های اقتصادی و توسعهٔ بازار گردشگری

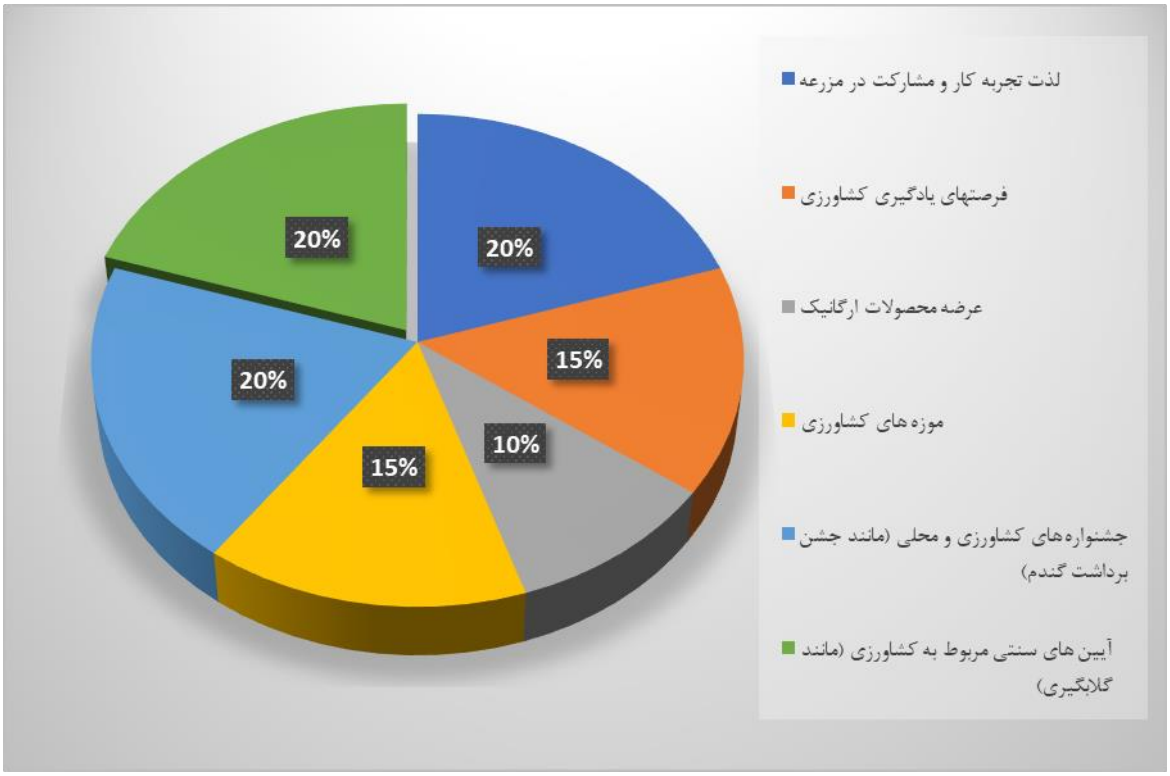
از منظر میزان اهمیت در میان مؤلفه‌های اقتصادی و توسعه بازار گردشگری، مؤلفه "هزینه سرمایه‌گذاری" با ضریب وزنی ۳۰٪ دارای بیشترین اهمیت از دیدگاه کارشناسان بوده است. پس از آن مؤلفه‌های "هزینه‌های گردشگری کشاورزی" و "توسعه تورهای گردشگری کشاورزی" با ضریب وزنی ۲۰٪ در رتبه بعدی قرار گرفتند (شکل ۲۶).



شکل ۲۶. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «اقتصادی و توسعه بازار گردشگری».

۵-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های جاذبه‌های کشاورزی

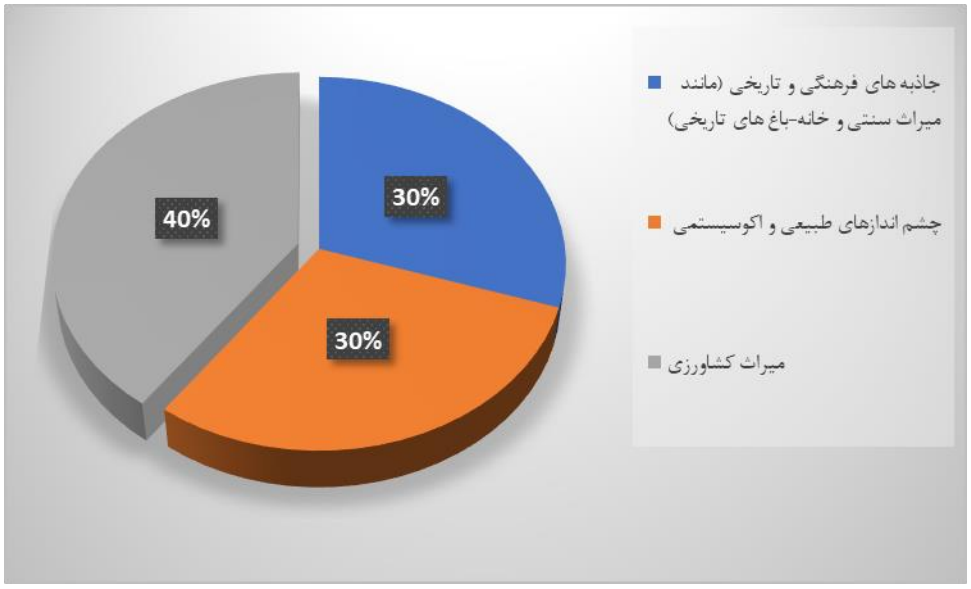
از نظر میزان اهمیت در میان مؤلفه‌های جاذبه‌های کشاورزی، مؤلفه‌های "لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه"، "جشنوارههای کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)" و "آیین های سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلابگیری)" با ضریب وزنی ۲۰٪ دارای بیشترین اهمیت از دیدگاه کارشناسان بوده است. پس از آن مؤلفه‌های "فرصتهای یادگیری کشاورزی" و "موزههای کشاورزی" با ضریب وزنی ۱۵٪ در رتبه بعدی قرار گرفتند. عرضهٔ محصولات ارگانیک نیز رتبه آخر را به خود اختصاص داد که قطعاً در کنار مؤلفههای دیگر ارزش و شأن خود را دارد (شکل ۲۷).



شکل ۲۷. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «جاذبه‌های کشاورزی».

۶-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های جاذبه‌های گردشگری و منظر کشاورزی

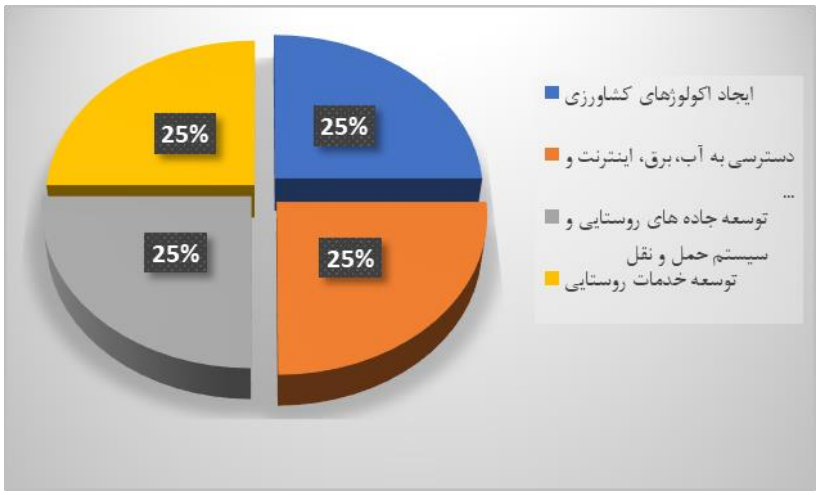
از نظر میزان اهمیت در میان سه مؤلفه جاذبه‌های گردشگری و منظر کشاورزی، مؤلفه "میراث کشاورزی" با ضریب وزنی ۴۰٪ دارای بیشترین اهمیت از دیدگاه کارشناسان بوده است. سپس مؤلفه‌های "جاذبههای فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانه-باغهای تاریخی)" و "چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی" با ضریب وزنی ۳۰٪ در رتبه بعدی قرار گرفتند (شکل ۲۸).



شکل ۲۸. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «جاذبه‌های گردشگری و منظر کشاورزی».

۷-۲. وزن نهایی مؤلفه‌های توسعهٔ زیرساختها

از منظر میزان اهمیت، هر چهار مؤلفه توسعه زیرساخت‌ها شامل مؤلفه "ایجاد اکولوژهای کشاورزی"، "دسترسی به آب، برق، اینترنت و ..."، "توسعه جادههای روستایی و سیستم حمل و نقل" و " توسعه خدمات روستایی" با ضریب ۲۵٪ به یک اندازه دارای اهمیت شناخته شدند (شکل ۲۹).



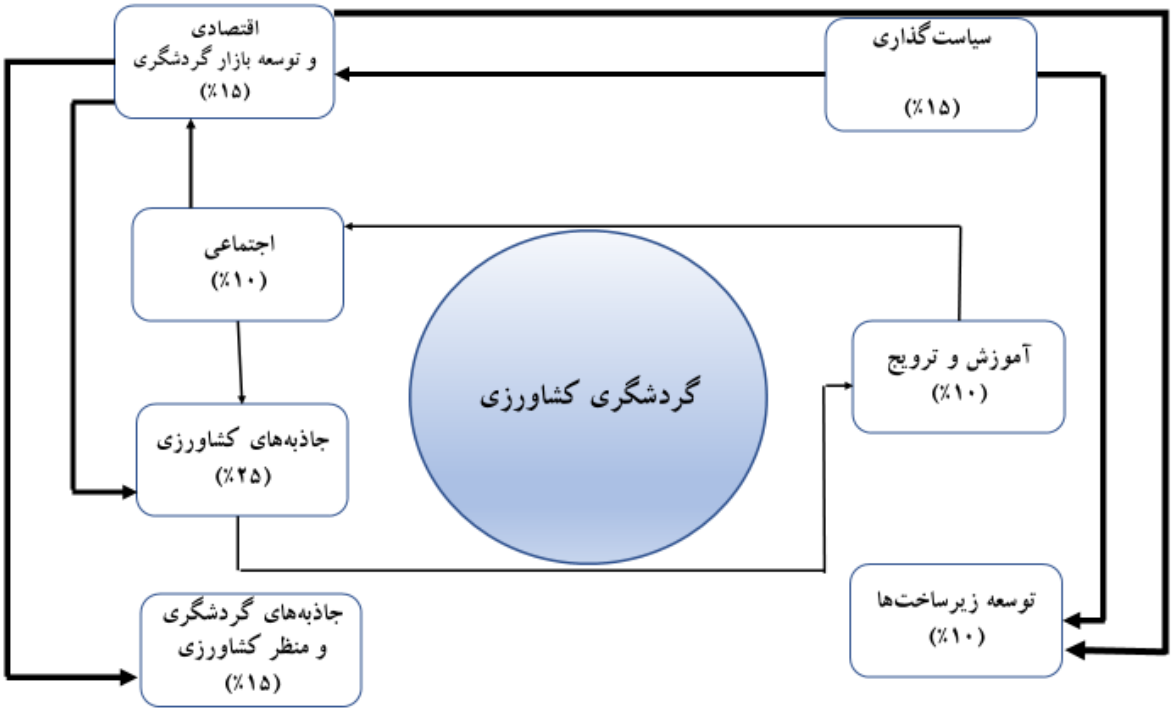
شکل ۲۹. نمودار وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص «توسعهٔ زیرساخت‌ها».

جدول ۱۲. شاخص‌ها و مولفه‌های موثر در مدل مفهومی گردشگری کشاورزی در ایران و وزن هر یک از آنها بر اساس روش SWARA و تصمیم‌گیری چندشاخصه (MCDM) (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷).

شاخص	وزن شاخص از کل (٪)	مولفه‌ها	وزن مولفه از کل شاخص (٪)
سیاست‌گذاری	۱۵	سرمایه‌گذاری و پشتیبانی مالی بخش دولتی و خصوصی	۵۰
		هماهنگی بین نهادها و بخشهای مختلف	۲۰
		تدوین مقررات و برنامههای توسعه گردشگری کشاورزی	۳۰
آموزش و ترویج	۱۰	مشاوره به کشاورزان	۳۰
		آموزش جوامع محلی	۱۵
		ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی	۳۵
		تبلیغات و اطلاعرسانی	۲۰
اجتماعی	۱۰	ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی	۳۰
		جلب مشارکت مردم محلی	۲۰
		نیروی کار آموزشدیده	۲۰
		ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی	۳۰
اقتصادی و توسعه بازار گردشگری	۱۵	هزینههای گردشگری کشاورزی	۲۰
		هزینههای سرمایهگذاری	۳۰
		ایجاد بازارهای مستقیم مزرعه	۱۵
		توسعه تورهای گردشگری کشاورزی	۲۰
		تنوع در فعالیتهای تفریحی وابسته به کشاورزی	۱۵
جاذبههای کشاورزی	۲۵	لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه	۲۰
		فرصتهای یادگیری کشاورزی	۱۵
		عرضه محصولات ارگانیک	۱۰
		موزههای کشاورزی	۱۵
		جشنوارههای کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)	۲۰
		آیینهای سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلابگیری)	۲۰
جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی	۱۵	جاذبههای فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانه-باغهای تاریخی)	۳۰
		چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی	۳۰
		میراث کشاورزی	۴۰
توسعهٔ زیرساختها	۱۰	ایجاد اکولوژهای کشاورزی	۲۵
		دسترسی به آب، برق، اینترنت و ...	۲۵

توسعه جاده‌های روستایی و سیستم حمل و نقل	۲۵
توسعه خدمات روستایی	۲۵

در شکل ۳۰ مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران همراه با اثرات و وزن شاخص‌ها و روابط متقابل و برهمکنش میان آنها نشان داده شده است.



شکل ۳۰. مدل مفهومی گردشگری کشاورزی در ایران همراه با شاخص‌های آن و وزن هر شاخص و روابط متقابل میان شاخص‌های گوناگون اثرگذار بر گردشگری کشاورزی با استفاده از روش SWARA و تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDM). ضخامت خطوط نشان‌دهنده وزن اثرات متقابل است. برای جزئیات بیشتر از وزن هر شاخص و مولفه‌های آنها ن.ک. جدول ۱۲ (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷).

کاربرد مدل: تعیین روستاهای منتخب برای گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

در بخش پیشین، مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در ایران بر پایهٔ ۷ شاخص، شامل ۱) سیاستگذاری، ۲) آموزش و ترویج، ۳) اجتماعی، ۴) اقتصادی و توسعهٔ بازار گردشگری، ۵) جاذبههای کشاورزی، ۶) جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی، و ۷) توسعهٔ زیرساختها تدوین گردید. برای وزندهی به این شاخصها و مؤلفهها از روش سوارا (SWARA)[1] استفاده شد. این روش برای وزندهی به شاخصها در روش تصمیمگیری چند شاخصه (MCDM)[2] به‌کار می‌رود. برای انجام این روش با استفاده از روش نمونهگیری هدفمند، ۱۵ کارشناس خبره در حوزهٔ گردشگری و کشاورزی انتخاب شدند و به عنوان کارشناسان و خبرگان شاخص‌ها را وزندهی کردند.

در این قسمت، بر اساس نقشه راه و مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران، روستاهای منتخب بر پایهٔ جاذبه‌های گردشگری و شاخص‌های هفت‌گانه مدل مفهومی و معیارهای نقشهٔ راه به شرح زیر انتخاب شده‌اند.

1- Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
2- Multi Criteria Decision Making

۱ روستاهای منتخب در محدودهٔ تالابهای بینالمللی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

۱-۱-روستای گل؛ تالاب سیرانگلی

این روستا در شهرستان نقده در آذربایجان غربی به عنوان سایت اصلی برنامه مشارکت جوامع محلی در «توسعه کشاورزی پایدار برای حفاظت از کارکرد اکوسیستمی تالاب در محدوده دریاچه ارومیه و تالابهای اقماری» بوده و به دلیل قرار گرفتن در محدوده تالاب سیرانگلی و با موقعیت خاص جغرافیایی با وسعت ۷۳۵ هکتار در مجاورت جادهٔ ارومیه- میاندوآب در سهراهی محمدیار با فاصله ۱۷ کیلومتری شمال شرقی شهرستان نقده دارای شاخصهای مهمی برای توسعه گردشگری کشاورزی است. نیمی از مساحت تالاب سیران‌گلی را سواحل مرتعی تشکیل داده و چهار روستای عطاالله، درگه‌سنگی، درگه ارسخان و گل از روستاهای اطراف تالاب هستند. این تالاب در حوضه آبخیز رودخانه گدارچای، که از کوه‌های مرزی ایران و ترکیه سرچشمه می‌گیرد واقع شده و به طور عمده به‌وسیله جریان‌های آب نفوذی زیرزمینی و تعدادی چشمهٔ کوچک در پای ارتفاعات جنوبی مشروب می‌شود. پوشش گیاهی تالاب نی، جگن و گیاهان نمکدوست است.

این تالاب زیستگاه مناسبی جهت زمستانگذرانی، تغذیه، زادآوری و محل استراحت بسیاری از پرندگان آبزی و کنار آبزی نظیر فلامینگو، قو، انواع مرغابی و ... است و در سال ۱۳۵۴ به عنوان تالاب بینالمللی در سایت رامسر ثبت شده است. سیرانگلی از نظر تنوع زیستی گیاهی و جانوری بسیار غنی است. چهار روستا در اطراف تالاب واقع شده که اقتصاد محلی آنها وابستگی بسیاری به تالاب دارد و انواع مختلف بهره‌برداری، از جمله برداشت علوفه و استفاده به عنوان مرتع برای دام سبک و سنگین، شکار پرندگان و گردشگری از تالاب صورت میگیرد.

این روستا از نظر همبستگی اجتماعی وضعیت نسبتاً مناسب دارد و عموماً از کشاورزان پیشرو، با سطح آگاهی بالا برخوردار است و به یکی از سایت‌های اصلی بازدید سمن‌ها تبدیل شده است. موفقیت این روستا در برنامهٔ احیای تالاب با نقش موثر سمن‌ها و جامعه محلی روستا یکی از نقاط قوت این روستا و از ظرفیت‌های بالقوهٔ آن در موفقیت برنامه‌های گردشگری کشاورزی به شمار می‌رود. امتیاز روستای گل و چگونگی انتخاب آن بر اساس شاخص‌های مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی ایران در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳. رتبه‌بندی روستای گل، تالاب سیران‌گلی بر اساس مدل مفهومی و نقشه راه گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

شاخص	وزن شاخص از کل (٪)	مولفه‌ها	وزن مولفه از کل شاخص (٪)	امتیاز روستا از مولفه	درصد امتیاز روستا از شاخص
سیاست‌گذاری	۱۵	سرمایه‌گذاری و پشتیبانی مالی بخش دولتی و خصوصی	۵۰	۳۵	۶۰٪
		هماهنگی بین نهادها و بخشهای مختلف	۲۰	۱۰	
		تدوین مقررات و برنامههای توسعه گردشگری کشاورزی	۳۰	۱۵	
آموزش و ترویج	۱۰	مشاوره به کشاورزان	۳۰	۳۰	۸۰٪
		آموزش جوامع محلی	۱۵	۱۵	
		ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی	۳۵	۲۵	
		تبلیغات و اطلاعرسانی	۲۰	۱۰	
اجتماعی	۱۰	ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی	۳۰	۳۰	۸۵٪
		جلب مشارکت مردم محلی	۲۰	۱۵	
		نیروی کار آموزشدیده	۲۰	۱۵	
		ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی	۳۰	۲۵	
اقتصادی و توسعه بازار گردشگری	۱۵	هزینههای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۵	۵۵٪
		هزینههای سرمایهگذاری	۳۰	۱۵	
		ایجاد بازارهای مستقیم مزرعه	۱۵	۵	

		توسعه تورهای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۰	
		تنوع در فعالیتهای تفریحی وابسته به کشاورزی	۱۵	۱۰	
جاذبههای کشاورزی	۲۵	لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه	۲۰	۱۰	۴۰٪
		فرصتهای یادگیری کشاورزی	۱۵	۱۰	
		عرضه محصولات ارگانیک	۱۰	۰	
		موزههای کشاورزی	۱۵	۰	
		جشنوارههای کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)	۲۰	۱۰	
		آیینهای سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلابگیری)	۲۰	۱۰	
جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی	۱۵	جاذبه‌های فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانهباغهای تاریخی)	۳۰	۱۰	۵۵٪
		چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی	۳۰	۳۰	
		میراث کشاورزی	۴۰	۱۵	
توسعهٔ زیرساختها	۱۰	ایجاد اکولوژهای کشاورزی	۲۵	۱۰	۷۵٪
		دسترسی به آب، برق، اینترنت و ...	۲۵	۲۵	
		توسعه جادههای روستایی و سیستم حمل و نقل	۲۵	۲۵	
		توسعه خدمات روستایی	۲۵	۱۵	
		جمع امتیاز کسب‌شدهٔ روستا (٪)		**۵۹/۵**	

ویژگی‌های خاص روستای منتخب

- ✓ تنوع تولیدات زراعی و باغی
- ✓ سایت اصلی برنامه مشارکت جوامع محلی در "توسعه کشاورزی پایدار برای حفاظت از کارکرد اکوسیستمی تالاب در محدوده دریاچه ارومیه و تالابهای اقماری"
- ✓ همبستگی اجتماعی خوب، برخورداری از کشاورزان پیشرو، سطح آگاهی بالای کشاورزان، محل اجرای پروژه‌های کشاورزی پایدار، محل بازدید سمن‌ها
- ✓ موفقیت روستا در برنامهٔ احیای تالاب با نقش موثر سمن‌ها و جامعه محلی روستا
- ✓ پذیرش گونه‌های مختلف پرندگان، مراتع زیبا و جذاب اطراف روستا

نمایی از تالاب سیرانگلی و محدودهٔ کشاورزی روستای گل

سازمان حفاظت محیط زیست
اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجانغربی
تالاب بین المللی درگه سنگی
Dorgeff sangy Intrnational Wetland
Ramsar
1975
735 ha
N 37 00' E 45 33'
1280m
Phragmites – Juncus- Tamarix
Whooper Swan- Mallard – Greater
Shoveler-Coot-
Winged Stilt- Tern-
White headed Duc

۱-۲-روستای یوسف‌آباد؛ منطقهٔ قوریگل

روستای یوسفآباد در حاشیه منطقه زیبای قوریگل به لحاظ داشتن ویژگیهای خاص و برجسته میتواند به عنوان محرک توسعه گردشگری کشاورزی و همچنین گردشگری طبیعی آذربایجان شرقی ایفای وظیفه کند. این روستا علاوه بر ظرفیت‌های کشاورزی در محدوده تالاب قوریگل در حدود ۳۰ کیلومتری شهر تبریز در مسیر جادهٔ ترانزیت تبریز- تهران و ۱۸ کیلومتری شهر بستانآباد قرار دارد. این تالاب بین عرضهای جغرافیائی ″37°54′25 و″37°55′23 و طولهای جغرافیائی ″46°41′30 و ″46°43′6 در شهرستان بستانآباد قرار گرفته و وسعت حوضهٔ آبریز آن ۳۱۴۶ هکتار بوده که خود جزئی از حوضهٔ آبریز رودخانهٔ آجیچای است که به دریاچهٔ ارومیه می‌ریزد. نزدیکترین آبادی‌ها به تالاب دو روستای یوسفآباد و امناب می‌باشد. مساحت تالاب ۲۰۰-۱۶۰ هکتار است. اقلیم منطقه سرد و خشک است. مساحت روستا

۱۱۱۸ هکتار، شامل ۶۲۸ هکتار مرتع است؛ پراکنش زمین‌های زراعی و تولیدی نسبت به همدیگر و مرکز روستا ۲۰۰۰ متر است؛ تعداد افراد در روستای یوسفآباد ۳۶۰ نفر، ساکنان دائمی روستا ۳۸ خانوار و تعداد ساکنان فصلی روستا ۹ خانوار است.

این روستا از جمله روستاهای پیشرو منطقه در زمینه توسعه کشاورزی ارگانیک است که مزیت ارزشمندی برای گردشگری کشاورزی به شمار می‌رود. ساختار اجتماعی این روستا به دلیل نزدیکی به مسیر ترانزیت تبریز با مقولهٔ گردشگری آشنا و دارای پذیرش بالایی برای گردشگران کشاورزی است؛ در مقایسه با روستاهای دیگر، یوسف‌آباد به دلیل برخورداری از خانه‌های بوم‌گردی از زیرساخت‌های مناسبی بهره‌مند است و نیاز به سرمایه‌گذاری کمتری در این زمینه وجود دارد. امتیاز روستای یوسف‌آباد و چگونگی انتخاب آن بر اساس شاخص‌های مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی ایران در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۴. رتبه‌بندی روستای یوسف‌آباد، تالاب قوری‌گل بر اساس مدل مفهومی و نقشه راه گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

شاخص	وزن شاخص از کل (٪)	مولفه‌ها	وزن مولفه از کل شاخص (٪)	امتیاز روستا از مولفه	درصد امتیاز روستا از شاخص
سیاست‌گذاری	۱۵	سرمایه‌گذاری و پشتیبانی مالی بخش دولتی و خصوصی	۵۰	۳۵	۶۰
		هماهنگی بین نهادها و بخشهای مختلف	۲۰	۱۰	
		تدوین مقررات و برنامههای توسعه گردشگری کشاورزی	۳۰	۱۵	
آموزش و ترویج	۱۰	مشاوره به کشاورزان	۳۰	۲۵	۷۰
		آموزش جوامع محلی	۱۵	۱۰	
		ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی	۳۵	۲۵	
		تبلیغات و اطلاعرسانی	۲۰	۱۰	
اجتماعی	۱۰	ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی	۳۰	۲۵	۸۵
		جلب مشارکت مردم محلی	۲۰	۱۵	
		نیروی کار آموزشدیده	۲۰	۱۵	
		ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی	۳۰	۳۰	
اقتصادی و توسعه بازار گردشگری	۱۵	هزینههای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۵	۶۵
		هزینههای سرمایهگذاری	۳۰	۲۰	
		ایجاد بازارهای مستقیم مزرعه	۱۵	۱۰	

		توسعه تورهای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۰	
		تنوع در فعالیتهای تفریحی وابسته به کشاورزی	۱۵	۱۰	
جاذبههای کشاورزی	۲۵	لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه	۲۰	۱۵	۵۵
		فرصتهای یادگیری کشاورزی	۱۵	۱۰	
		عرضه محصولات ارگانیک	۱۰	۱۰	
		موزههای کشاورزی	۱۵	۰	
		جشنوارههای کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)	۲۰	۱۰	
		آیینهای سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلابگیری)	۲۰	۱۰	
جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی	۱۵	جاذبه‌های فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانهباغهای تاریخی)	۳۰	۱۵	۶۰
		چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی	۳۰	۳۰	
		میراث کشاورزی	۴۰	۱۵	
توسعهٔ زیرساختها	۱۰	ایجاد اکولوژهای کشاورزی	۲۵	۲۰	۸۵
		دسترسی به آب، برق، اینترنت و ...	۲۵	۲۵	
		توسعه جادههای روستایی و سیستم حمل و نقل	۲۵	۲۵	
		توسعه خدمات روستایی	۲۵	۱۵	
		جمع امتیاز کسب‌شدهٔ روستا (٪)		**۶۵/۵**	

ویژگی‌های خاص روستای منتخب

- ✓ سایت منتخب کشاورزی ارگانیک، برخورداری از عسل ممتاز و مشهور
- ✓ همجواری روستا با مسیر تجاری مناسب و نزدیکی به تبریز
- ✓ وجود تشکل‌های روستایی منسجم، پذیرش بالا برای گردشگر کشاورزی، برخورداری از اکولوژ و زیرساخت مناسب برای گردشگران
- ✓ چشم‌انداز عالی به تالاب قوری‌گل

موقعیت روستای (یوسفآباد) و تالاب قوریگل

موقعیت تالاب بین المللی و منطقه به اصطلاح حفاظت شده قوری گل در منطقه
تبریز
قوری
بستان آباد
کوه سهند

۲ روستاهای مستقر در محدوده باستانی شهر تکاب

حوزهٔ تکاب یکی از مناطق مستعد و دارای ظرفیت فراوان برای گردشگری طبیعی، گردشگری تاریخی و گردشگری کشاورزی است. مطالعات متعدد توسط مشاوران مختلف و نیز استقبال گردشگران طبیعی و گردشگران تاریخی مؤید ظرفیت‌های فراوان این منطقه برای انواع گردشگری است و بر اساس مدل مفهومی ارائه‌شده در این طرح، این سایت از ظرفیت و تاوان بالایی برای ایجاد و توسعهٔ گردشگری کشاورزی پایدار برخوردار است.

تخت‌سلیمان (یا آتشکده آذرگُشنَسب) نام محوطهٔ تاریخی بزرگی در نزدیکی تَکاب و روستای تخت سلیمان (در گذشته نصرت‌آباد) در استان آذربایجان غربی و ۴۵ کیلومتری شمال‌شرقی تکاب واقع است. تخت سلیمان محوطه‌ای باستانی است شامل چند کاخ ساسانی و آتشکده آذرگشنسب (به معنای آتش اسب فراوان). در نزدیکی آن، دو مجموعه باستانی دیگر به نامهای زندان سلیمان و تخت بلقیس قرار دارد. در اطراف زندان سلیمان آثاری از دوره مادها و سکاها به دست آمده و بر اساس این کشفیات تاریخ منطقه را به هزار سال پیش از میلاد نسبت میدهند. برخی تاریخ‌نویسان این مکان را شهر باستانی "شیز" قلمداد میکنند. کاوشگاه باستانی شیز از سوی یونسکو به عنوان میراث جهانی شناخته شده‌است و طرحهای بزرگی برای بازسازی و کاوش در آن در دست اجراست. در سالهای اخیر در جریان پژوهشهای مربوط به دوران پارینه‌سنگی در تخت سلیمان دو محوطه باستانی شناسایی شدند که تخت سلیمان دقیقاً در وسط این دو محوطه قرار گرفته است. محوطه چال‌تپه، استقرارگاه موقت دوران پارینهسنگی میانی بوده و محوطه چخماقلی نیز با آثاری از کارگاه ابزارسازی در این محوطه شناسایی و کشف شده است. کهن‌ترین بقایای شناسایی‌شدهٔ قبل از اسلام مجموعهٔ میراث جهانی تخت سلیمان به دورهٔ

بر اساس آمار ارائه‌شده توسط مشاور یکم به طور میانگین سالانه ۷۰-۶۰ هزار نفر گردشگر داخلی و ۵ هزار نفر گردشگر خارجی با هدف بازدید از تختسلیمان به تکاب وارد می‌شوند. گردشگران خارجی اغلب از آلمان، هند و ژاپن و معتقدان آیین زرتشت از سراسر جهان هستند. همچنین در چهار ماه نخست سال ۱۳۹۶، تعداد ۲۶ هزار و ۸۰۰ گردشگر داخلی و خارجی از مجموعه جهانی تختسلیمان بازدید کرده‌اند که ۲۳٪ بیشتر از مدت مشابه سال گذشته بوده است. از این تعداد هزار و ۴۶۶ نفر گردشگر از کشورهای مختلف آسیایی و اروپایی بوده‌اند. در طول ۶ ماه اول سال ۹۶، چهار هزار و ۸۴۲ نفر نیز از اثر تاریخی طبیعی زندان سلیمان بازدید کرده‌اند که نسبت به مدت مشابه سال گذشته ۲۷٪ افزایش دارد و از این تعداد، ۴۸۴ گردشگر خارجی بوده‌اند.

۲-۱-روستای گل‌تپه: این روستا با نزدیکی به تپهٔ باستانی زیویه و غار کرفتو و همچنین مرکزی بودن در بین ۲۰ روستای اطراف حکم یک شهر را دارد. غار کرفتو و روستای دیدنی کرفتو هم از آنجا که از نظر گردشگری، به‌ویژه صخره‌نوردی می‌تواند اشتغال‌زایی جهت روستائیان ایجاد کند، یک مزیت گردشگری در این منطقه به شمار می‌رود. پختن نان محلی، اسطبل‌های اسب از نژاد کرد و اجرای رقص‌های کردی در فصل‌هایی که گردشگران بیشتر از این منطقه دیدن می‌کنند می‌تواند هم جذبکننده گردشگران باشد و هم به عنوان شناسنامه مردم و فرهنگ بومی مورد بررسی و استقبال قرار بگیرد. امتیاز روستای گل‌تپه و چگونگی انتخاب آن بر اساس شاخص‌های مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی ایران در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۵. رتبه‌بندی روستای گل‌تپه، تکاب بر اساس مدل مفهومی و نقشه راه گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

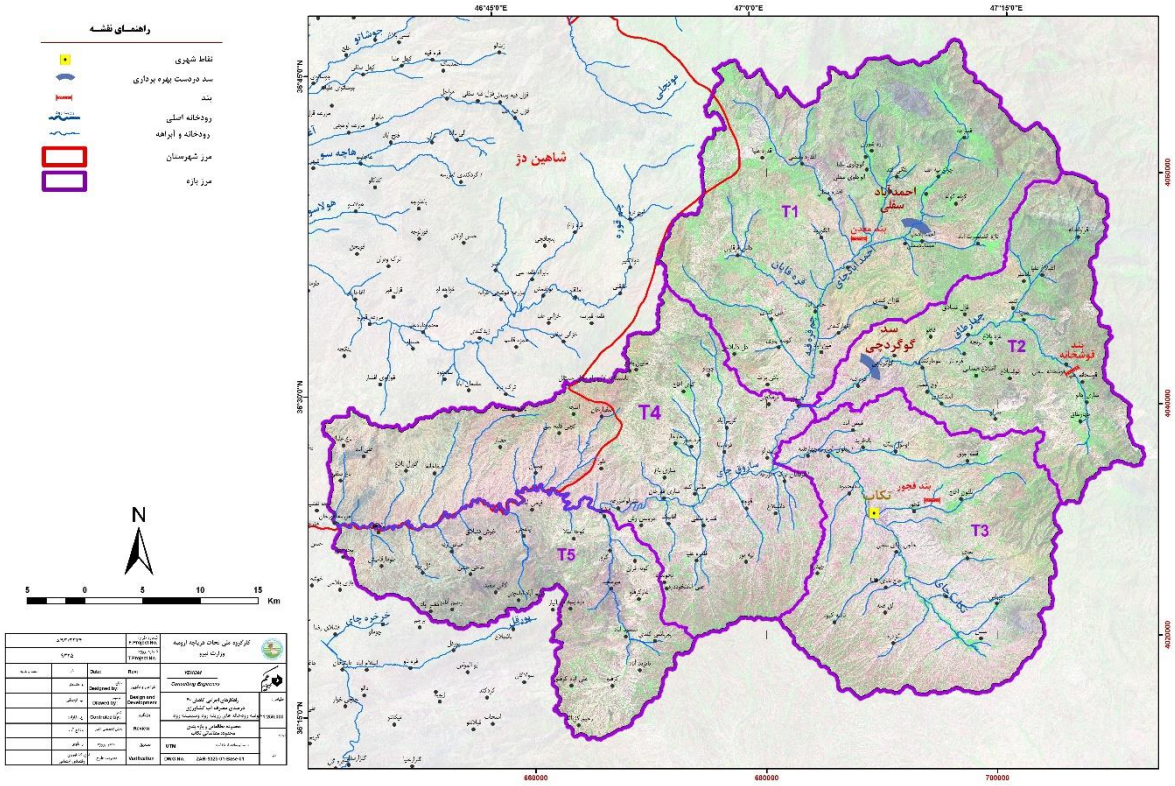
شاخص	وزن شاخص از کل (٪)	مولفه‌ها	وزن مولفه از کل شاخص (٪)	امتیاز روستا از مولفه	درصد امتیاز روستا از شاخص
سیاست‌گذاری	۱۵	سرمایه‌گذاری و پشتیبانی مالی بخش دولتی و خصوصی	۵۰	۳۵	۶۰
		هماهنگی بین نهادها و بخشهای مختلف	۲۰	۱۰	
		تدوین مقررات و برنامههای توسعه گردشگری کشاورزی	۳۰	۱۵	
آموزش و ترویج	۱۰	مشاوره به کشاورزان	۳۰	۲۵	۷۰
		آموزش جوامع محلی	۱۵	۱۰	
		ایجاد تورهای آموزشی گردشگری کشاورزی	۳۵	۲۵	
		تبلیغات و اطلاعرسانی	۲۰	۱۰	
اجتماعی	۱۰	ایجاد نگرش مثبت در مردم روستا برای پذیرش گردشگران کشاورزی	۳۰	۲۵	۷۵
		جلب مشارکت مردم محلی	۲۰	۱۵	
		نیروی کار آموزشدیده	۲۰	۱۵	
		ایجاد نگرش مثبت در مردم برای گردشگری کشاورزی	۳۰	۲۰	
اقتصادی و توسعه بازار گردشگری	۱۵	هزینههای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۰	۶۵
		هزینههای سرمایهگذاری	۳۰	۲۵	
		ایجاد بازارهای مستقیم مزرعه	۱۵	۱۰	

		توسعه تورهای گردشگری کشاورزی	۲۰	۱۰	
		تنوع در فعالیتهای تفریحی وابسته به کشاورزی	۱۵	۱۰	
جاذبههای کشاورزی	۲۵	لذت تجربه کار و مشارکت در مزرعه	۲۰	۱۰	۵۵
		فرصتهای یادگیری کشاورزی	۱۵	۱۰	
		عرضه محصولات ارگانیک	۱۰	۰	
		موزههای کشاورزی	۱۵	۰	
		جشنوارههای کشاورزی و محلی (مانند جشن برداشت گندم)	۲۰	۱۵	
		آیینهای سنتی مربوط به کشاورزی (مانند گلابگیری)	۲۰	۲۰	
جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی	۱۵	جاذبه های فرهنگی و تاریخی (مانند میراث سنتی و خانهباغهای تاریخی)	۳۰	۲۰	۶۵
		چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی	۳۰	۲۵	
		میراث کشاورزی	۴۰	۲۰	
توسعهٔ زیرساختها	۱۰	ایجاد اکولوژهای کشاورزی	۲۵	۲۰	۸۵
		دسترسی به آب، برق، اینترنت و ...	۲۵	۲۵	
		توسعه جادههای روستایی و سیستم حمل و نقل	۲۵	۲۵	
		توسعه خدمات روستایی	۲۵	۱۵	
جمع امتیاز کسب‌شدهٔ روستا (٪)				**۶۵/۲۵**	

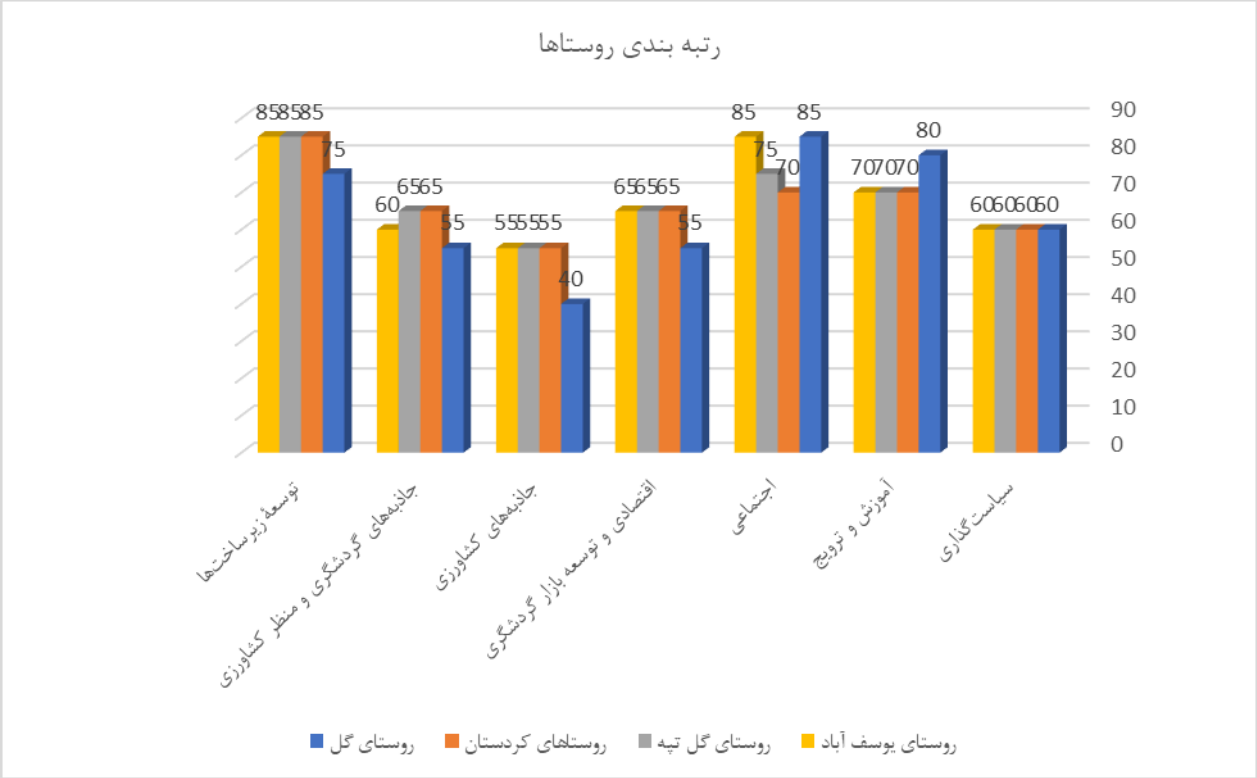
ویژگی‌های خاص روستای منتخب

- ✓ تنوع ساختاری کشاورزی، شامل زراعت، پرورش اسب و پخت نان‌های محلی

- ✓ همجواری روستا با تکاب و مجموعهٔ گردشگری تخت‌سلیمان
- ✓ برخورداری از اقامت‌گاه‌های بوم‌گردی، آمادگی و پذیرش اجتماعی بالا برای گردشگران
- ✓ مراسم آئینی جذاب، رقص‌های محلی و آئین‌های سنتی


راهنمای نقشه
نقاط شهری
سد دردست بهره برداری
بند
رودخانه اصلی
رودخانه و آبراهه
مرز شهرستان
مرز تازه
شاهین دژ
هاجه سو
احمدآباد سفلی
سد گوگردچی
بند قوشخانه
بند فجور
تکاب
T1
T2
T3
T4
T5
N
5 0 5 10 15 Km
46°45'0"E
47°0'0"E
47°15'0"E
38°30'0"N
38°22'30"N
38°15'0"N
4060000
4040000
4020000
660000
680000
700000

رتبه‌بندی تطبیقی روستاهای منتخب در ۳ سایت گردشگری بر اساس مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران در شکل ۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۱. مقایسه امتیاز کسب‌شدهٔ روستاهای منتخب در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه از شاخص‌های هفت‌گانهٔ مدل مفهومی گردشگری کشاورزی (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷).

۹-۷ طراحی و تدوین نقشهٔ راه و برنامهٔ اجرایی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در مناطق منتخب

در بخش‌های پیشین اشاره شد که گردشگری یکی از فعالیت‌های در حال رشد در اقتصاد جهانی محسوب می‌شود؛ در این میان گردشگری روستایی و به تبع آن گردشگری کشاورزی دارای ابعاد وسیع و قابل توجه در این صنعت بوده و مؤلفه مهمی در جهت ارتقای درآمد بخش کشاورزی، فقرزدایی از روستاها، پیشگیری از مهاجرت به شهرها و مشکلات متعدد اقتصادی-اجتماعی و صیانت از فرهنگ بومی و سنتی روستاها است.

بر این اساس، در این گزارش از ظرفیتهای صنعت گردشگری کشاورزی به عنوان یک صنعت پایدار، کمهزینه و موثر اجتماعی– اقتصادی برای کمک به برنامه احیاء دریاچه ارومیه استفاده شده است. در این طرح، به طور اختصاصی از ظرفیتهای این صنعت به عنوان یک مؤلفه مهم برای کمک به ارتقای درآمد کشاورزان و معیشت مکمل در کشاورزی در شرایط کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی به عنوان اصلیترین راهکار پایدار احیاء دریاچه ارومیه در نظر گرفته شده است و نقشه راه و برنامه عملیاتی برای استقرار و توسعه آن متناسب با ساختار و اهمیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه که با وسعتی در حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع ۱۱٪ مساحت حوضه را به خود اختصاص داده، ارائه میشود.

دریاچه ارومیه بین استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان‌شرقی و کردستان در قلب حوضه آبریز دریاچهٔ ارومیه واقع بوده و به دلیل خشک شدن تدریجی به یکی از بحرانهای زیستمحیطی جدی در کشور تبدیل شده است. این حوضه با وسعت تقریبی ۵۱۷۶۰ کیلومتر مربع در ناحیه کوهستانی شمال غرب ایران و بین استان‌های آذربایجان غربی (۴۲٪ مساحت حوضه)، آذربایجان شرقی (۳۷٪ مساحت حوضه) و کردستان (۱۰٪ مساحت حوضه) واقع شده است. این حوضه یکی از پرآب‌ترین و بزرگ‌ترین حوضه‌های آبریز داخلی (بسته) ایران محسوب می‌شود. دریاچه ارومیه در کانون این حوضه واقع شده و محل جمع‌آوری آبهای سطحی کل حوضه است. رودخانه‌های متعددی از اطراف وارد دریاچه ارومیه می‌شوند که می‌توان به رودخانه‌های بزرگی مانندآجی‌چای، قلعه‌چای، صوفی‌چای، زرینه‌رود، سیمینه‌رود، گدارچای، مهابادچای، باراندوزچای، نازلوچای، شهرچای و زولاچای اشاره نمود.

مصوبهٔ کاهش ۴۰درصدی مصرف آب بخش کشاورزی به عنوان اصلیترین راه حل احیاء دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۵ توسط کارگروه ملی و برمبنای اصول علمی و منطبق بر شاخصهای توسعه پایدار آب و تعادل اکوسیستم تعیین شده است و به عنوان مسئولیت ذینفعان بخش کشاورزی برای تعادلبخشی منابع و مصارف آب و به عنوان اصلیترین راهکار پایدار احیا، تثبیت شرایط اکولوژیک دریاچه ارومیه، جلوگیری از خشکی آن از طریق تامین آب کافی از منابع داخلی حوضه بر مبنای شاخصهای توسعه

پایدار است. ارائه نقشه راه توسعه گردشگری کشاورزی منطبق بر توان و ظرفیت‌های اگرواکولوژیک، دانش بومی، ظرفیتهای موجود، مشارکت و اجماع سازمانیافته ذینفعان محلی هدف اصلی این فصل از مطالعات است تا بر اساس این نقشه راه، فرایند توسعه این صنعت پایدار به عنوان یک مؤلفه درکنار سایر الگوهای معیشتی موثر در تثبیت و ارتقای معیشت خانوار کشاورزی و به عنوان پیشنیاز دستیابی به کاهش ۴۰درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی محقق شود.

بر اساس مطالعات ستاد احیاء دریاچه ارومیه درسال ۱۳۹۵، کشاورزی با سطحی حدود ۵۰۰ هزار هکتار مهمترین منبع درآمد، معیشت و اشتغال در حوضه دریاچه ارومیه است که بخش بزرگی از آن (بیش از ۹۰٪) در قالب نظام خردهمالکی و روستایی مستقر است. بخش کشاورزی با سهم ۱۵درصدی از تولید ناخالص داخلی، سهم حدود۳۰ درصدی در اشتغال داشته و ۸۹٪ از ۴۸۲۵ میلیون مترمکعب آب حوضه را مصرف میکند.

نظام بهرهبرداری دراین محدوده در اشکال متنوع ولی با اکثریت مبتنی برخردهمالکی در مزارعی باخصوصیات، شکل، ابعاد، مساحت و ساختار متفاوت و پیچیده، در معرض ریسک، با اکثریت بهرهبرداری روستایی با میانگین مالکیت زیر یک هکتار است. معیشتی ناپایدار با میانگین درآمدی متنوع محصولی سالانه حدود ۵۰ میلیون ریال در هکتار و مبتنی بر نظام روستایی گستردهشده در صدها روستا و آبادی، از ویژگیهای این محدوده است. ساختار موجود نظام بهرهبرداری در محدوده ارومیه، نظام نوع سوم، به معنای پیچیده، در معرض ریسک و متنوع، با مالکیت خصوصی فردی و شامل ترکیب متنوعی از محصولات زراعی یک تا چند ساله زراعی با پوشش سطح حدود ۷۰درصدی محصولات زراعی با اولویت کاشت گندم، جو، یونجه، چغندرقند و سطح ۳۰ درصدی محصولات باغی با ترکیبی با اولویت سیب و انگور است. الگوی زراعت آبی این محدوده عمدتاً گندم، جو، یونجه، چغندر قند و تا حدودی گوجهفرنگی و الگوی باغی عمدتاً شامل سیب و انگور است. پایین بودن بهرهوری و ناپایداری در توسعه کشاورزی، علاوه بر فشار بیشتر بر منابع آب موجب تهدید منابع طبیعی و تنوع زیستی شده و باعث خروج جمعیت شاغل از بخش کشاورزی در روستاها و فشار برای ورود به بخش عمومی و افزودن هزینه‌های دولت و پیامدهای اجتماعی حاصل از بیکاری و افزایش مهاجرت و خالی شدن روستاها شده است (مطالعات مشاور یکم در حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۵).

بر همین اساس و با توجه به اثربخشی بخش کشاورزی در روستا و نیز ضرورت پایداری زیستی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ضرورت همسوسازی فعالیتهای کشاورزی با اصول حفاظت از اکوسیستم دریاچه ارومیه بر پایهٔ توسعهٔ پایدار کشاورزی برای ارتقای بهرهوری و فعالسازی سایر زنجیرههای

اقتصادی، فرهنگی و اجتماعیِ سودآور مرتبط با کشاورزی روستایی ضروری است تا حرکت در مسیر توسعه پایدار روستایی به صورت ساده و کمهزینه و با تکیه بر ویژگیهای بومی و ساختارهای درون‌زا صورت گیرد.

تحقق این هدف، منوط به استقرار بستر و سازمان کار محلی برای تکمیل زنجیرههای ارزش اقتصادی کشاورزی با تاکید بر ظرفیت‌های محلی است تا به صورت ساده، کمهزینه، پایدار و مردمی و به صورت نظام‌مند تبیین و پیگیری شوند. با توجه به ظرفیت‌ها و ساختار زیستمحیطی، اقتصادی و اجتماعی حاکم، گردشگری کشاورزی به عنوان یکی از مؤلفههای مهم برای کمک به کاهش فشار به منابع طبیعی، افزایش درآمد، ارتقای سیستم عرضه محصولات روستایی در بازار و افزایش اشتغال جدید در جهت کاهش فشار بر منابع تولید، از جمله مصرف آب است. گردشگری روستایی و به تبع آن گردشگری کشاورزی دارای ابعاد وسیع و قابل توجه در این صنعت و مؤلفه مهمی در جهت فقرزدایی از روستاها و جلـوگیری از مهاجرت به شهرها و مشکلات متعدد اقتصادی اجتماعی، همچنین حفظ فرهنگ بومی و سنتی روستاها است.

تبیین نقشهٔ راه گردشگری پایدار کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

طراحی و تبیین نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی بر پایهٔ نقشهٔ راه اصلی برنامهٔ احیاء حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه صورت گرفته است. در این نقشهٔ راه، گردشگری کشاورزی به عنوان یک ابزار مهم برای کمک به تحقق کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی تبیین شده است.

با توجه به این امر، نقشهٔ راه برنامهٔ گردشگری کشاورزی در راستای اهداف برنامهٔ احیاء دریاچهٔ ارومیه بر پایهٔ ۹ اصل کلیدی ذیل تبیین و ارائه می‌شود:

اصل ۱ از منظر مبانی توسعه پایدار و اصول اکولوژی، راهکار پایدار احیا و تثبیت شرایط اکولوژیک دریاچه ارومیه و جلوگیری از خشکی آن، تامین آب کافی از منابع داخلی حوضه است؛ پایدارترین راهحل تأمین آبِ درون حوضهای، تعادلبخشی بین منابع و مصارف آب بر پایهٔ شاخصهای توسعه پایدار است.

اصل ۲ در حال حاضر حدود ۷۰٪ از کل آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه مصرف میشود؛ با توجه به مصرف ۸۷درصدی منابع آب حوضه آبریز ارومیه در بخش کشاورزی و بهرهوری پایین آب در این بخش، اصلیترین راهکار تعادلبخشی منابع درون حوضهای برای احیاء دریاچه ارومیه، کاهش ۴۰

درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی است. با ۴۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی، حدود ۱۷۰۰ میلیون متر مکعب مصرف آب این بخش کاهش می‌یابد.

اصل ۳ از منظر عملیاتی، پیادهسازی راهکارهای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی، به دلیل ساختار نوع سومی کشاورزی حوضه ارومیه (یعنی نظام بهرهبرداری معیشتی، خردهمالکی، در معرض ریسک اقتصادی و عدم ثبات معیشت و رفاه خانوار، متنوع، پیچیده و مبتنی برتولیدات روستایی)، به شدت به پذیرش اجتماعی، مشارکت و ایفای نقش جوامع محلی وابسته است.

اصل ۴ از منظر اجتماعی– اقتصادی، مهمترین مؤلفه برای مشارکت پایدار کشاورزان در کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و تخصیص آن به دریاچه ارومیه، تضمین و بهبود درآمد خانوار و تثبیت معیشت کشاورزان در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب در بخش کشاورزی است. یعنی اقدامات مرتبط به کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در صورتی با پذیرش و مشارکت آگاهانهٔ کشاورزان همراه است که در آن معیشت و درآمد خانوار کشاورزان و ارزشهای اجتماعی حاصل از مالکیت و اشتغال در کشاورزی تثبیت شده باشد.

اصل ۵ تحقق مشارکت مردمی در برنامه احیاء دریاچه ارومیه در بخش کشاورزی، منوط به تثبیت معیشت در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب کشاورزی است. بنابراین، راه حل ممکن برای تثبیت معیشت، ازطریق توانمندسازی ذینفعان در ارتقای بهرهوری اقتصادی در بخش کشاورزی (ارتقای سودمندی اقتصادی در واحد سطح همسو با مؤلفههای زیستمحیطی و اجتماعی) است.

اصل ۶ هنگامی که ظرفیت‌ها، ساختار متنوع، خردهمالکی و معیشتی بخش کشاورزی به صورت یکپارچه و منطقهای مورد تحلیل اقتصادی قرار میگیرد، ارزش اقتصادی تقریباً غیر قابل جایگزینی به دست میآید که این ارزش با هیچ یک از راهکارهای معیشت جایگزینِ خارج از حیطهٔ کشاورزی قابل جبران نخواهد بود؛ بنابراین فعالسازی ظرفیتهای بومی برای ارتقای درآمد، پایدارترین راه برای ارتقای معیشت در شرایط کاهش ۴۰درصدی مصرف آب بخش کشاورزی است.

اصل ۷ برای تثبیت درآمد کشاورزان در شرایط کاهش ۴۰درصدی مصرف آب، استقرار زنجیرههای ارزش فعالیتهای کشاورزی پایدار با تاکید بر ظرفیت‌های محلی ضروری است.

اصل ۸ در مبانی توسعهٔ پایدار کشاورزی و توسعهٔ پایدار روستایی، گردشگری کشاورزی به عنوان یکی از مؤلفههای مهم برای کمک به تثبیت اشتغال، افزایش درآمد، ارتقای سیستم عرضهٔ محصولات روستایی در بازار و افزایش اشتغال جدید در جهت کاهش فشار بر منابع تولید از جمله مصرف آب مطرح است.

گردشگری روستایی و به تبع آن گردشگری کشاورزی دارای ابعاد وسیع و قابلتوجه در این صنعت و مؤلفه مهمی در جهت فقرزدایی از روستاها و جلـوگیری از مهاجرت به شهرها و مشکلات متعدد اقتصادی اجتماعی و نیز صیانت از فرهنگ بومی منطقه است.

اصل ۹ برای تحقق این هدف، طراحی نقشهٔ راه علمی و عملی در چارچوب اصول توسعه پایدار کشاوری و روستایی متناسب با ساختار و ظرفیت‌های محلی و اگرواکوسیستمی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، ضروری است تا بتواند به شکلی نظام‌مند موجب توسعهٔ ساده،کمهزینه، پایدار و مردمی این صنعت شود.

بر اساس این اصول نُهگانه، در این بخش فرایند پیادهسازی توسعه گردشگری کشاورزی در چارچوب اصول کشاورزی پایدار و توسعه پایدار روستایی با تاکید بر فعالسازی زنجیرههای ارزش اقتصادی محلی و با تاکید بر سازمان کار محلی برای کمک به معیشت خانوار کشاورزی در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب به صورت یک برنامه عملیاتی ارائه شده و سایتهای پایلوت آن در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نیز با هدف الگوسازی و ظرفیتسازی این برنامه پیشنهاد شده است.

چارچوب مفهومی نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

در این پروژه، طراحی نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه بر پایهٔ یک چارچوب مفهومی جامع مبتنی بر ۳ مؤلفهٔ الف) توانمندسازی ذینفعان، ب) مشارکت جامعهٔ محلی، و ج) برنامهریزی منطقهای بر مبنای زنجیرهٔ ارزش کشاورزی پایدار بنا شده است که تلفیقی از ۳ مؤلفه کلیدی زیر است:

استقرار صنعت گردشگری کشاورزی به عنوان یک فعالیت اقتصادی مکمّل در بخش کشاورزی (کشاورزی فعال) که منجر به درآمد مکمل برای خانوار کشاورز محسوب میشود تا از این طریق فشار بر منابع حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، به ویژه منابع آب کاسته شود.

استقرار گردشگری کشاورزی در چارچوب یک فرایند جامع و به عنوان یک حلقه و بخشی از زنجیرهٔ گردشگری پایدار در راستای هدف اصلی توسعه پایدار کشاورزی در بستر توسعهٔ پایدار روستایی پیاده میشود تا موجب توانمندسازی و مشارکت ذینفعان برای همسوسازی فعالیتهای بخش کشاورزی با اصول حفاظت از پایداری و صیانت از کارکردهای اکوسیستمی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه شود.

استقرار صنعت گردشگری کشاورزی بر اساس ظرفیت‌ها و داراییهای گردشگری محلی و همسو با ساختارهای اجتماعی و فرهنگی و آیینی حوضه دریاچه ارومیه و با تاکید بر برنامهریزی خودگردان محلی و بر اساس قابلیتهای تاریخی، اجتماعی و فرهنگی، مذهبی و تفریحی مطابق با انگیزههای گردشگران صورت میگیرد تا منافع آن به صورت پایدار نصیب جامعه محلی شود.

بر همین اساس، تبیین نقشه راه گردشگری کشاورزی در این پروژه بر اساس مبانی گردشگری مسئولانه و به عنوان مکمل برای تثبیت معیشت در شرایط کمآبی بخش کشاورزی و ارتقای درآمد کشاورزان در ساختار روستایی و خردهمالکی کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه بر پایهٔ چارچوب مفهومی مشخصی که در مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران در بخش‌های پیشین این گزارش به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت طراحی شده است. این نقشه راه بر پایهٔ تعاریف جامع مورد قبول، از جمله تعریف گردشگری کشاورزی به عنوان یک فعالیت اقتصادی مکمل در بخش کشاورزی فعال و نیز تعریف اتحادیهٔ بینالمللی اکوتوریسم (TIES) از اکوتوریسم و تجربیات ملی در زمینه گردشگری پایدار استوار است.

همین جا لازم به تاکید چندباره بر این موضوع است که در پروژهٔ حاضر و بر اساس دیدگاه مجری، که همسو با دیدگاه بسیاری از متخصصان و نیز سیاست‌گذاران، تصمیم‌سازان و ذینفعان حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه بوده است، گردشگری کشاورزی به عنوان معیشت مکمل برای کشاورزان تعریف و تبیین شده است و نه معیشت جایگزین فعالیت‌های کشاورزی. در فصل اول این گزارش، اشاره شد که دو نگاه به گردشگری کشاورزی در دنیا وجود دارد: فعالیتِ اقتصادی به عنوان الف) مکمّل فعالیت کشاورزی، و ب) جایگزین فعالیت کشاورزی. برای حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، مقرر است گردشگری کشاورزی مکمّلی بر فعالیت‌های کشاورزی باشد و نه جایگزین آن. سیاست کاهش ۴۰درصدی مصرف آب بخش کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه زمانی به شکل پایدار و موفق محقق خواهد شد که سبک اقتصادی کشاورزی‌محور ساکنان آن منطقه دستخوش تلاطم و بی‌ثباتی نشود. قطعاً چنانچه در برنامه‌ریزی‌های کلان و درازمدت قرار باشد توسعهٔ اقتصادی صنعتی و توسعهٔ فعالیت‌های خدماتی در این منطقه در اولویت قرار بگیرد، آن گاه می‌توان به گردشگری کشاورزی به عنوان گزینه‌ای برای جایگزینی با کشاورزی اندیشید. اما، مادام که محوریت معیشت و اقتصاد و اشتغال در این منطقه در برنامه‌ریزی‌های کلان کشوری و ملی بر کشاورزی باشد، گردشگری کشاورزی نیز به عنوان مکمل در خدمت فعالیت‌های کشاورزی خواهد بود. افزون بر این، تجارب موفق دنیا نشان می‌دهد گردشگری کشاورزی زمانی موفق، درآمدزا و پایدار است که در کنار سامانه‌های فعال کشاورزی به حیات خود ادامه دهد. سوم، تجارب

سراسر دنیا، و از آن مهم‌تر ایران نشان می‌دهد هر زمان و در هر منطقه که فعالیت کشاورزی به هر دلیل رها شود، ازسرگیری دوبارهٔ آن ناممکن و یا بسیار دشوار و متضمن صرف هزینه‌های فراوان است. بر همین اساس، در این پروژه، گردشگری کشاورزی به عنوان مکمّل، و نه جایگزین فعالیت‌های کشاورزی در نظر گرفته شده است.

استقرار گردشگری کشاورزی در این چارچوب بر پایهٔ ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیستمحیطی شکل گرفته است که شاخص‌های اصلی تعیینکنندهٔ آن در جدول ۱۷ تشریح شده و بر اساس این شاخصها، چارچوب مفهومی استقرار گردشگری کشاورزی شکل گرفته است.

جدول ۱۷. شاخصهای اصلی در طراحی و تبیین نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

ابعاد	شاخص
کشاورزی و محیط طبیعی	مجتمعها، مراکز و مجموعههای تلفیقی کشاورزی
	موزههای کشاورزی
	تولیدات برند طبیعی، مرتعی، جنگلی و گیاهان دارویی
	مزارع تولید محصولات با موقعیت جغرافیایی خاص
	مزارع تولید محصولات با برند تجاری و با ارزش
	مزارع تولید محصولات زینتی
	مزارع تولید محصولات ارگانیک و سلامتمحور
	صنایع ویژهٔ تبدیلی، فراوری و نگهداری
	جشنوارهها و نمایشگاهها و بازارهای روز کشاورزی
	ابزار و صنایع دستی مربوط به کشاورزی
	چشماندازهای طبیعی و اکوسیستمی
	سازگاری اقلیمی
	مزارع فعال کشاورزی/ دامی شیلات و آبزیان
اجتماعی	آئینهای سنتی و مذهبی مرتبط با کشاورزی
	نجارب بومی و ناب کشاورزی
	نظامهای سنتی واجتماعی تولید محصول
	میراث سنتی و خانههای تاریخی کشاورزی
	سامانههای مدیریت سنتی در کشاورزی
	سامانههای باستانی در کشاورزی
	پیشروان و رهبران محلی
	تشکلها و سامانههای اجتماعی
	پذیرش و باور فرهنگی

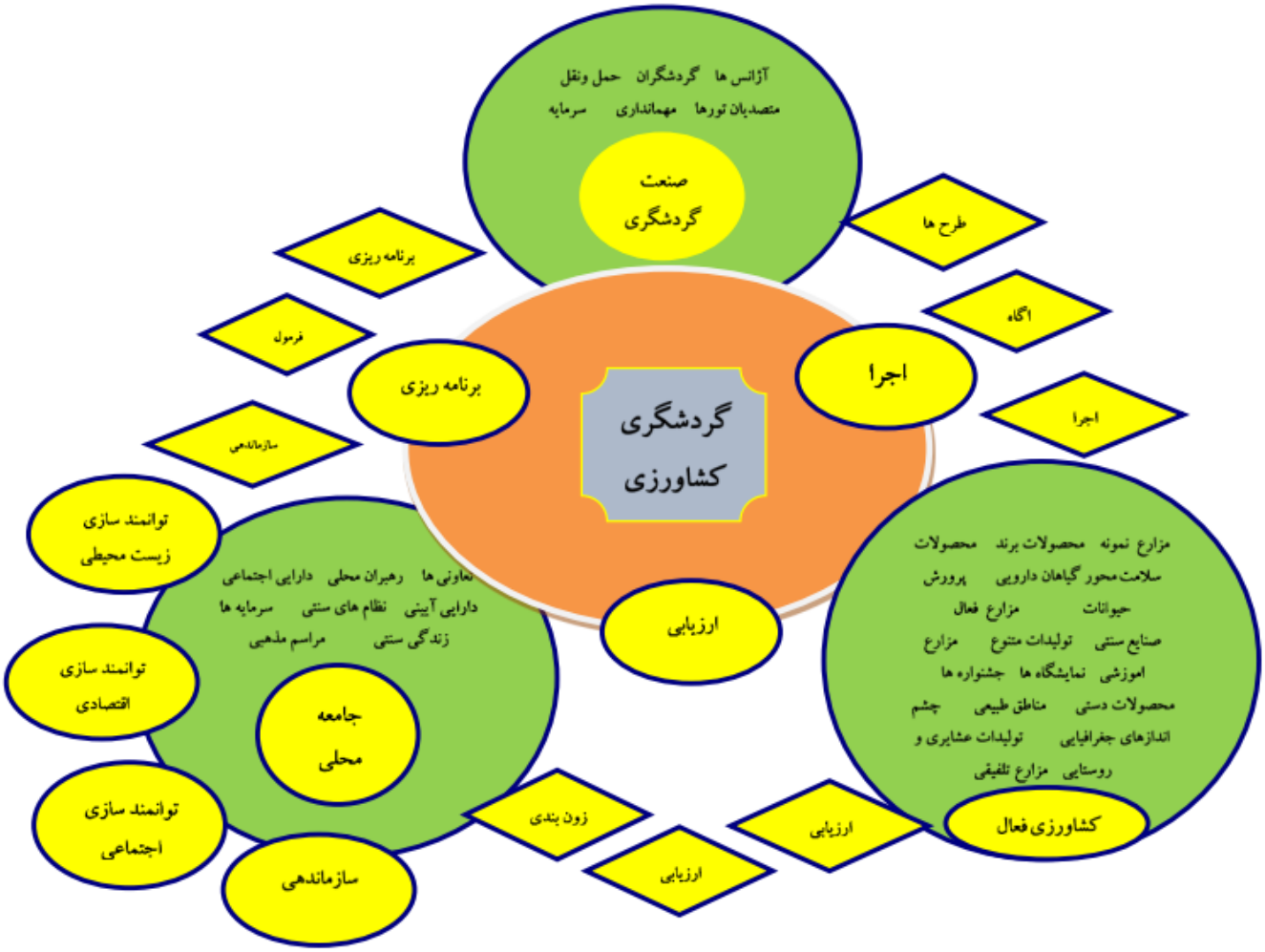
	امنیت اجتماعی
	رهبران محلی
	تجربه و دانش بومی
	نیروی فعال
	پشتوانه هنجاری
	نیروی انسانی فعال
	نیروی کار آموزشدیده
	وجود راههای ارتباطی مناسب
صنعت گردشگری	برخورداری از زیرساخت‌های اساسی و حملونقل
	برخورداری از خدمات اجتماعی
	سهولت دسترسی
	برخورداری از ابزارهای اولیه فعالیت
	دسترسی به سرمایه
	دسترسی به تسهیلات مالی
	دسترسی به منابع تولید
	وجود فرصتهای اقتصادی مناسب
	گردشگران
	نهادها و موسسات گردشگری

فرایند استقرار گردشگری کشاورزی بر پایهٔ ابعاد سهگانه و با تاکید برتوانمندسازی محلی شکل گرفته است. ایدهٔ اصلی در این چارچوب، ارتقای توان بالقوه خودیاری مردم محلی از طریق توانمندسازی آنها برای به عهده گرفتن نقش فعال در برنامه‌ریزی پروژه و تصمیم‌گیری است. بدین طریق حس مالکیت اجتماع بر پروژه افزایش می‌یابد و این امر، پایداری پروژه را افزایش می‌دهد. اصول مهمی که موفقیت فعالیت‌ها منوط به رعایت آنهاست عبارتند از:

- ✓ دخالت آگاهانه و مشارکت مردم محلی
- ✓ ملاحظه و رعایت ارزش‌های بومی
- ✓ انتخاب و اجرای رهیافت‌های جامع
- ✓ ظرفیت‌سازی در بدنه تشکلهای روستایی
- ✓ ارائه حمایت‌های بیرونی برای ایجاد خوداتکایی مردم محلی
- ✓ شناخت دقیق ظرفیت‌های بالقوه در جامعه محلی

- ✓ انگیزش نیروها
- ✓ تسهیلگری حرفهای
- ✓ یکپارچه‌سازی طرحها و فعالیت‌ها
- ✓ اعتمادسازی
- ✓ شناخت دقیق دستاوردهای گذشته
- ✓ تجهیز و فعال‌سازی منابع داخلی

بر اساس این شاخصها چارچوب مفهومی نقشهٔ راه توسعهٔ گردشگری کشاورزی بر پایهٔ ابعاد سهگانه و با تاکید بر توانمندسازی جوامع محلی به شکل ۳۲ صورت گرفته است:



شکل ۳۲. مولفه‌های شاخص‌های سه‌گانهٔ موثر (گردشگری، کشاورزی فعال، جامعهٔ محلی) در تبیین نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی در ایران

بر اساس این چارچوب، روش اجرای کار در برنامهٔ اقدام بر مبنای توانمندسازی و برنامهریزی منطقهای در پهنههای مشخص با تاکید بر انسجام سازمانی، افزایش مهارتهای مبتنی بر چرخهٔ اطلاعات و شبکهسازی محلی محقق میشود. مهمترین اقدام این برنامه "توانمندسازی و دخالت آگاهانهٔ جوامع محلی، بهویژه در بخش روستایی" است. ماهیت اصلی این سامانه، ارتقای مهارت کشاورزان از طریق فعالسازی ظرفیت‌های محلی، دخالت آگاهانه ذینفعان و کاربست دانش و آگاهی کشاورزی اکولوژیک، داراییها و تجربیات بهرهبرداران است.

این مدل برای اقدام سیستمی در پهنههای مشخص برای سازماندهی محلی، ارزیابی داراییها، برنامهریزی مشارکتی و استقرار زنجیرههای گردشگری کشاورزی طراحی شده است. این فرایند از طریق مجموعه اقدامات نظام‌مند برای استقرار مبتنی بر دانش و اطلاع‌رسانی موثر، توانمندسازی، سازماندهی، ایجاد انسجام سازمانی (دولت– تشکلها– مردم) صورت میگیرد. روش‌شناسی این طرح بر مبنای رویکرد برنامهریزی منطقهای و بر پایهٔ توانمندسازی و مشارکت جامعه محلی استوار است که بر این اساس روش کار مشخصی درچارچوب راهبردهای تحولی مشارکت کشاورزان در استقرار کشاورزی پایدار در ساختار خردهمالکی (نظام غالب بهرهبرداری حوضه دریاچه ارومیه) و بر پایهٔ اصول کلی توسعه پایدار روستایی و توسعه روستایی بوم‌سازگار است. به عبارت دیگر، نقشه راه توسعهٔ گردشگری کشاورزی بر بنیان داراییها، ظرفیتها و برنامهریزیهای خودگران محلی در قالب برنامهریزی مشارکتی سیستمی استوار است که بخشها و نهادهای دولتی وظیفه پشتیبانی و تسهیل استقرار این فرایند را بر عهده دارند. شاخص مهم در این نقشه راه، تبیین گردشگری کشاورزی به عنوان یک جزء از فرایند کل و حلقهای از زنجیره ارتقای معیشت و درآمد مبتنی بر راهبرد توسعه پایدار کشاورزی و روستایی است. در این نقشه راه، توسعه گردشگری کشاورزی بر پایهٔ دو اصل توانمندسازی و برنامهریزی محلی در فرایند توسعه کشاورزی پایدار استوار است. بر این اصل، چارچوب مفهومی این نقشهٔ راه بر ترکیب تلفیقی از اضلاع

۱) داراییهای کشاورزی، محیطی طبیعی و چشماندازهای تنوع زیستی،

۲) داراییها و ظرفیتهای اقتصادی و اجتماعی جامعه محلی، و

۳) ابزار و ظرفیتهای صنعت گردشگری.

فرایند پیادهسازی این چارچوب مفهومی نیز بر دو اصل برنامهریزی منطقهای و توانمندسازی جامعه محلی استوار است تا از این طریق منافع بالقوه گردشگری کشاورزی نصیب دریاچه و جوامع شود. با توجه به اهمیت دو مقوله برنامهریزی منطقهای و توانمندسازی جوامع محلی در چارچوب مفهومی ارائهشده در این پروژه، نقشه راه توسعه گردشگری کشاورزی بر مدل سیستمی برنامهریزی مشارکتی و توانمندسازی جامعه محلی استوار است. نکتهای که این چارچوب بر آن تأکید دارد این که گردشگری کشاورزی با توسعه جوامع محلی و مردم آن پیوند بخورد و در حقیقت مکمل ارتقای معیشت و رفاه این کشاورزان باشد؛ بنابراین در این چارچوب مفهومی، ضمن تاکید بر بعد زیستمحیطی، به دو بعد دیگر، یعنی توانمندسازی اجتماعی و اقتصادی نیز تاکید دارد. بر اساس چارچوب مفهومی نقشه راه و فرایند استقرار گردشگری کشاورزی برمبنای برنامهریزی محلی، آموزش و تغییر در نگرش، نهادسازی محلی، توانمندسازی و فعالسازی زنجیرههای گردشگری در چارچوب ساختارهای منطقهای (سایت گردشگری) متناسب با توان اکولوژیک هر حوضه آبی در دریاچه ارومیه است.

بر اساس این نقشه راه، گردشگری کشاورزی پایدار در داخل یک مجموعه پایدار توسعه کشاورزی و روستایی و بر اساس پتانسیلها، ظرفیتها، داراییها و سرمایههای موجود در بخش کشاورزی در جامعه روستایی طراحی میشود. تدوین نقشه راه گردشگری کشاورزی بر پایهٔ شاخص اصلی توسعه پایدار کشاورزی صورت گرفته است. این شاخص، ضوابط اصلی برای تعریف گامهای استقرار گردشگری کشاورزی است تا اطمینان حاصل شود فعالیتها، محصولات، فرایندها و خدمات با مقاصد مورد نظر برنامه احیاء دریاچه ارومیه درتناسب است. شاخصهای اصلی برای استقرار گردشگری کشاورزی در این پروژه عبارت است از:

- ✓ مشارکت اجتماعی و ساماندهی مدیریت محلی مبتنی بر ساختار زیستبوم.
- ✓ اصل تسهیم (آستانه معیشت/ محیط زیست) بر اساس صرفه اقتصادی و بهبود کیفیت خانوار روستایی و سایر ذینفعان.
- ✓ بعد انسانی و مدیریت پایدار کاهش آسیبپذیری انسانی.
- ✓ پایداری در سیستمهای محیط زیست.

۱۰-۷ ظرفیتسازی افراد و نهادهای محلی برای ایجاد و گسترش گردشگری کشاورزی در روستاهای منتخب حوضه

برنامه‌های گردشگری پایدار کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با توجه نتایج حاصل از ظرفیتسازیهای نهادی و میدانی صورتگرفته در سطح ذینفعان مختلف دولتی، غیر دولتی و بهرهبرداران محلی که در قالب برنامههای گوناگون در حوضه آبریز دریاچه اورمیه در موضوع ترویج و توسعهٔ کشاورزی پایدار و گردشگری کشاورزی صورت گرفته، طراحی شده است. از جمله این ظرفیتسازیها و نهادسازی میتوان به اقدامات صورتگرفته در برنامه جامع ترویج، آموزش ومشارکت کشاورزان مبتنی بر راهبرد IPCM در حوضه سیمینهرود و زرینهرود اشاره داشت که با پشتیبانی ستاد احیای دریاچه ارومیه، معاونت ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی و استانداری استانهای کردستان، آذربایجان غربی و شرقی در حوضه دریاچه ارومیه صورت گرفته و ظرفیت و نهادسازی مناسبی برای کمک به توسعه گردشگری کشاورزی در حوضه ایجاد شده است.

ساختار و فرایند ظرفیت‌سازی صورتگرفته در این برنامه به شرح ذیل است:

۱) برگزاری کارگاه ظرفیت‌سازی، هماندیشی و اجماع بین بخشی در سطح مدیران دستگاههای مرتبط با برنامه (جهاد کشاورزی، استانداری، آب منطقهای، محیط زیست، منابع طبیعی) با هدف اجماع فنی و اجرایی و ایجاد سازمان کار اختصاصی برنامه.

۲) برگزاری کارگاه آموزشی و ظرفیت‌سازی برنامه در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستانها با هدف نهادسازی، ایجاد سازمان کارمحلی و ظرفیت‌سازی اجرایی ویژهٔ مسئولان فنی و اجرایی بخشهای اجرایی مرتبط با موضوع (محیط زیست، منابع طبیعی، آب منطقهای، جهاد کشاورزی، فرمانداری و ... در محدوده مطالعاتی).

۳) برگزاری کارگاههای آموزشی تربیت مربیان محلی برنامه، شامل کارشناسان دولتی و غیر دولتی در محدوده مطالعاتی به عنوان تیم کاری اجرایی برنامه.

۴) ظرفیت‌سازی برای ایجاد ساختار تشکیلاتی اختصاصی برای راهبری گروهی برنامه در جهاد کشاورزی استان.

۵) برگزاری کارگاههای ظرفیت‌سازی و نهادسازی مشارکتی در سطح جوامع محلی در روستاهای منتخب برنامهٔ کشاورزی پایدار و گردشگری کشاورزی پایدار.

توانمندسازی و دخالت آگاهانه جوامع محلی به ویژه در بخش روستایی و کشاورزان کوچک در چارچوب استقرار برنامه مدیریت موثر آب در سطح مزارع، سازماندهی و بسترسازی قبل و بعد از استقرار بسته مدیریت موثر، مستندسازی و اطلاعرسانی هدفمند مهمترین اقدام برنامه ترویج کشاورزی پایدار بوده است. ماهیت اصلی این سیستم ترویجی، ارتقای مهارت کشاورزان در مدیریت صحیح مزارع برای کاهش مصرف آب کشاورزی با تاکید بر تثبیت درآمد در واحد سطح، مدیریت صحیح منابع طبیعی و انرژی، حفظ محیط زیست و بهبود کیفیت محصولات از طریق فعالسازی پتانسیلهای محلی، دخالت آگاهانه ذینفعان و به کارگیری دانش و آگاهی کشاورزی اکولوژیک، تجربیات بهرهبرداران و یافتههای تحقیقاتی است تا بر این اساس فرایند کاهش تقاضای مصرف بر پایهٔ عملیات به‌زراعی صورت گرفته و با تاکید بر این موضوع، سازماندهی محلی برای مشارکت مردم در استقرار راهکارهای حاکمیت آب صورت گیرد.

این برنامه در قالب برنامه‌ای میان‌بخشی (وزارت نیرو و جهاد کشاورزی) و متشکل از مجموعه اقدامات به‌هم پیوستهٔ اطلاع‌رسانی، آموزشی، ترویجی، مشارکتی، فنی و اجرایی است که در قالب یک بستهٔ یکپارچهٔ تخصصی ترویجی، برای مدیریت آب در کشاورزی طراحی شده است. اقدامات و تاکتیک‌های ترویجی در این برنامه شامل مجموعه‌ای از فنون کلاسیک، روش‌های ترویج مزرعه‌ای

مشارکتی و روش‌های تسهیل‌گری حرفه‌ای (تاکتیک‌ها و ابزارهای مشارکتی برای اعتمادسازی، سازماندهی گروه‌های محلی، اعمال مدیریت مشارکتی سیستمی، تحقق انسجام سازمانی بین دولت– مردم– تشکل‌ها و سازماندهی گروه‌های کاری مردمی) است که برای استقرار راهکارهای فنی شامل مجموعه‌ای از روش‌های سازه‌ای، مدیریتی و حاکمیتی در چارچوب اصول کشاورزی مسئولانه (برای ایجاد شرایط پایدار بر پایهٔ اصول کشاورزی پایدار) با اتکا بر امکانات موجود صورت می‌گیرد. استقرار اهداف فنی برنامه از طریق انسجام سازمانی، سازماندهی ذینفعان، توانمندسازی، آموزش، ارتقای مهارت و کارِ گروهی مبتنی بر چرخه اطلاعات و توسعه فناوری در چارچوب یک مدل مدیریت مشارکتی سیستمی بر اساس شرایط هر زون آبی در سه سطح کانون مدیریتی (حوضه آبی)، پهنه‌های عملیات ترویجی (زون‌های اصلی آبی) و سایت‌های اجرایی (زیرزون‌های آبی) بر اساس توان و ظرفیت‌های موجود در سطح محلی پیاده می‌شود.

نمونه‌ای از کارگاههای ظرفیت‌سازی و اجماع سازمانی در ذینفعان اصلی برنامه، شامل دستگاه‌های مختلف موثر در توسعه کشاورزی پایدار، استان کردستان

نمونه‌ای از کارگاه‌های ظرفیت‌سازی و آموزش ویژه کارشناسان اجرایی محلی در برنامه ترویج و توسعه کشاورز ی پایدار، استان کردستان.

نمونه‌ای از کارگاههای ظرفیت‌سازی و آموزش عملی ویژه عوامل محلی در برنامه ترویج و توسعه کشاورزی پایدار، استان کردستان.

نمونهای از کارگاههای ظرفیت‌سازی و آموزش عملی ویژه عوامل محلی در برنامه ترویج و توسعه کشاورزی پایدار، استان کردستان.

نمونه‌ای از کارگاههای ظرفیت‌سازی و آموزش عملی ویژه عوامل محلی در برنامه ترویج و توسعه کشاورزی پایدار، استان کردستان

برنامهٔ عملیاتی(Action Plan)

برای ایجاد و گسترش گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

در بخش «طراحی و تدوین نقشهٔ راه و برنامهٔ اجرایی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در مناطق منتخب» اشاره کردیم که در توسعهٔ گردشگری کشاورزی در کشور، مهارتهای تسهیلگری ومدلهای مدیریت مشارکتیِ مبتنی بر چرخه اطلاعات نقش اصلی را بر عهده دارند که با توانمندسازی و دخالت آگاهانهٔ جوامع محلی محقق میشود. برنامهٔ عملیاتی که در این بخش ارائه شده است بر پایهٔ یک رهیافت مشارکتی سیستمی، فرآیندمدار و مبتنی بر یک چارچوب منطقی در قالب برقراری زنجیرههای صنعت گردشگری در محدودههای طبقهبندیشدهٔ حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه از منظر ظرفیتهای صنعت گردشگری، ساختار موجود کشاورزی و محیط طبیعی و ویژگیهای فرهنگی- اجتماعی و اقتصادی استوار است که باهدف تلفیق داراییها و مشارکت ذینفعان محلی در سطح اجتماع ایجاد شده است. این برنامهٔ عملیاتی در ۶ گام ذیل صورت میگیرد:

۱) تدوین قوانین و ارائه ضوابط سیاستگذاری و حمایتی بالادستی
۲) زونبندی مناطق هدف برای تعیین سایتهای گردشگری کشاورزی بر پایهٔ زنجیرهٔ ارزش صنعت گردشگری کشاورزی
۳) سازماندهی افراد، گروهها، ذینفعان و نیروی انسانی در هر سایت، تعیین و شناسایی حلقههای زنجیرهٔ گردشگری در هر سایت و استقرار هستههای شتابدهندهٔ محلی
۴) توانمندسازی و ارتقای ذینفعان محلی از منظر فنی، اقتصادی، اجتماعی و دانش زیستمحیطی برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی
۵) تدوین طرح عملیاتی گردشگری کشاورزی بر اساس طرحهای مشارکتی در هستههای شتابدهندهٔ محلی، تصویب و پشتیبانی از اجرا در قالب شبکههای غیر دولتی
۶) نظارت و ساماندهی توسعه درسطح پایدار محلی.

گام اول: تدوین قوانین و ارائه ضوابط سیاست‌گذاری و حمایتی بالادستی

در گام اول برنامهٔ عملیاتی ضروری است در سطح تصمیمگیری و سیاست‌گذاری، مؤلفههای بسترساز توسعهٔ گردشگری کشاورزی از جمله قوانین، مجوزها، دستورالعملها، اعتبارات، نیروهای متخصص، اعطای وام فراهم، جهتدهی و یا مورد تجدیدنظر قرار گیرد. تعیین دفتر یا نهاد تخصصی برای حمایت و نظارت بر توسعه گردشگری کشاورزی و همچنین سیاست‌گذاری برای توسعه این صنعت در چارچوب سند جامع احیای دریاچه ارومیه و تحقق اهداف سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی و اشتغال روستایی، مهمترین ظرف برای توسعه این بخش است.

الزامات مورد نیاز برای توسعه گردشگری کشاورزی در این گام اول عبارتند از:

- ✓ تعیین نهاد ستادی و صدور دستورالعملها برای استقرار گردشگری کشاورزی در مزارع فعال با صدور مجور برای اختصاص زمین و تغییر کاربری،
- ✓ صدور مجوزهای سرمایهگذاری و پشتیبانی اقتصادی و قمیت‌گذاری محصولات کشاورزی در سایتهای گردشگری کشاورزی،
- ✓ تعیین دستورالعملها و تعیین سیاست‌های اعتباری و تسهیلات اختصاصی،
- ✓ همسوسازی سیاستهای بخش کشاورزی با قوانین گردشگری کشاورزی،
- ✓ برنامهریزی و ارائه دستورالعملهای فنی، علمی و اجرایی، و
- ✓ آموزش و تربیت سرمایه انسانی متخصص در گردشگری کشاورزی.

گام دوم: پهنهبندی مناطق هدف برای تعیین سایتهای گردشگری کشاورزی بر پایهٔ زنجیرهٔ ارزش صنعت گردشگری کشاورزی

از آنجا که پیادهسازی برنامه گردشگری کشاورزی دارای گستردگی موضوع از منظر ابعاد اجتماعی-اقتصادی و زیستمحیطی و نیز پیچیدگی فنی، تغییر در رفتار سازمانی، ریسک و ناملموس بودن نتایج از منظر اجتماعی است، لذا شروع این فرایند باید از طریق اجرای طرح پایلوت صورت گیرد. اجرای پایلوتها این امکان را میدهد تا راهکارها و میزان تحقق نتایج به شکل کمّی و کیفی بررسی شده و همزمان فرایند اعتمادسازی در بدنه اجتماعی از طریق مشاهده عینی فرایند و نتایج صورت گیرد. هم چنین این امکان فراهم میشود تا فرآیند اجرای طرح توسط مجریان در ابعاد کوچکتر با دقت رصد شده

و پس از آشنایی با موانع و نارسایی‌های طرح و اصلاح و تکمیل آن، با اطمینان کامل طرح اصلی در کل حوضه مطالعاتی به اجرا گذاشته شود. مهمترین نتیجهٔ اجرای طرح پایلوت گردشگری کشاورزی، زمینهسازی، بسترسازی، ظرفیتسازی و اعتمادسازی لازم برای پذیرش طرح در همه دستاندرکاران دولتی، غیر دولتی و مردمی است و کمک می‌کند تا دستگاههای محلی و سایر ذینفعان در یک فرآیند مطمئن تغییراتی را که ملزوم اجرای طرح است بپذیرند. بر همین اساس، گام دوم در این تقشه راه، فرایند جانمایی سایتهای گردشگری کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه بر مبنای اصول طراحی پایلوت است؛ فرایندی که موجب تعیین موقعیت سایتهای پایلوت شده که دارای ویژگی‌های مختلف مرتبط با موضوع از جمله در تطابق با هدف کاهش ۴۰درصدی مصرف آب درکشاورزی، همسانی با نظام بهرهبرداری و ساختار اجتماعی و اقتصادی در کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه باشد.

بر این اساس در این مرحله ضروری است تا حوضه آبریز دریاچه ارومیه به بازه‌هایی تقسیم شود تا بتوان ارزیابی‌ها و راهکارهای مدیریتی برای توسعه گردشگری کشاورزی را بر پایهٔ زنجیرهٔ ارزش این صنعت در این سایتها تعریف کرد. برای این منظور و با توجه به هدف اصلی، یعنی کمک به احیای دریاچه ارومیه، تقسیم‌بندی محدوده مطالعاتی بر پایهٔ نقشه راه احیای دریاچه ارومیه صورت خواهد گرفت.

در این گام بر اساس معیارهای کلیدی حوضه به سایتهای مشخصی تقسیم شده و بر اساس قابلیتهای صنعت گردشگری در هر سایت، برنامه توسعه گردشگری مشخصی ارائه میشود. بستر اصلی این پهنهبندی براساس تقسیمات کلیدی برای مدیریت منابع و مصارف آب در حوضه دریاچه ارومیه به عنوان مهمترین هدف برنامه ستاد احیای دریاچه ارومیه است.

این پهنه‌بندی باید بر پایهٔ نقشه راه ملی احیای دریاچه ارومیه[1] صورت گیرد. برای جانمایی سایتهای گردشگری کشاورزی، از نقشه راه پهنهبندی وزارت نیرو (مصوبه ستاد احیای دریاچه ارومیه) برای حوضه دریاچه ارومیه استفاده خواهد شد. در مرحله نهایی برای تدقیق محدوده اصلی سایتهای گردشگری کشاورزی، از فرایند جانمایی مبتنی بر وزندهی شاخصهای اصلی در مدل مفهومی گردشگری کشاورزی در این طرح استفاده میشود که فرایند اجرایی آن در قالب کارگاه مشارکتی در سطح محلی خواهد بود که از طریق تطبیق وزن مؤلفهها و شاخصها برمبنای روش ســـوارا و بر اساس مراحل مندرج در جدول ۱۷ خواهد بود. نمونه‌های موردی از این پهنه‌بندی و تدقیق محدودهٔ اصلی سایت‌های گردشگری در بخش «کاربرد مدل: تعیین روستاهای منتخب برای گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه»

۱- کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۲ با مسئولیت معاون اول رئیس جمهوری و تصویب۲۶ مصوبه برای احیای آن

و در قالب انتخاب ۴ نقطهٔ پایلوت در ۳ استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان ارائه شده است و مراحل انتخاب و پهنه‌بندی به تفصیل در آنجا بیان شده است.

جدول ۱۸. تشریح اقدامات مربوط به پهنهبندی سایتهای گردشگری کشاورزی بر اساس معیارهای اصلی مدل مفهومی گردشگری کشاورزی در ایران (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

عنوان اقدام	شرح اقدام
تطبیق زونبندی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با معیارهای اصلی مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران بر پایهٔ اوزان مدل سوارا	جلسات توجیهی متخصصان
	کارگاه مشارکتی محلی
	تدقیق و تجمیع اطلاعات نقشهها و اسناد
	تسهیلگری بین بخشی
	جلسات اجماع فنی و اجرایی
	مصوبات اداری و فنی وابلاغیه اجرایی، قراردادها و آزادسازی منابع مالی
	خدمات پشتیبانی و مستندسازی

گام سوم: سازماندهی افراد، گروهها، ذینفعان و نیروی انسانی در هر سایت، تعیین و شناسایی حلقه‌های زنجیرهٔ گردشگری در هر سایت و استقرار هستههای شتابدهندهٔ محلی

۳-۱ سازمان کار و تشکیلات

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، تحقق توسعه گردشگری کشاورزی پایدار بر اساس نقشه راه ارائه‌شده در این گزارش و بر پایهٔ راهبرد گردشگری مسئولانه با ماهیت نظام جامع اطلاعات و فناوری، بر اساس خصوصیات و داراییها در هر سایت و پایداری این فعالیت‌ها در سطح محلی، عملیاتی شود. از آنجا که راهبرد و ساختار نمی‌توانند مستقل از هم تعیین گردند و راهبرد بدون ساختاری مناسب به ندرت توفیق می‌یابد، لذا با توجه به راهبرد تعیینشده دراین نقشه راه، تشکیلات و سیستم مدیریت محلی ویژه‌ای با ماهیت کارگروهی و انسجام سازمانی در سه سطح دولتی، غیر دولتی و مردمی طراحی شده است که بر این اساس ضمن تبیین وظایف نهادهای مرتبط با پروژه، فرایند پایداری اهداف برنامه بر اساس دو شاخص ذیل محقق میشود:

الف) طراحی برنامه‌های توسعه گردشگری کشاورزی در چارچوب یک مدل سیستمی مشارکتی،

ب) استقرار سیستم مدیریت یکپارچه بین بخشی برای پایدارسازی توسعه گردشگری کشاورزی در سطح محلی.

منظور از **سیستم مدیریت یکپارچه بین‌بخشی** در توسعه گردشگری کشاورزی، تبیین نقش مناسب دست‌اندرکاران و دستیابی به ساختاری تسهیل‌گر، چابک، کوچک و غیرمتمرکز برای سازمان‌های دولتی در تعامل با سایر ذینفعان (بخش خصوصی، سازمان‌های مردم‌نهاد، مدیریت‌های محلی و بهره‌برداران) به منظور تحقق اهداف برنامه است. ماموریت‌های این سیستم مدیریت محلی عبارت است از[1]:

- ✓ قابلیت تامین مشارکت بین دولت و سایر ذینفعان و استقرار نظام مدیریت جامع و یکپارچه توسعه گردشگری کشاورزی؛
- ✓ فراهم‌آورنده بستر لازم جهت اجماع فنی و انسجام بین‌بخشی در بین برنامه‌های دستگاه‌های متولی، از جمله استانداری، جهاد کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، آب منطقه‌ای، تعاون و ...؛
- ✓ قابلیت برنامه‌ریزی و تطبیق برنامه‌های ملی با ساختار و شرایط مناطق هدف به صورت منطقه‌ای، تطبیق برنامه و بودجه‌ای با اولویت نیازها و توقعات استانی و محلی؛
- ✓ قابلیت برنامه‌ریزی مشارکتی با حضور ذینفعان کلیدی برنامه در سطح محلی به صورت طبقه‌بندیشده.

این گام مجموعه‌ای از اقدامات سازمان‌دهی عوامل انسانی و مدیریتی محلی در سه سطح دولتی-غیردولتی و مردمی است که با هدف انسجام سازمانی و آگاه‌سازی موثر صورت می‌گیرد. استقرار سیستم مدیریت یکپارچه بین‌بخشی پیش نیاز اصلی برای پیاده‌سازی این اهداف است. ارتقای نگرش فردی، گروهی و سازمانی همه ذینفعان بخش کشاورزی در جهت اقدام منسجم، یکپارچه، هماهنگ، یکپارچه و هم‌افزا برای پذیرش، باز طراحی، مشارکت فنی و اجرایی برنامه‌های مصوب گردشگری کشاورزی، فلسفه اصلی استقرار سیستم مدیریت یکپارچهٔ بین‌بخشی است. مجموعه اقدامات و برنامه‌های ترویجی در این بخش با ماهیت تسهیل‌گری، اطلاع‌رسانی، آموزش، ظرفیت‌سازی با هدف "سازمان‌دهی و انسجام سازمانی برای مدیریت یکپارچه محلی" صورت می‌گیرد. استقرار سیستم مدیریت یکپارچه بین‌بخشی، براساس رویکرد مدیریت و برنامه‌ریزی مشارکتی و با استفاده از تاکتیک مدیریت مشارکتی چرخه پروژه

۱- درس آموخته‌های طرح زاگرس مرکزی (۱۳۹۴)

صورت می‌گیرد که با هدف ایجاد انسجام سازمانی، تقویت نهادها و سازمان‌های محلی در حالت عدم تمرکز، وفاق اجتماعی در موضوع برنامه عملیاتی می‌گردد. ظرفیت‌سازی و ارتقای مهارت ذینفعان و دست‌اندرکاران موضوع پروژه، الزام اصلی برای تقویت روحیه کارگروهی و انسجام سازمانی است که این هدف از طریق برگزاری کارگاه‌های مشارکتی با هدف ظرفیت‌سازی ذینفعان در برنامه‌ریزی مشارکتی سیستمی به عنوان پیش شرط انسجام سازمانی ذینفعان، آشنایی دست‌اندرکاران پروژه با چارچوب اقدام مدیریت مشارکتی و انسجام سازمانی در سه سطح دولتی، مردم وتشکل‌های غیردولتی با یکدیگر، ظرفیت‌سازی و تقویت مشارکت در فعالیت‌های بین‌بخشی در دولت و دست‌اندرکاران دولتی در سطح حوضه‌های مطالعاتی، تغییر نگرش برای حذف و کاهش رویکرد بخشی‌نگری موجود میان ادارات دولتی و مردم محلی محقق می‌گردد. ارتقای مهارت‌ها در اعمال مدیریت گروهی مبتنی بر چرخه اطلاعات، نقش اصلی را در تحقق گردشگری کشاورزی ایفا می‌کند. لذا مدیریت مشارکتی، فرایند سیستمی مدونی است که برای سازمان‌دهی توان‌ها، مشارکت و همکاری متقابل ذینفعان بر مبنای ارتقای توان بالقوه خودیاری، برای به عهده گرفتن نقش فعال در برنامه با ایجاد حس مالکیت در سطح اجتماع ایجاد می‌شود.

مدیریت مشارکتی عبارت است از مهارت (هنر) دخالت دادن و مشارکت داوطلبانه، آزاد و آگاهانه افراد مناسب، فعال‌سازی و هم‌افزایی توان آنها در چرخه برنامه‌ریزی و حل مسئله، در زمان مناسب در جهت توسعه کمی وکیفی اهداف از پیش تعیینشده مشترک و سهیم شدن در مسئولیت‌ها و پیامدهای آن است. انسجام سازمانی یعنی استقرار سیستم و چارچوبی در همکاری بین‌بخشی و اقدام دست‌اندرکاران که طی آن اهداف، پتانسیل‌های درون منطقه‌ای و معیارهای بخشی ذینفعان فعال در یک مسیر مشخص برای تحقق هدف مشخص و در یک چارچوب منطقی، مدنظر قرار داده و از تمامی فنون و الگوهای مناسب، امکان‌پذیر و سازگار با ساختارهای اقتصادی، اجتماعی ذینفعان و دخالت شرایط محیطی و منطقه‌ای برای تحقق اهداف از طریق همکاری و اقدام مشترک با تضمین تحقق اهداف بخشی ذینفعان فعال براساس معیار سطح معیار سودمندی استفاده می‌کند. انسجام سازمانی و مدیریت مشارکتی در یک چارچوب منطقی و سیستمی قابل تحقق است که سیر و مراحل مفهومی آن در این برنامه، در قالب یک تاکتیک مشخص با عنوان مدیریت مشارکتی مبتنی بر پروژه محقق می‌شود. نکته کلیدی در راهبرد مدیریت مشارکتی سیستمی مبتنی بر عملیات که در کارگاه‌های برنامه محقق می‌شود، طراحی و اجرای رهیافت‌های مشارکتی در یک "چارچوب منطقی" است که این امکان را می‌دهد که تمامی اهداف کلیدی پروژه از جمله شناسایی خلأها، موانع و فرضیات احتمالی موجود، اجماع و انسجام سازمانی برای اقدام یکپارچه براساس توان موجود، در قالب یک شبکهٔ پیش‌آگاهی و پایش و دخالت

آگاهانه تمامی ذینفعان (مردم محلی) در اجرای برنامه در قالب برنامه مدون تدوین و آماده اجرا براساس ویژگی‌های هر منطقه گردد. پیاده‌سازی مدیریت مشارکتی سیستمی از طریق فرایند تسهیل‌گری و توسط ساماندهی نیروی‌های انسانی تحت عنوان تسهیل‌گران توسعه صورت می‌گیرد. ارکان این سیستم مدیریت به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- **کارگروه ملی راهبری برنامه:** وظایف اصلی کمیته ملی راهبری عبارت است از بررسی و تصویب تمامی برنامه‌های مرتبط با موضوع گردشگری کشاورزی؛ در صورت لزوم نماینده ستاد احیای دریاچه ارومیه می‌تواند در این کارگروه حضور داشته باشد. مدیریت، پایش، نظارت و راهبری استقرار و سیاست‌گذاری اجرایی از وظایف این کارگروه است.

- **کارگروه استانی مدیریت برنامه (سطح استان):** استقرار برنامه گردشگری کشاورزی در حوضه مستلزم بهره‌گیری از ظرفیت همه نهادها و دستگاه‌های دولتی و غیر دولتی در تلفیق برنامه‌های اجتماعی اقتصادی و زیستمحیطی و یکپارچه‌نگری برنامه‌ها و نیازمند توانمندی اجرایی و برنامه‌ریزی جامع است. چنین ابزار مدیریتی و قانونی تحت مدیریت کارگروه آب و کشاورزی استانداری وجود دارد، که با دبیری سازمان جهاد کشاورزی استان، اجرای موفق آن را تضمین خواهد نمود. این کارگروه استانی متشکل از روسای سازمان جهاد کشاورزی و همچنین روسای نهادهای کلیدی ذینفع شامل شرکت آب منطقه‌ای، ادارات کل حفاظت محیط زیست و منابع طبیعی استان،گردشگری، تعاون روستایی و ... است. از جمله وظایف این کارگروه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: به کارگیری همه ظرفیت‌های بخش در جهت اجرای برنامه‌های ابلاغی، استقرار چرخه مدیریت مشارکتی سیستمی برای مشارکت اجتماعی و سامانه‌های توانمند محلی در اجرا و دخالت دانش بومی در برنامه، مشارکت و تشریک برنامه اجرایی گردشگری کشاورزی با سایر برنامه‌ها و همکاری‌های منطقه‌ای در حل مسائل زیستمحیطی مشترک و کمینه‌سازی مخاطرات زیستمحیطی فرامرزی تا زیرآستانه خطر و یکپارچگی و تلفیق پروژه‌های مبتنی بر توسعه فناوری با سایر پروژه‌های متنوع محلی.

- **کارگروه مدیریتی منطقهای گردشگری کشاورزی (سطح شهرستان):** این کارگروه اجرایی و برنامه‌ریزی حوضه مطالعاتی به ریاست فرماندار شهرستان اصلی مستقر تشکیل می‌گردد و اعضاء آن شامل اعضای کمیته برنامه‌ریزی شهرستان شامل رؤسای ادارات بخشی (متناظر ادارات کل استانی)

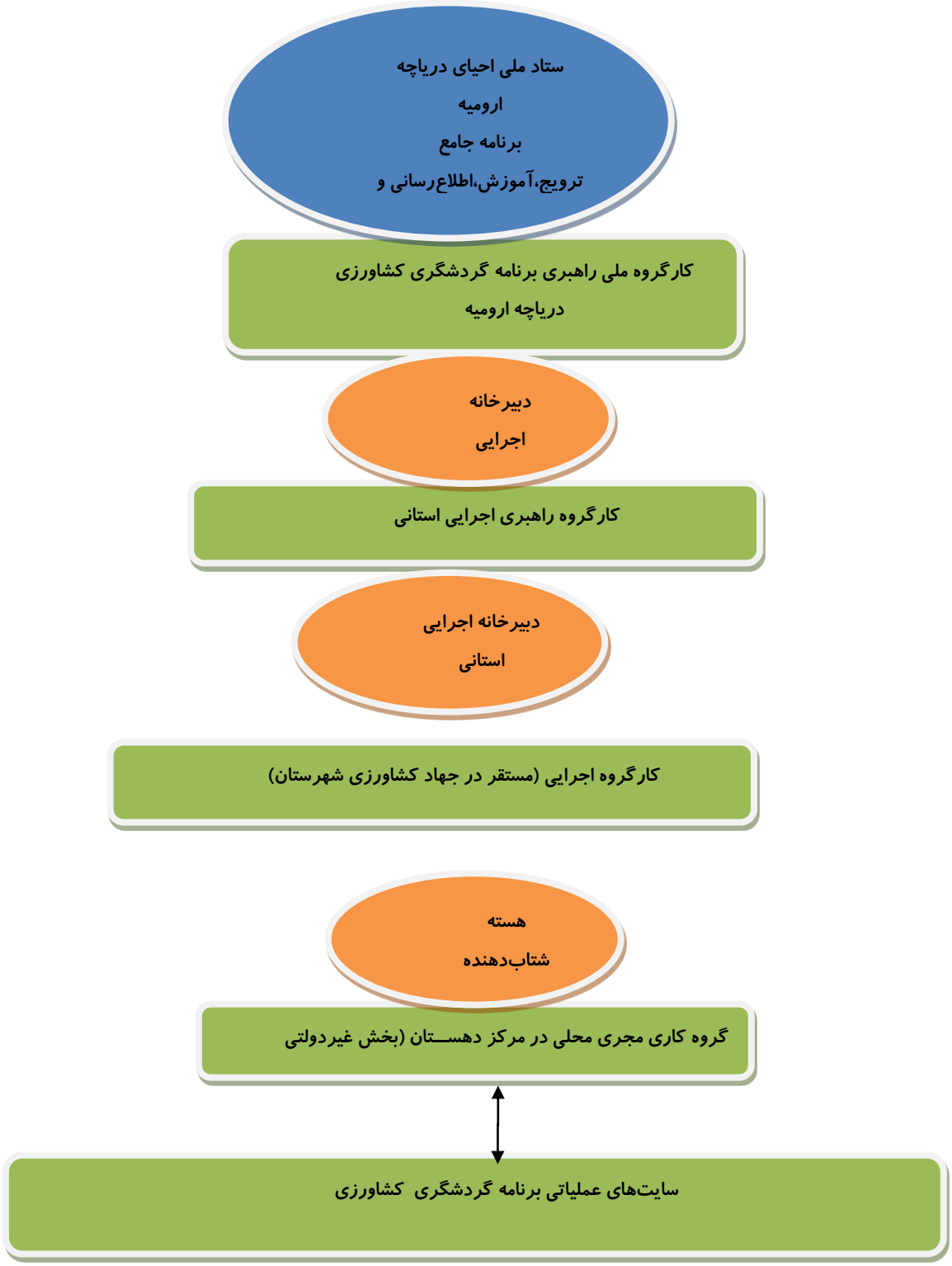
است. کارگروه مدیریت منطقه ای، به عنوان ساختاری فرابخش و فراشهرستانی (حوضه آبی) جهت مدیریت برنامه در سطح محدوده مطالعاتی تعیین می‌شود. این کارگروه متشکل از فرماندار و نمایندگان ذینفعان کلیدی هر یک از بخش‌های فنی و اجرایی مرتبط است که ریاست آن با حکم استاندار بر عهده فرماندار بوده و دبیری آن نیز به عهده مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان است.

- **کارگروه اجرایی مستقر در مرکز جهاد کشاورزی دهستان:** این کارگروه در سطح دهستان، به ریاست مدیریت مرکز جهاد کشاورزی دهستان و متشکل از بخش‌های فنی و اجرایی مرتبط تشکیل می‌شود. در واقع این کارگروه، تشکیلدهنده سازمان کار محلی است و متشکل از نمایندگان گروه‌های مرجع، تشکل‌های مجری با مدیریت مرکز جهاد کشاورزی دهستان است. مهم‌ترین ارکان شبکه محلی در این سامانه عبارتند از:

- ✓ بهره‌برداران مرجع و کشاورزان خبره در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی،
- ✓ ارکان و اعضای تشکل‌های تخصصی، شرکت‌های سهامی زراعی، شرکت‌های سهامی و سایر اشکال فعالیت گروهی بهره‌برداران با یکدیگر در قالب شخصیت حقوقی،
- ✓ تسهیل‌گران زنان روستایی و عشایری،
- ✓ شرکت‌های خدمات مشاوره‌ای و فنی و مهندسی کشاورزی،
- ✓ مددکاران، تسهیل‌گران، مهندسان ناظر، سربازان سازندگی، بسیج کشاورزی،
- ✓ ارائه‌دهندگان خدمات فنی و پشتیبانی به گردشگری کشاورزی در منطقه،
- ✓ شوراهای اسلامی و دهیاران روستای مناطق و سایر گروه‌های هدف.

این ساختارسازی به منظور انسجام سازمانی صورت می‌گیرد، یعنی استقرار چارچوبی مشخص برای همکاری بین‌بخشی و اقدام هماهنگ همه دست‌اندرکاران که طی آن ظرفیت‌های درون منطقه‌ای و معیارهای بخشی ذینفعان در یک مسیر مشخص برای تحقق گردشگری کشاورزی در یک چارچوب منطقی مدنظر قرار می‌دهد. در شرایط فعلی چنین سازمان فرابخش قدرتمند ذیل تشکیلات ستاد احیا در حوضه مطالعاتی وجود دارد، لذا تشکیلات و ساختار توسعه گردشگری کشاورزی براساس شرایط اداری موجود (با تاکید بر عدم ایجاد تشکیلات جدید و موازی و بر اساس شرح وظایف سازمانی دستگاه‌ها) به منظور استقرار سیستم مدیریت یکپارچه برای هدایت و پایداری توسعه گردشگری کشاورزی در

حوضه مطالعاتی با ماهیت سیستم اجرایی ارائه می‌شود. ساختار و تشکیلات سامانهٔ مدیریت گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در شکل ۳۳ نشان داده شده است.



شکل ۳۳. ساختار و تشکیلات برنامه عملیاتی گردشگری کشاورزی

کارگروه منطقهای مدیریت گردشگری کشاورزی، با ماموریت و ساختار هستهٔ شتابدهندهٔ زنجیرهٔ صنعت گردشگری کشاورزی مهمترین ابزار تحقق این برنامه است که شامل ترکیبی از دستگاهها و ذینفعان مرتبط با موضوع در یک محدوده هدف گردشگری است که می‌تواند متشکل از چند دهستان و حتی شهرستان و دربرگیرندهٔ طیف متنوعی از ذینفعان باشد. فرایند برنامه‌ریزی در این کارگروه با مشارکت بخش‌های دولتی و غیر دولتیِ مرتبط با تمام حلقههای زنجیرهٔ گردشگری کشاورزی انجام می‌پذیرد و نهایتاً برنامهٔ کاری سالانه تدوین و اجرا خواهد شد. در این راستا، کارگروه منطقهای مدیریت گردشگری کشاورزی و اعضای آنها نیازمند هدایت و راهبری در جهت برنامه‌ریزی جامع و مشارکتی هستند و این امر تضمینی است برای آنکه تمامی طرحها و اقدامات پیشنهادی در راستای اهداف برنامهٔ گردشگری کشاورزی باشد و موجب شناسایی و تعیین اقدامات کلان و فرابخشی با مشارکت سازمان‌های مختلف شود. در این خصوص، موارد زیر باید مورد توجه قرار داشته باشد:

- ✓ شناسایی و تعیین حلقهها و اولویت‌های اجرایی گردشگری کشاورزی در هر منطقه با توجه به مهم‌ترین دارایی ها و مزیتهای موجود،
- ✓ شناسایی و تعیین دینفعان و دست اندرکاران اجرایی پروژهها با توجه به اهداف و راهبردهای توسعه گردشگری کشاورزی،
- ✓ تدوین چارچوب برنامه کاری سالانه کارگروه منطقهای مدیریت گردشگری کشاورزی و تسهیلگری برای هدایت منابع

جزئیات اقدامات لازم برای ایجاد سازمان مدیریت گردشگری کشاورزی در جدول ۱۸ نشان داده شده است که در آن بخش‌های گوناگون یک سامانهٔ مدیریتی و کارکرد هر یک از آنها توضیح داده شده است.

جدول ۱۸. جزئیات اقدام برای استقرار ساختار، سازمان و اطلاعرسانی برنامهٔ جامع گردشگری کشاورزی

عنوان اقدام	شرح فعالیتها
استقرار سیستم مدیریت یکپارچه گردشگری کشاورزی	کارگاههای استقرار سیستم مدیریت یکپارچه
	ارتقای تجهیزات و فعالسازی سیستم مدیریتی
	کارگاههای ظرفیتسازی نهادی و ارتقای آگاهی و مشارکت ذینفعان
	استقرار سیستم راهبری برنامههای عملیاتی
	ارتقای لجستیک و پشتیبانی فنی

استقرار سامانه جامع اطلاع‌رسانی گردشگری کشاورزی	برگزاری نشست عمومی اطلاعرسانی، آگاهیبخشی سطح ۱		
	برگزاری نشست عمومی اطلاعرسانی، آگاهیبخشی سطح ۲		
	برگزاری نشست عمومی اطلاعرسانی، آگاهیبخشی سطح ۳		
	برگزاری نشست عمومی اطلاعرسانی، آگاهیبخشی سطح ۴		
	ارتقای لجستیک		
	مستندسازی		
	استقرار سیستم یکپارچهٔ اطلاع‌رسانی عمومی طبقه‌بندی‌شده	برنامه رادیویی	
		برنامه تلویزیونی	
		مدرسه رادیویی	
		مدرسه تلویزیونی	
		فیلم آموزشی	
		لوح فشردهٔ اموزشی	
		پیامک	
		بنر و استند	
		دوبلاژ فیام به زبان محلی	
		نشریات	
		بروشور	
		پوستر	
		تراکت	
اعتمادسازی، ظرفیتسازی و آگاهسازی گروههای کاری محلی	جلسات توجیهی عوامل اجرایی محلی		
	کارگاه‌های معرفی روش‌شناسی‌ها		
	کارگاههای ورود به جامعه محلی، اعتمادسازی و سازماندهی گروههای محلی		
	شناسایی و شناسنامه‌دار کردن گروه مرجع محلی		
	ارتقای لجستیک		
	ارتقای خدمات پشتیبانی فنی		
	مشاوران فنی- تسهیلگری		
	هماهنگی اداری مستندسازی		

۳-۲ ابزارهای مدیریت برنامه

فرایند فعالسازی، برنامه‌ریزی و مدیریت برنامهٔ توسعهٔ گردشگری کشاورزی توسط مدیریت منطقهای گردشگری کشاورزی مستلزم کاربست ابزارهای متنوعی است که مبتنی بر ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های موجود بوده و با استفاده از آن نیازهای مدیریتی در اجرای برنامه تامین گردد. این بسته ابزاری باید به شکلی موثر به درونی‌سازی در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه کمک کند، بهطوریکه از یک سو

ملاحظات دریاچه ارومیه را مد نظر قرار دهد و از طرف دیگر نیازهای بخش‌های بهره‌بردار نیز تامین شده و خط مشی توسعه را بر پایهٔ توان ذاتی طبیعت تعریف کند. این ابزارها عبارتند از:

۳-۲-۱ استقرار سیستم اطلاعرسانی چندرسانهای. این سیستم با هدف اطلاعرسانی و آگاهیبخشیِ سازمانیافته، ارائه پیامها و اطلاعات هدفمند و موثر، ارتقاء سطح آگاهی و جلب مشارکت عموم بهره برداران، مسئولان، نهادهای مدنی و جوامع محلی و در ارتباط مستقیم و زیر نظر دبیرخانه ملی و توسط دبیرخانه اجرایی استانی فعالیت می‌کند. همزمان، کارکرد دیگر این سیستم، پشتیبانی از اطلاعات برنامه گردشگری کشاورزی است. این سیستم اطلاعات مورد نیاز جهت برنامهریزی و تصمیمگیریهای مدیریتی را از طریق فضای مجازیِ پیش‌بینی‌شده در سامانه مشخص، منتشر و در اختیار کلیهٔ دستاندرکاران و ذینفعان قرار می‌دهد. علاوه بر این، برای مدیریت و برنامهریزی نیاز به یک سیستم اطلاعات با سازوکار ویژه است تا اطلاعات مربوط به منطقه را به صورت سازماندهی‌شده و روزآمد در اختیار مدیران، مسئولان و کلیه بهرهبرداران قرار دهد. به همین دلیل ضرورت ایجاد و فعالسازی بانک اطلاعات و دادهها، با عنوان

سیستم اطلاعات گردشگری کشاورزی باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شود تا اطلاعات لازم جهت برنامهریزی، پایش و همچنین ارزیابی اجرای صحیح و موثر برنامه را فراهم آورده و روند تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مدیریتی را بهبود بخشد. این سیستم شامل سه بخش ورود اطلاعات و دادهها، پردازش داده‌ها و خروجی اطلاعات است. مرکز جمع‌آوری و طبقه‌بندی اطلاعات (بانک اطلاعات) در دبیرخانه اجرایی استانی و فضای مجازی مراکز اطلاع رسانی قرار خواهد گرفت. با بهرهگیری از این سیستم، فرایند آگاهیبخشی و سازماندهی شبکه محلی با اجرای برنامه‌های اثرگذار اطلاع رسانی با هدف ظرفیتسازی نهادی در سه بخشِ ذیل صورت میگیرد:

- ✓ برگزاری نشستها و جلسات عمومی و تخصصی اطلاع رسانی گردشگری کشاورزی،
- ✓ اطلاعرسانی عمومی از طریق رسانه ها و ابزار اطلاع رسانی گردشگری کشاورزی،
- ✓ برگزاری برنامه های آگاهسازی تخصصی ویژه گروه های مرجع گردشگری کشاورزی

مجموعه اقدامات در این بخش ، براساس دسته بندی مرحله ای ذیل صورت میگیرد:

۱- سطح یک اطلاع رسانی: برگزاری نشست عمومی اطلاعرسانی، آگاهیبخشی گردشگری کشاورزی ویژه ذینفعان و نهادهای بخش سیاسی، شامل استانداری، فرمانداری، بخشداری، دهیاری و شوراهای اسلامی منطقه مطالعاتی،

۲- سطح ۲ اطلاع رسانی: برگزاری کارگاه مشترک اطلاعرسانی عمومی و آگاهیبخشی گردشگری کشاورزی و اجماع سازمانی و بین بخشی ویژه دستگاهها و نهادهای تخصصی مرتبط با موضوع گردشگری کشاورزی، شامل جهادکشاورزی، آب منطقه ای، منابع طبیعی، محیط زیست، گردشگری، تعاون روستایی،

۳- سطح ۳ اطلاع رسانی: برگزاری کارگاه مشترک اطلاعرسانی عمومی و آگاهیبخشی گردشگری کشاورزی ویژه تشکلها و سازمانهای مردمنهاد مرتبط با موضوع گردشگری کشاورزی شامل شرکت‌های عضوسازمان نظام مهندسی، مجمع خبرگان کشاورزی، تشکلهای کشاورزی، تعاونی و تشکلهای تولیدی، فنی مهندسی غیر دولتی، صندوقهای اقتصادی، سازمانهای مردمنهاد و به عبارتی کارگاه اطلاعرسانی

۴- سطح ۴ اطلاع رسانی: برگزاری کارگاه مشترک اطلاعرسانی عمومی و آگاهیبخشی گردشگری کشاورزی ویژه گروههای مرجع، شامل گروههای سازماندهیشده در زونها به عنوان شبکهٔ مرجع استقرار برنامهٔ گردشگری کشاورزی،

۵- سطح ۵ اطلاع‌رسانی: پیادهسازی برنامه اطلاعرسانی عمومی و آگاهیبخشی جمعی گردشگری کشاورزی ویژه عموم (مردم محلی و کشاورزان مناطق هدف) از طریق سامانه اطلاعرسانی چند رسانهای هدفمند، شامل:

۵-۱- شبکه اختصاصی IT با امکان کاربری تله‌تکست، پیامک، اینترنت، اینترانت، تلفن گویای گردشگری کشاورزی

۵-۲- برنامه‌های رادیویی محلی گردشگری کشاورزی

۵-۳- برنامههای تلویزیونی محلی گردشگری کشاورزی

۵-۴- مدرسه رادیویی گردشگری کشاورزی

۵-۵- مدرسه تلویزیونی گردشگری کشاورزی

۵-۶- رسانههای نوشتاری (پوستر، اطلاعیه، تراکت، چارت، بروشور، جزوه، نشریه، ...)

۵-۷- دستورالعمل فنی گردشگری کشاورزی

۳-۲-۲- برنامه و شاخص‌های پایش و ارزیابی. دستیابی به مدیریت مطلوب در توسعه گردشگری کشاورزی و مناطق مدیریتی منوط به بهبود و توجه به انجام پایش، دسترسی به اطلاعات، گزارش‌دهی و انجام ارزیابی خواهد بود. بدین منظور نیاز است تا نخست شاخص ارزیابی فعالیت‌های اجرایی، با توجه به اهداف کمی و کیفی ارائهشده در توسعه گردشگری کشاورزی شناسایی و تعریف شود. سپس با استفاده از اطلاعات موجود در سیستم اطلاعات، وضعیت موجود این شاخص، میزان ارتقای آن همزمان با اجرای کامل فعالیت و زمان گزارش‌دهی، را نیز مشخص نماید. یک برنامه منسجم و کارآمد "پایش" می‌تواند اطلاعات لازم را جهت پوشش کاستی‌ها در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران قرار دهد. "پایش" یک فرایند نظام‌مند جمع‌آوری اطلاعات پایه در طول زمان است که به منظور مقایسه با یک استاندارد از پیش تعیینشده انجام می‌گیرد. پایش در اصل ابزاری برای اندازه‌گیری نتایج اقدامات مدیریتی و برآورد وضعیت موجود منابع طبیعی و میزان تغییر آن است. کلید موفقیت یک برنامه پایش در طراحی مناسب آن است. پایش بهعنوان یکی از ابزارهای مدیریتی، و با توجه به نیازهای مدیریتی توسعه گردشگری کشاورزی طراحی گردید که می‌توان از آن در فرایند برنامه‌ریزی و ارزیابی برنامه استفاده نمود. شاخص‌های پایششونده در این چارچوب در سه گروه منابع زیستی، اجتماعی و اقتصادی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۳-محورهای کاری برنامه تعمیم. در انتقال از فاز شروع توسعه گردشگری کشاورزی در قالب پایلوت به برنامه دائمی، هستههای شتابدهندهٔ محلی نقشی بهسزا در تعمیم و استقرار سیستم توسعه گردشگری کشاورزی بر مبنای شناسایی و به کارگیری شبکه غیردولتی خواهند داشت. لذا نیاز است با تخصیص اعتبار مورد نیاز به این بخش، شاهد توسعه ظرفیت نهادی و مدیریتی ذینفعان و ذیربطان و همچنین استقرار ساختارهای مدیریتی باشیم.

۳-۲-۴-بودجه مورد نیاز برای اجرای پایلوت و مکانیسم پایداری در تامین اعتبار و اجرای برنامه. یکی از مهم‌ترین ابزار پایداری برنامه گردشگری کشاورزی، تخصیص منابع و ردیف اعتباری مشخص در برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی و سایر سازمان‌های مرتبط است، لذا با عنایت به این مهم، سهم اعتباری برنامه گردشگری کشاورزی، باید هر سال در بودجه‌های سنواتی به مدت ۵ سال از شروع برنامه، از محل اعتبارات ملی و یا استانی پیش‌بینی گردد و با استفاده از سازوکار تفویض اختیار توسط استان‌های مربوط موافقتنامه امضا و اجرایی می‌گردد. از این رو، نقش دبیرخانه‌های اجرایی ملی و استانی گردشگری کشاورزی بسیار حائز اهمیت خواهد بود، زیرا دبیرخانه‌های اجرایی باید از اولویتبخشی به اقدامات عملیاتی برنامه گردشگری کشاورزی حمایت نمایند. برای این موضوع، دبیرخانه اجرایی استانی

گردشگری کشاورزی هماهنگی‌های لازم جهت ارائه طرح‌ها و برنامه‌های بخش‌های اجرایی در هر یک از مناطق مدیریتی و براساس چارچوب معرفی شده را به انجام می‌رساند. بدین منظور هر یک از دستگاه‌های اجرایی براساس توانایی‌ها و وظایف سازمانی و در انطباق با برنامه گردشگری کشاورزی، طرح‌ها و برنامه‌های خود را بر اساس چارچوب این برنامه، اعلام می‌کنند. سپس برنامه کاری سالانه هریک از مناطق مدیریتی، پس از جمع‌بندی طرح‌ها و برنامه‌های ارائهشده، توسط دبیرخانه اجرایی استانی تهیه می‌شود و مقدمات بررسی و تصویب آن از مجرای کمیته‌های مدیریت مناطق، فراهم خواهد شد. در این فرایند پس از تایید و تصویب برنامه کاری سالانه منطقه مدیریتی توسط کمیته مدیریت منطقه مدیریتی، بودجه مورد نیاز از محل بودجه عمومی و اعتبارات تامین خواهد شد. اما برای شروع و ظرفیتسازی جهت نهادینه شدن تشکیلات و سازمان کار برنامه گردشگری کشاورزی در سازمان مرتبط، به اعتبارات مشخصی برای راهاندازی سایتهای پایلوت برنامه گردشگری کشاورزی نیاز است که محل تامین این اعتبارات، ستاد احیای دریاچه ارومیه در نظرگرفته شده است که هزینهٔ اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی بر اساس جدول ۱۹ براورد شده است. در جدول ۲۰ نیز تقسیم وظایف واحدهای مجری برنامه گردشگری کشاورزی ارائه شده است.

شکل ۱۹. جدول‌هزینه‌های اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

شرح	هزینه (ریال)	در صد
۱) شناخت وضعیت، بهرسانی زنجیره، استقرار سامانه و پهنهبندی	۴۲۰/۰۰۰/۰۰۰	۴
۲) استقرار سیستم مدیریت یکپارچه و آگاهیبخشی و استقرار استارتاپها	۸۰۱/۱۰۰/۰۰۰ ۱/	۲۰
۳) تطبیق اطلاعات و ارتقای برنامه اقدام گردشگری	۶۶۳/۰۰۰/۰۰۰	۷
۴) برنامههای آموزشی در سطوح ۴ گانه	۳۱۸/۰۰۰/۰۰۰	۴
۵) فعالسازی سایتهای گردشگری کشاورزی	۵۱۳/۰۰۰/۰۰۰ ۵/	۵۷
۶) ارزیابی، سازماندهی محلی برای تثبیت و توسعه	۶۱۴/۰۰۰/۰۰۰	۶
۷) مشاوران و متخصصان	۲۱۵/۰۰۰/۰۰۰	۲
جمع کل هزینه	**۵۴۴/۱۰۰/۰۰۰ ۹/**	**۱۰۰**

منبع: مهدوی دامغانی (۱۳۹۷)

جدول ۲۰ دسته‌بندی اعتبارت و تقسیم وظایف واحدهای مجری (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

عنوان هزینه	واحد دریافتکننده اعتبارات و هزینهکرد			
	ستاد ملی	استانی	شهرستان	بخش غیر دولتی
بودجه مشاوران (بر پایهٔ شرح خدمات و هزینه مشاوران و ناظران ملی)	❊			
سازماندهی نیروی انسانی و پهنهبندی و استقرار سامانه	❊	❊	❊	
استقرار سیستم مدیریت یکپارچه و اطلاعرسانی		❊	❊	❊
تطبیق اطلاعات و تدوین برنامه	❊	❊	❊	
کارگاههای آموزشی در سطوح ۴ گانه	❊	❊		
استقرار برنامه مدیریت موثر آب در شبکه درون مزرعهای			❊	❊
سازماندهی محلی برای تثبیت و استقرار مشارکتی راهکارهای حاکمیتی	❊	❊	❊	❊

گام ۴: توانمندسازی و ارتقای فنی، اقتصادی، اجتماعی و دانش زیستمحیطی ذینفعان

در این مرحله با توجه به شناسایی و سازماندهی عوامل اجرایی و گروههای کاری گردشگری کشاورزی، مجموعهای از برنامههای توانمندسازی و کارگاههای آموزشی برای تربیت مربی، افزایش مهارت، تغییر نگرش و رفتار عوامل اجرایی برای اقدام در چارچوب برنامههای گردشگری کشاورزی صورت میگیرد.

ماهیت کارگاههای آموزشی در این برنامه عبارت است از آگاهسازی، توانمندسازی و ارتقای مهارت سازمان کار محلی در توسعهٔ گردشگری کشاورزی. بر همین اساس، مجموعهای از سرفصلهای آموزشی مرتبط با این موضوع طراحی شده که ماهیت نهایی آنها توانمندسازی ذینفعان و ارتقای آگاهی آنان در برنامه گردشگری کشاورزی است. این آموزش منجر به افزایش آگاهی، مشارکت و تمرکز بیشتر و در نهایت سازماندهی و خودیاری جامعه محلی در قالب شبکه مدیریت مردمی برای تثبیت برنامه خواهد بود. بدیهی است با کاربست استانداردهای گردشگری کشاورزی می‌توان مطمئن شد که اجرای دوره آموزشی از نظر کمی و کیفی قابل ارزیابی خواهد بود و عملیات برنامه‌ریزی دوره‌های بعدی نیز با اطمینان خاطر و بینش بهتری انجام خواهد شد. حصول این هدف طی یک فرایند آموزشی سیستمی صورت میگیرد که شامل ۴ مرحله (سطح کارگاهی) زیر است:

کارگاههای آموزشی و برنامهریزی سطح اول: این کارگاهها با ماهیت تغییر رویکرد برنامهریزی، ارتقای سطح دانش و مهارت در انجام کار گروهی در چارچوب اصول و سر فصلهای گردشگری کشاورزی در قالب کارگاههای آموزشی و برنامهریزی مشارکتی در سطح مدیران و کارشناسان دستگاههای دولتی ذینفع (جهاد کشاورزی، آب منطقهای، منابع طبیعی، محیط زیست، فرمانداری، گردشگری و میراث فرهنگی، و..) برگزار میشود.

کارگاههای آموزشی سطح دوم: این کارگاهها با ماهیت آموزش و ارتقای سطح مهارت، دانش و سازماندهی کارشناسان دولتی و شبکه غیر دولتی وابسته به جهاد کشاورزی و سازمان نظام مهندسی کشاورزی در قالب کارگاههای تربیت مربی (TOT) گردشگری کشاورزی برگزار میشود.

کارگاههای آموزشی سطح سوم: این کارگاهها با ماهیت تربیت تسهیلگران محلی (تربیت تسهیلگران حرفهای محلی گردشگری کشاورزی) و سازماندهی آنها در قالب کارگاههای تربیت تسهیلگر (TOF) در سطح کارشناسان، مروجان، مددکاران و کشاورزان خبره محلی برگزار میشود. دوره تربیت تسهیلگر ماهر محلی بر اساس یک برنامه آموزش عملیاتی طی یک دوره مشخص (تقویم زمانی) معادل ۶۰

ساعت صورت میگیرد. حداکثر شرکتکنندگان برای حضور در دوره ۲۵ نفر خواهد بود که بر اساس ارزیابی اولیه حاصل از نتایج آزمونهای خوداظهاری داوطلبی تعیین میشوند.

کارگاههای آموزشی سطح چهارم: این کارگاهها با ماهیت آموزش، توانمندسازی و ارتقای مهارت عملی شبکهٔ سازماندهی‌شدهٔ مرحلهٔ دوم در قالب دورههای گردشگری کشاورزی، شامل موارد زیر صورت می‌گیرد:

- ✓ بازدیدهای فنی - ترویجی مشاهدهای
- ✓ جشنوارههای گردشگری کشاورزی
- ✓ گردهمایی فنی گردشگری کشاورزی

سرفصل ها، عناوین، اهداف، محتوا و حجم مجموعهٔ این کارگاه‌ها در جدول ۲۱ ارائه شده است.

جدول ۲۱ عناوین، اهداف، محتوا و حجم کارگاههای آموزشی

کارگاه های آموزشی دارای ۴ سطح است :
سطح ۱: کارگاه آموزشی ویژه مدیران و کارشناسان دستگاه‌های دولتی ذینفع در برنامه؛ سطح ۲: کارگاه آموزشی ویژه کارشناسان دولتی و غیر دولتی محلی TOT گردشگری کشاورزی
سطح ۳: کارگاه آموزشی ویژه کشاورزان مرجع و مددکاران زن و مرد محلی TOF گردشگری کشاورزی؛ سطح ۴: کارگاه آموزشی ویژه شبکه مرجع گردشگری کشاورزی

سطوح دورههای اموزشی	مخاطبان	تعداد مخاطبان	حجم دوره	هدف اصلی دوره	شکل برگزاری
دوره آموزشی سطح اول	مدیران و کارشناسان دستگاه‌های دولتی (استانی)	۳۰ نفر در استان	یک دوره ۸ ساعته	انسجام سازمانی، کارِ گروهی، برنامهریزی مشارکتی، ظرفیتسازی و تغییر نگرش کارشناسان و مدیران دستگاهها در موضوع	دوره فشرده یک روزه به صورت کارگاهی
دوره آموزشی سطح دوم	کارشناسان دولتی و غیر دولتی محلی (شهرستان)	۱۵ نفر در هر سایت گردشگری	دوره متوالی در سه روز کاری ۶ ساعته	توانمندسازی و تربیت مربی محلی از کارشناسان و تشکلهای غیر دولتی برای همکاری در استقرار برنامه	۱۸ ساعت کارگاهی
دوره آموزشی سطح سوم	مددکاران محلی (دهستان)	۳۰ نفر در دهستان	سه جلسه کارگاهی	توانمندسازی مددکاران و کشاورزان مرجع محلی به عنوان تسهیلگران محلی کشاورزی پایدار در سایت مزرعهای	سه جلسه منظم به صورت دورههای منظم دو هفته یکبار در سه ساعت برای هر جلسه
دوره آموزشی سطح چهارم	شبکه مرجع	تیمهای اجرایی	۶ جلسه کارگاهی فشرده	توانمندسازی	منظم

گام ۵: تدوین طرح عملیاتی بر اساس طرحهای مشارکتی در هستههای شتابدهندهٔ محلی، تصویب و پشتیبانی از اجرا در قالب شبکههای غیر دولتی

فرایند اصلی استقرار برنامه گردشگری کشاورزی با روش کار و ساختار استقرار شتابدهندهها و کمک به توسعه ایدهها در قالب استارتاپهای محلی صورت میگیرد تا از این طریق بستر و سازمان کارامد برای توسعه پایدار گردشگری کشاورزی به صورت ساده، کمهزینه، پایدار و مردمی به صورت نظاممند شکل گرفته و با تاکید بر این ظرفیت، برنامههای توسعه روستا بر پایهٔ بهبود درآمد مکمل در بخش کشاورزی و افزایش اشتغال جدید پیگیری میشود. هدف اصلی شتابدهنده در این طرح، تقویت اقتصاد روستایی مبتنی برتوسعه گردشگری کشاورزی است. ساختار شتابدهنده در این طرح، سامانه هوشمند مبتنی بر اطلاعات و فناوری است که امکان انتخاب، تعیین و رشد سریع و صحیح شرکتهای استارتاپی نوپا را بر اساس نقشه راه زنجیره ارزش گردشگری کشاورزی مهیا میسازد و مجموعهای هدفمند از خدمات مورد نیاز برای رشد آنها را از منظر منابع مالی، آموزشها و مشاوره، فناوریها و تجهیزات مختلف در یک بازه زمانی تقریباً کوتاه قرار میدهد.

این فرایند توسط این شتابدهنده با تدوین و ارائه مدل ویژه شتابدهی هوشمند مبتنی بر نظام اطلاعات و فناوری گروهی، مدل چندگانه سرمایهگذاری توسط بخشهای مختلف خصوصی، دولتی و نیمه دولتی، تعیین شبکه متفاوتی از مجریان محلی و مردمی برای اجرای طرحها با مشارکت در سرمایهگذاری و وجود شبکه مناسبی از مربیان و دستورالعملها و استانداردها صورت میگیرد. ماموریت ویژه شتابدهنده عبارت است از فعالسازی زنجیره گردشگری کشاورزی به صورت منطقهای و با مشارکت مردمی مبتنی بر مزیتها و ظرفیتهای اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، منابع و نظام کاربری محلی با هدف ارتقای بهرهوری در بخش کشاورزی و تابآوری کشاورزان خردهمالک در برابر شرایط تغییر اقلیم که این ماموریت با استقرار یک سامانه هوشمند مبتنی بر نظام جامع اطلاعات و با فعالیتهایی

ماموریت ویژه این شتابدهنده نیز عبارت است از طراحی و استقرار سامانه هوشمند شتابدهنده مبتنی بر مدیریت دانش، اطلاعات، استانداردها و ظرفیتهای بالقوه و بالفعل محلی گردشگری کشاورزی که در قالب یک چرخهٔ تامین و طی یک فرایند سیستمی، شامل ۱) شناسایی، ۲) بههمرسانی، ۳) پشتیبانی برای فعالسازی، ۴) استانداردسازی و ارتقای بهرهوری، ۵) خودگردانی، و ۶) توسعه فعالیت در حلقههای زنجیره ارزش اقتصادی، گردشگری کشاورزی را بر اساس مزیتهای منطقهای و با تاکید بر

مشارکت تولیدکنندگان محلی، ظرفیت‌های موجود، مشارکت نخبگان، صاحبان نوآوری، متخصصان، صاحبان سرمایه، فناوری و دانش محقّق میکند.

ساختار سرمایهگذاری و بازگشت سرمایه در شتابدهنده با تاکید بر ترکیب نظام سهامبندی سرمایهگذاران، استارتاپها و مجریان محلی در این طرح است که در چارچوب سیستماتیک مدیریت زنجیره تأمین مبتنی بر مشارکت و انسجام سازمانیافته بین چهار دسته ذینفع کلیدی، شامل ستاد احیای دریاچه ارومیه، سرمایهگذاری ابتدایی شتابدهنده برای طراحی و استقرار شبکه هوشمند، سهام استارتاپها و سرمایهها و مشارکت مردمی استوار است. این ساختار سرمایهگذاری با هدف پایدار کردن شبکه هوشمند ارتباطی بین ذینفعان زنجیره گردشگری کشاورزی در قالب یک سازمان کار منسجم ارتباطی برای ارائه و دریافت خدمات و تامین نیازهای هر یک از حلقههای زنجیره توسط سایر حلقهها

مبنای سرمایه‌گذاری بر مدیریت زنجیره تأمین استوار است که در یک چرخهٔ سازمان‌یافتهٔ مبتنی بر اطلاعات و ظرفیت‌های حلقه‌های زنجیره گردشگری کشاورزی جریان دارد. وظیفه شتاب‌دهنده استقرار این شبکه، بهمرسانی، آموزش و برقراری مدیریت زنجیره برقراری ارتباط سازمان یافته، مدیریت و هماهنگ‌سازی حلقههای مختلف زنجیره تولید تا مصرف در یک شبکه سازمانیافتهٔ خودکفا است. تسهیل‌گری و حمایت از فعالیت استارت‌اپ توسط شتاب‌دهنده‌ها در زمان محدود با سرعت بالا انجام میگیرد تا در یک دوره زمانی حداقل شش تا ۱۸ ماهه، فعالیت استارت‌اپ به حالت شرکتی مستقل توسعه یابد. مکانیسم حمایت از سرمایه‌گذاری شتاب‌دهنده بر اساس نوع فعالیت استارت‌اپی در یکی از مدلهای زیر صورت میگیرد:

۱) سرمایه‌گذاری مستقیم توسط شتابدهنده اصلی: شتابدهنده اصلی تمام فعالیت‌های مربوط به استارت‌اپ را از ایده تا استقرار در قالب یک پروژه درون سازمانی انجام می‌دهد؛ بر این اساس به استارت‌اپ به عنوان صاحب ایده سهم مشخصی از سود حاصل از اجرا به صورت دائم پرداخت میشود.

۲) کمک به سرمایه‌گذاری از طریق هدایت منابع سرمایه‌گذاری خصوصی: در این روش، بر اساس سازوکار موجود در سامانهٔ هوشمند شتابدهنده، تسهیلگری برای پیوند میان سرمایه‌گذار خصوصی و یا به عبارتی حامیِ مالی برای کمک به اجرای ایده استارت‌اپ توسط شتابدهنده صورت گرفته و این فعالیت منجر به تاسیس شرکت اجرایی مستقل با سرمایه‌گذاری مشترک دو طرف خواهد شد؛ در این بین بخشی از سود حاصل از این رویداد به سامانه پرداخت میشود.

۳) روش سرمایه‌گذاری هرمی: براساس این روش، مربیان مستقر در سامانه شتابدهنده تحت عنوان تسهیلگران برای استارت‌اپ‌ها فرصت‌های کاری ایجاد می‌کنند تا کالا و محصولات خود را از طریق این کمپانی‌ها در بازار ارائه کنند. سازمان‌ها و سرمایه‌گذاران در قبال سرمایه‌گذاری در آن‌ها سهامی از استارت‌اپ‌ها را به خود اختصاص می‌دهند و استارت‌اپ‌ها نیز سهم ثابتی را به عنوان عضویت در سامانه پرداخت خواهند کرد.

۴) سرمایه‌گذاری کوچک: این فعالیت از طریق هدایت سرمایه‌های کوچک در قالب تسهیلات به مجریان محلی است که با هدف دسترسی به تحولات فناورانه بدون سرمایه‌گذاری‌های بزرگ است. مدل‌های گوناگون حمایت از سرمایه‌گذاری شتاب‌دهنده بر اساس نوع فعالیت استارت‌اپی و سهم ذینفعان در جدول ۲۲ نشان داده شده است.

جدول ۲۲. مدل سرمایه‌گذاری و سهم هر یک از دینفعان در شتابدهنده هوشمند برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

مشارکتکنندگان در سرمایه‌گذاری	نحوه سرمایه‌گذاری		بازگشت سرمایه و سود مشارکت
	سهم نقدی	سهم غیر نقدی	
ستاد احیای دریاچه ارومیه	اعطای اعتبارات حمایتی برای مطالعات شناخت و زونبندی و سامانه هوشمند	اعطای مجوزها، اطلاعات، پشتیبانی قانونی، علمی و نیروی انسانی	تحقق اهداف ملی
نهاد مجری شتابدهنده	تامین سرمایه برای اجرای مطالعات شناخت، استقرار سامانه هوشمند، بهمرسانی، برگزاری استارت‌اپ ویکندهای منطقهای و فعال ازی	نیروی انسانی متخصص، تجربیات کاری، فناوری، مدل کاری تخصصی	دریافت حق عضویت و درصد از قراردادها، تبلیغات و توسعه مدل در مناطق مختلف، برندسازی، حق مسئولیت
ظرفیت‌ها، ابزار، منابع جامعه محلی و مردمی	حق عضویت در سامانه	زمین، کار، نیروی انسانی، تولید، منابع تولید، کارگاه‌های موجود	کم شدن هزینه تولید، کاهش خسارت، ارتقای بهرهوری در واحد تولید، عرضهٔ مستقیم محصول
استارت‌اپها، نخبگان و متخصصان تعیینشده	حق عضویت در سامانه	ایده، فناوری	سود مستقیم یا دریافت سهمی دایمی از سود حاصل از اجرای ایده
سرمایهگذاران و فعالان خصوصی	حق عضویت در سامانه، تامین سرمایه طرحهای استارت‌اپ	امکانات و ظرفیت‌های فعال و غیر فعال موجود در بخش‌های مختلف	سود مستقیم و یا سهم از سود حاصل از سرمایه‌گذاری در طرح
نهادهای دلتی و موسسات اعتباری، صندوق اعتباری توسعه روستایی، بانکها	جهتدهی اعتبارات و وامهای مرتبط با سرمایهگذاران خصوصی و جوامع محلی	پشتیبانی قانونی، مجوزها، امکانات غیر نقدی موجود، آموزشها	جهت‌دهی اعتبارات، سود بازپرداخت وامها، بیمهها

منبع: مهدوی دامغانی (۱۳۹۷)

بر اساس این برنامهٔ عملیاتی و مدل سرمایه‌گذاری، بعد از استقرار سامانه هوشمند توسط شتابدهنده اصلی که شامل فرایند طراحی ساختار سامانه، زونبندی، شناخت و تعیین مزیتها و اولویتها برای تکمیل و یا فعالسازی حلقههای زنجیره گردشگری کشاورزی به صورت منطقهای است، فرایند انتخاب استارت‌اپها برای ارائه ایده در محورهای تعیینشده مبتنی برفعالسازی حلقههای مفقود و یا غیر فعال و کماثر زنجیره صورت میگیرد.

گام ۶: نظارت و ساماندهی توسعه پایدار اهداف در سطح محلی

این گام با هدف کاهش تصدیگری دولت و نهادینهسازی فرایند توسعه گردشگری کشاورزی با استفاده از ظرفیتهای بومی با ایجاد تعاونیهای تخصصی گردشگری کشاورزی از طریق بسترسازیهای اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و حمایت و توانمندسازی این تشکلها، آموزش و تقویت خودباوری و ارتقاء روحیه مشارکت در اعضا، موفقیت و کارایی تعاونیها در طرحهای گردشگری کشاورزی محقق میگردد. از گذشتههای دور، وجود واحدهای جمعی و نهادهای مشارکتی، بیانگر این موضوع است که مشارکت، تعاون و همکاری مردم در کارها، بهویژه در روستاها و در میان کشاورزان پیشینهٔ دیرینه دارد. مشارکت مردم در طرحها در راستای اصل ۴۴ قانون اساسی بهترین شیوه جهت دستیابی به خصوصیسازی است؛ مشارکت‌های مردمی اگر بر پایه علمی و صحیح استوار شود باعث کاهش تصدیگری دولت و پر رنگ کردن نقش اجتماعات مردمی خواهد شد. اجتماعات مردمی در قالب سازمان‌های مردم‌نهاد، نظیر تشکلها یا تعاونیها می‌تواند در کاهش تصدیگری دولت در طرحها و خصوصی‌سازی کمک کرده و موجب اشتغالزایی، ارتقاء درآمد و توان اقتصادی روستائیان شود. واگذاری کار مردم به مردم موجب افزایش

ایجاد تشکلهای گردشگری کشاورزی به‌منظور ظرفیت‌سازی و ایجاد زیرساختهای اجتماعی در مناطق هدف پروژه، اهمیت ویژهای در تثبیت، پایداری و استقرار راهکارهای حاکمیتی گردشگری کشاورزی در بخش کشاورزی دارد. از آنجا که موفقیت و کارایی این تعاونی‌ها نیازمند پشتیبانی از آنهاست، بنابراین به منظور پویایی و پایداری این تعاونیها باید به بسترسازی و زمینهیابی تشکلها جهت حضور در تصمیمگیریها و مدیریت پروژهها توجه شود. تجارب موجود در بخش کشاورزی نشان میدهد که شرط برقراری مشارکت در بین بهرهبرداران وجود یک سازمان و یا تشکل است. در همین راستا زمینهسازی ایجاد تشکلهای گردشگری کشاورزی، توانمندسازی جهت ایجاد خودباوری و تقویت روحیه مشارکتی بهرهبرداران به منظور حضور در تصمیمگیری و تصمیمسازی از مواردی است که باید مورد

***

از آنجا که ایجاد و راهاندازی تشکلهای گردشگری کشاورزی مستلزم توانمندسازی و ایجاد آمادگی روانی در کشاورزان و افزایش قدرت تشخیص و تحلیل آنان در رابطه با منافع فردی و اجتماعی است، لذا در این برنامه قبل از ایجاد تعاونیها، با کاربست روشها و فنون رهیافت مشارکتی، ظرفیتها و توانمندیهای لازم در سطح سازمانها و ادارات دولتی ذیربط و جامعه محلی ایجاد و ارتقاء داده میشود تا پس از واگذاری مدیریت به تشکلها، توانایی برنامهریزی و اداره تاسیسات واگذارشده به آنها را دارا باشند. برنامههای انتقال مدیریت، با تقویت نهادها و ساختارهای موجود، تجهیز منابع مالی پایدار و ارتقای سطح مهارت بهرهبرداران و مشارکت و دخالت آنان در تمامی مراحل طراحی، احیا و نوسازی تاسیسات و ساختارهای تشکیلاتی صورت میگیرد.

تجارب جهانی نشان میدهد بیتوجهی و نادیده گرفتن انتظارات، عقیده و مشارکت بهرهبرداران میتواند موجب بروز معضلات جدی در سر راه اجرای پروژه شود. در این راستا با دستیابی به تفاهم و نظرات ذینفعان با کاهش مقاومتهای اجتماعی موجب افزایش همراهی و همکاری بهرهبرداران در جهت تقویت و تجهیز سرمایههای اجتماعی و نهادینه کردن مشارکت مردمی شده و باعث میشود ذینفعان از طریق دستیابی به توافقات گروهی و در قالب تشکلها و تعاونیها و با استفاده از همفکری در جهت حل مسایل اجرا به بهرهبرداری کمک نموده و به اجرای پروژه سرعت بخشند. ادامه حیات تشکلها بستگی مستقیم با تامین هزینههای اجرایی و اهتمام به آموزش و حمایتهای فنی و تامین وسایل و امکانات اولیه دارد. در این پروژه با بهرهگیری از ظرفیتهای موجود، استفاده از تحولات پیرامونی به خصوص بهرهگیری از فناوریهای نو، استفاده از منابع و بالاخره سرمایههای انسانی دانشمدار و مهارتیافته، به کارگیری سازوکاری پویا در فرآیند

در این طرح اقدامات ذیل برای تشکیل این سامانهها پیشبینی شده است:

۱) برگزاری کلاسهای آموزشی، مشاورهای و فنی اعضای تعاونیهای گردشگری کشاورزی،

۲) تجهیز و اسکان تعاونیها و تهیه ملزومات مورد نیاز آنها،

۳) حمایتهای حقوقی و قانونی تشکلهای گردشگری کشاورزی،

۴) پشتیبانی مالی ومدیریتی جهت ارتقاء توانائی مدیریتی اعضاء هیئت مدیره تشکل گردشگری کشاورزی، آموزش و پشتیبانی مشاورهای شامل مواردی همچون مهارتهای کلی مدیریت حسابداری، مدیریت مالی، مدیریت کارکنان، تجهیز منابع اعتبارات ویارانهها، تعیین یک نظام کارآمد و مؤثر تا رسیدن به خودکفائی مالی، و

۵) اولویت دادن به تشکلهای گردشگری کشاورزی درخصوص پرداخت تسهیلات بانکی و اعتبارات دولتی به این تشکلها تازمانی که به خودکفائی مالی برسند.

علاوه بر این، در این مرحله به خصوص در طرح پایلوت، یک سامانه جامع مستندسازی فنی و فرایندی با محتوای گزارشنویسی، گزارشگیری، ثبت گزارش‌های دریافتی، دستهبندی، تحلیل، ثبت و آرشیو گزارش‌های فنی و فرایندی در یک چارچوب مشخص طراحی و مستقر میشود. این سامانه بخش مهمی از اقدام برای ارزشیابی بیرونی و درونی طرح پایلوت گردشگری کشاورزی محسوب می‌شود که جزئیات آن در جدول ۲۳ تشریح شده است.

جدول ۲۳. طرح‌وارهٔ اقدامات لازم در برنامهٔ عملیاتی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در ایران

عنوان اقدام	شرح اقدام	جزئیات اقدام				
شبکهسازی محلی گردشگری کشاورزی	شبکهسازی منطقهای برای توسعه نتایج، تشکل محلی	کارگاههای آموزش عوامل اجرایی	کارگاههای مشارکتی	جلسات سازماندهی تشکلهای مدیریت کانون	جلسات طراحی شبکه مدیریت محلی	پیگیری اداری
	توضیح: این فعالیت بعد از اجرای سایتهای پایلوت با هدف توسعه نتایج صورت میگیرد					
ارزیابی مشارکتی سایتهای پایلوت برای توسعه محلی	تحلیل مستندات، نتایج و تغییرات سایت گردشگری کشاورزی	ثبت مستندات و اطلاعات	جلسات ارزیابی مشارکتی گروه هدف	جلسات ارزیابی مشارکتی فنی	جلسات ارزیابی مزرعهای در روز مزرعه	کارگاههای ارزیابی موضوعی در بازدیدهای گروهی
		در طول اجرای برنامه گردشگری کشاورزی سازماندهی می شود				
مستندسازی	مستندسازی همه فعالیتهای سایت گردشگری	تدوین گزارش روزانه	تدوین گزارش ماهانه	تدوین شناسنامه سایت	گزارش‌های تصویری	تجزیه و تحلیل اطلاعات
		پایان هر فعالیت	پایان هر ماه	پایان هر سایت	طول دوره	پایان سایت
توسعه محلی برنامه	حمایت از سامانههای محلی	کارگاههای آموزشی و حمایتی	پشتیبانی قوانین از سامانههای محلی	استقرار شبکه پایش و برنامهریزی محلی	کارگاههای تبیین وظایف گروههای محلی	استقرار قانونی شبکه مدیریت محلی

گردشگری کشاورزی	گردشگری کشاورزی			و تسهیلگری بین بخشی		
بعد از اجرای سایت						

منبع: مهدوی دامغانی (۱۳۹۷).

۸

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی دستاوردها

الف) بررسی نوسانات آب‌وهوایی و اثرات آن بر تولیدات کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

پژوهش حاضر در مورد وقوع یا عدم وقوع نوسان‌های اقلیمی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و اثرات و پیامدهای آن بر تولید محصولات کشاورزی به دنبال یافتن پاسخ پرسش‌های سه‌گانه زیر بوده است:

پرسش ۱: آیا متغیرهای آب و هوایی (دما و بارش) طی سال‌های مورد مطالعه تغییر قابل ملاحظه‌ای کرده‌اند؟

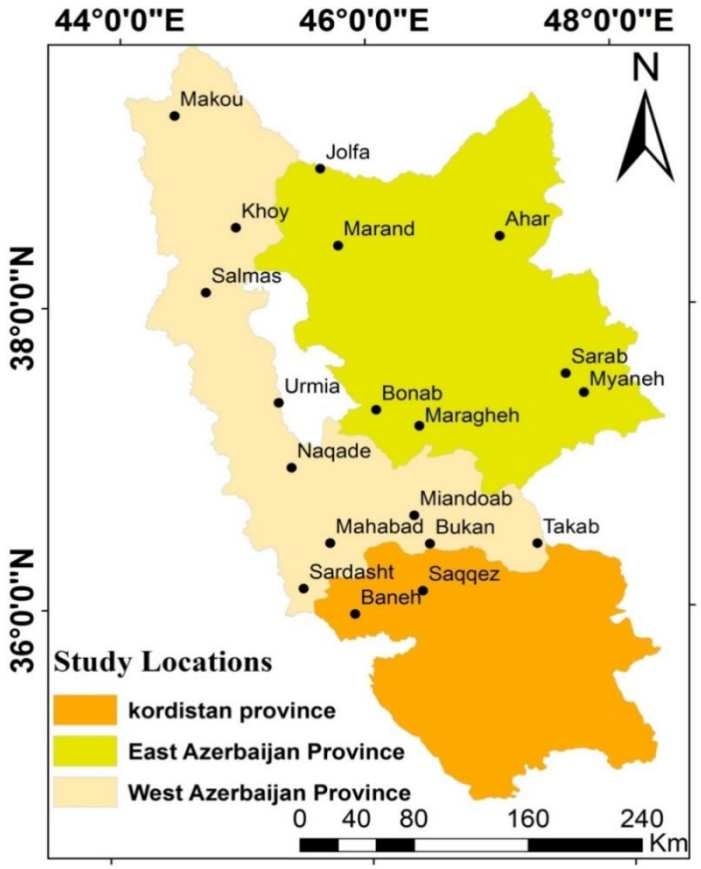
پرسش ۲: آیا نوسانات آب‌وهوایی طی سال‌های گذشته و سال‌های آینده، عملکرد محصولات راهبردی، نظیر گندم،کلزا و ذرت را در حوضه تحت تاثیر قرار داده است؟

پرسش ۳: آیا اثرات نوسانات آب‌و هوایی بر عملکرد این محصولات راهبردی در همه مناطق حوضه یکسان بوده است؟

۸-۱ تحلیل وقوع و شدت نوسانات آب‌وهوایی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

برای بررسی احتمال وقوع نوسانات آب‌وهوایی در منطقه و شدت و فراوانی آن، یک مطالعه گسترده با استفاده از یافته‌های موجود و همچنین پژوهش جدید صورت گرفت. منطقه مورد مطالعه شامل ۱۹ شهرستان در پیرامون حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان بود. در این مطالعه، شهرستان‌های جلفا، مرند، اهر، سراب، میانه، بناب و مراغه مربوط به استان آذربایجان شرقی، شهرستان‌های ماکو، خوی، سلماس، ارومیه، نقده، میاندوآب، مهاباد، بوکان، تکاب و سردشت مربوط به استان آذربایجان غربی و شهرستان‌های بانه و سقز مربوط به استان کردستان بوده‌اند. از متغیرهای اقلیمی، شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) و

مجموع بارندگی (میلی‌متر) همگی در مقیاس روزانه استفاده شد. اطلاعات مربوط به این متغیرهای اقلیمی از سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب جمع‌آوری شد. این اطلاعات آب و هوایی برای برخی ایستگاه‌ها طی بازه۳۰ ساله (سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۶)، برای برخی ایستگاه‌ها طی بازه ۱۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۱) و برای دو ایستگاه طی بازه ۱۰ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۶) مورد بررسی قرار گرفت؛ موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و ۱۹ ایستگاه سینوپتیک در پیرامون حوضه آبریز دریاچه ارومیه

در این مطالعه از شاخص خشکی[1] برای کمّی کردن پدیده خشکی استفاده شد تا یک شاخص عددی از خشکی هر منطقه در دسترس باشد. در این مطالعه از اطلاعات مربوط به مجموع بارندگی و متوسط دمای روزانه برای محاسبه شاخص خشکی (AI) استفاده شد. اگر میزان شاخص خشکی بالاتر از ۵۵ باشد بدین معنی است که اقلیم دارای آب و هوای بسیار مرطوب است، اگر در بازه ۵۵-۳۰ باشد

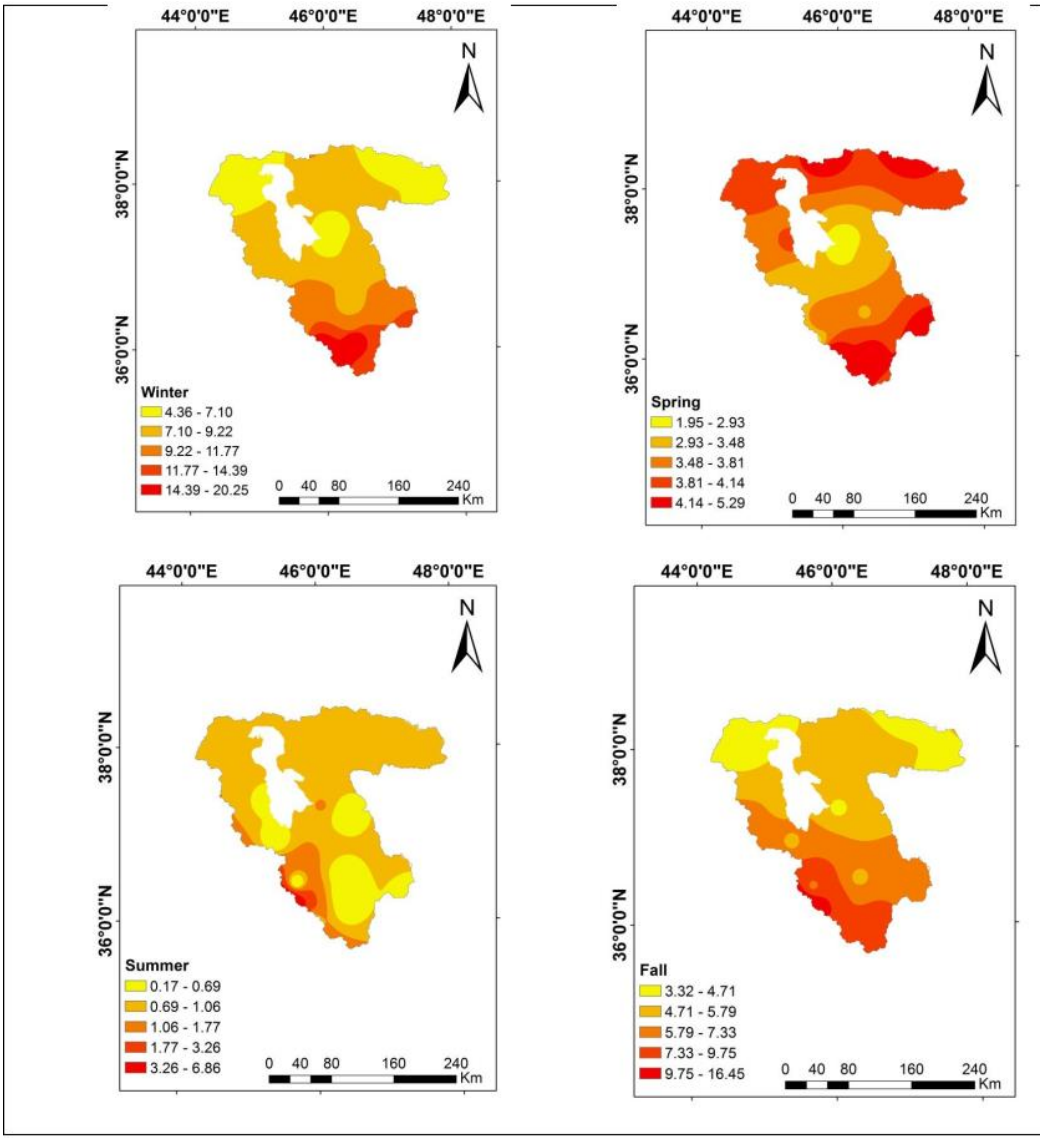
1- Aridity Index (AI)

در کلاس مرطوب قرار می‌گیرد. اگر مقدار عددی شاخص خشکی در دامنهٔ ۲۰-۳۰ قرار بگیرد، اقلیم کلاس از نوع نیمه مرطوب بوده و اگر در بازه ۱۹/۹۹-۱۰ باشد، اقلیم در کلاس نیمه خشک طبقه بندی می‌شود. همچنین اگر میزان شاخص خشکی کمتر از ۱۰ باشد اقلیم در ناحیهٔ خشک طبقه‌بندی می‌شود.

تغییرات زمانی دماهای کمینه، بیشینه و بارندگی در طی سال‌های مورد بررسی محاسبه شد. در ابتدا میانگین دماهای کمینه و بیشینه و مجموع بارندگی در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه محاسبه شد و سپس نقشه‌های توزیع مکانی تغییرات این متغیرها در ابعاد زمانی ذکر شده رسم شد. جهت بررسی میزان و نوع تغییرات متغیرهای اقلیمی و شاخص خشکی طی سال‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌های هدف از رگرسیون خطی ساده استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون همبستگی من کندال، روند معنی‌داری تغییرات بارش در ابعاد سالانه اندازه‌گیری شد. در ادامه باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول سال‌های بررسی رسم شد.

شاخص خشکی. نتایج حاصل از توزیع مکانی شاخص خشکی در ابعاد سالانه نشان می‌دهد که وضعیت اقلیمی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه متفاوت است، به طوری که قسمت‌های جنوبی منطقه دارای شاخص خشکی بالاتری نسبت به قسمت‌های شمالی است و در محدوده ایستگاه‌های مطالعه‌شده هر چه عرض جغرافیایی افزایش پیدا می‌کند، اقلیم خشک‌تر می‌شود. همچنین از نظر طبقه‌بندی خشکی منطقه مورد مطالعه در سه کلاس نیمه مرطوب (قسمت‌های جنوبی)، نیمه خشک (قسمت‌های میانی) و خشک (قسمت‌های شمالی) قرار گرفته‌اند. میزان تغییرات شاخص خشکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه ۱۰/۵۴ تا ۲۵/۷۱ بود. بررسی شاخص خشکی در ابعاد فصلی نشان داد که شاخص خشکی در فصل پاییز و زمستان بیشترین مقدار را در منطقه دارد و مطابق انتظار کمترین شاخص خشکی مربوط به فصل تابستان است. بیشترین پراکنش در شاخص خشکی فصلی با دامنه تغییرات تقریبا برابر با ۱۵ مربوط به فصل زمستان بود، در حالی که کمترین پراکنش شاخص خشکی در فصل بهار مشاهده شد (با دامنه تغییرات کمتر از ۳/۵). در فصل زمستان و پاییز با افزایش عرض جغرافیایی وضعیت اقلیم خشک‌تر می‌شود. در این فصول بخش زیادی از منطقه (عمدتاً در قسمت مرکزی تا جنوبی) در کلاس نیمه خشک طبقه بندی می‌شود (۲۰ >AI> ۱۰)، حال آن که قسمت‌های شمالی با مقدار شاخص خشکی کمتر از ۱۰ در کلاس خشک طبقه‌بندی می‌شود.

نتایج شکل ۲ همچنین نشان دادکه در فصل بهار و تابستان کمربند میانی مناطق مطالعه‌شده دارای شرایط خشک‌تری نسبت به نواحی شمالی و جنوبی هستند. در مقایسه بین دو فصل بهار و تابستان، خشکی کمربند میانی نسبت به نواحی شمالی و جنوبی در فصل تابستان مشهودتر است.



شکل ۲. توزیع مکانی شاخص خشکی در ابعاد فصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های مورد مطالعه.

روند تغییرات شاخص خشکی در ابعاد ماهانه در منطقه نشان داد که به طور کلی مقدار شاخص خشکی از ژانویه تا جولای روند کاهشی داشته و از جولای تا دسامبر روند افزایشی دارد. همچنین نتایج حاکی از وجود یک روند در تغییرات شاخص خشکی ماهانه است. در ماه‌های اول سال (ژانویه و فوریه) مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه مرطوب‌تر از مناطق شمالی است و هر چه به اواسط سال نزدیک می‌شویم این تفاوت کم‌رنگ‌تر می‌شود تا جایی که در ماه ژوئن نواحی بالایی مقدار شاخص خشکی

بالاتری نسبت به نواحی جنوبی دارند و مرطوب‌تر هستند. در نیمه دوم سال (از جولای تا دسامبر) مناطق جنوبی مرطوب‌تر می‌شوند و رفته رفته این روند به سمت قسمت‌های بالایی پیشروی می‌کند و هم‌زمان مناطق جنوبی نیز مرطوب‌تر می‌شوند.

بررسی نتایج به دست‌آمده از شاخص خشکی در ابعاد سالانه، فصلی و ماهانه نشان می‌دهد که شاخص خشکی سالانه در منطقه مورد مطالعه متاثر از شاخص خشکی در فصل پاییز و زمستان است. همچنین در فصل پاییز و زمستان ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر مهم‌ترین ماه‌ها جهت تعیین کلاس اقلیم منطقه به شمار می‌آیند. همچنین به طور کلی ناحیه جنوبی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با ناحیه شمالی دارای اقلیم مرطوب‌تری است. به همین ترتیب ناحیه غربی در مقایسه با ناحیه شرقی اقلیم مرطوب‌تری دارد. ناحیه جنوب غربی منطقه مورد مطالعه که مربوط به شهرستان‌های سردشت و بانه است، بهترین شرایط را از نظر شاخص خشکی در ابعاد ماهانه، فصلی و سالانه نشان داد.

متغیرهای اقلیمی در ابعاد سالانه

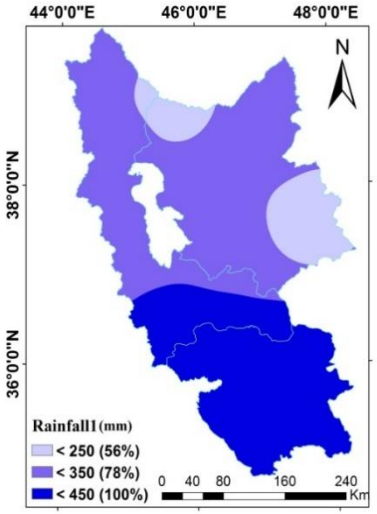
تغییرات دمای کمینه در این منطقه در محدوده ۲/۶۱+ تا ۸/۰۸+ درجه سانتی‌گراد است. نتایج نشان داد ناحیه مرکزی منطقه حوضه آبریز دریاچه ارومیه در مقایسه با نواحی شرقی و غربی دارای متوسط دمای کمینه سالانه بیشتری است. توزیع متوسط دمای بیشینه سالانه نشان که ناحیه غربی در مقایسه با ناحیه شرقی گرم‌تر است. همچنین نواحی شمالی در مقایسه با نواحی جنوبی نسبتاً دارای دمای بیشینه پایین‌تری هستند. تغییرات متوسط بیشینه در منطقه هدف بین ۱۶/۵۰+ تا ۲۰/۰۵+ درجه سانتی‌گراد بود. با مقایسه توزیع متوسط دمای کمینه و بیشینه در منطقه می‌توان گفت که تغییرات مکانی متوسط دمای کمینه نسبت متوسط دمای بیشینه زیادتر است، به نحوی که دامنه تغییرات متوسط دمای کمینه و بیشینه به ترتیب برابر با ۵/۴۷ و ۳/۵۵ درجه سانتی‌گراد است. یافته مهم دیگری که از مقایسه توزیع مکانی متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه به دست می‌آید عبارت است از نحوه تغییرات زمانی دما در این منطقه: نواحی شمالی دارای متوسط دمای کمینه بیشتری نسبت به اکثر مناطق دیگر هستند، در حالی که همین نواحی دارای متوسط دمای بیشینه کمتری نسبت به سایر مناطق هستند که نشان می‌دهد میزان تغییرات سالانه دما در عرض‌های بالاتر منطقه کمتر از نواحی دیگر است. در مقایسه استانی می‌توان گفت که کمترین میزان تغییرات بین دمای کمینه و دمای بیشینه در ابعاد سالانه مربوط به آذربایجان شرقی است. تغییرات مجموع بارندگی سالانه در منطقه مورد نظر از ۲۳۱/۴۷ تا ۵۹۶/۷۵ میلی‌متر در سال است. به طور کلی روند تغییرات مقدار

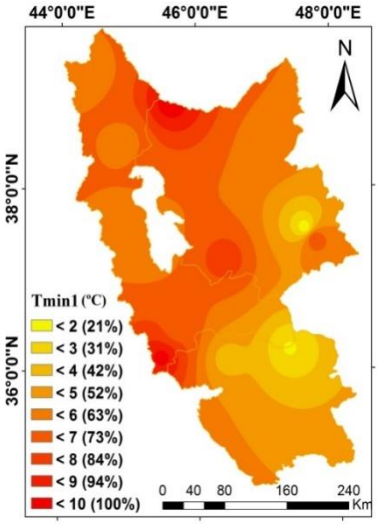
بارش سالانه در این مناطق به این شکل هست که هر چه به عرض‌های پایین‌تر حرکت می‌کنیم مقدار بارندگی افزایش پیدا می‌کند.

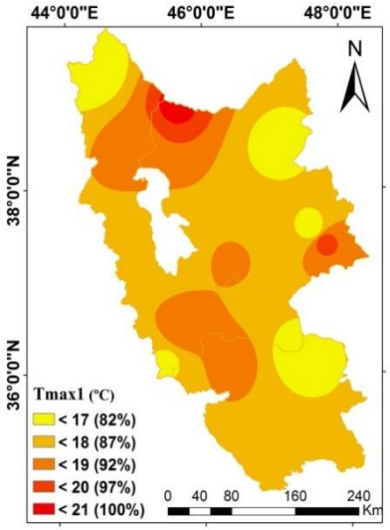
تغییرات متغیرهای اقلیمی در بازه‌های پنج ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ (شش دوره)

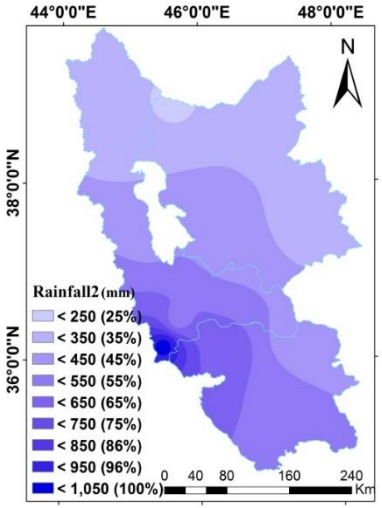
روند تغییرات مکانی مقدار مجموع بارندگی، متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه در ابعاد سالانه و برای دوره‌های ۵ ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است. روند تغییرات مکانی مقدار مجموع بارندگی سالانه نشان می‌دهد که مقدار بارندگی در نواحی جنوبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در هر شش دوره مطالعه شده بیشتر از نواحی شمالی است. به عبارت دیگر، در کل حوضه آبریز مقدار بارندگی سالانه با افزایش عرض جغرافیایی رابطه معکوس نشان داده است و با افزایش عرض جغرافیایی مقدار بارندگی کاهش یافته است. از میان دوره‌های مطالعه‌شده دوره اول (۱۹۹۰-۱۹۸۶) کم‌ترین میزان پراکنش مکانی را در منطقه مورد مطالعه نشان داد در حالی که در دوره دوم (۱۹۹۵-۱۹۹۱) و دوره چهارم (۲۰۰۵-۲۰۰۱) بیشترین تنوع مکانی را از نظر بارندگی نشان دادند.

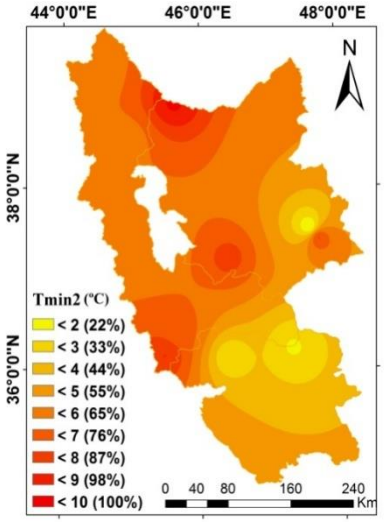
بررسی تغییرات دمای کمینه در حوضه آبریز حاکی از این است که منطقه شرقی در مقایسه با منطقه غربی سردتر شده است. به طور کلی دمای هوای کمینه در طول دوره‌های مورد مطالعه روند افزایشی داشته است، به طوری که مساحت زمین‌های زیر ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش و بالای ۹ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است. از بین ایستگاه‌های انتخاب شده کمترین دمای کمینه در طول تمامی دوره‌های مطالعه شده مربوط به تکاب، سقز و سراب است در حالی که بیشترین دمای کمینه مربوط به جلفا، مراغه و سردشت است. بررسی روند تغییرات دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه به وضوح بیان می‌کند که با گذشت زمان مقدار دمای بیشینه افزایش داشته است. همچنین نقشه‌های دمای بیشینه در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد که در دو دوره اول جنوب حوضه آبریز خنک‌تر از سایر نواحی بوده است، ولی رفته رفته در این نواحی دمای بیشینه افزایش یافته است، به طوری که در سال‌های پایانی، جنوب حوضه در مقایسه با شمال آن دمای بیشینه بالاتری نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر می‌توان گفت در دوره‌های اخیر با افزایش عرض جغرافیایی دمای بیشینه کاهش یافته است.

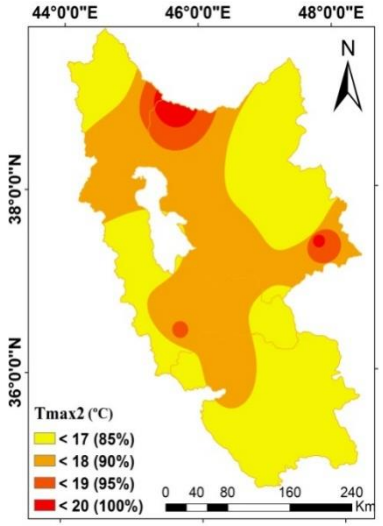

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall1 (mm)
< 250 (56%)
< 350 (78%)
< 450 (100%)
0 40 80 160 240
Km

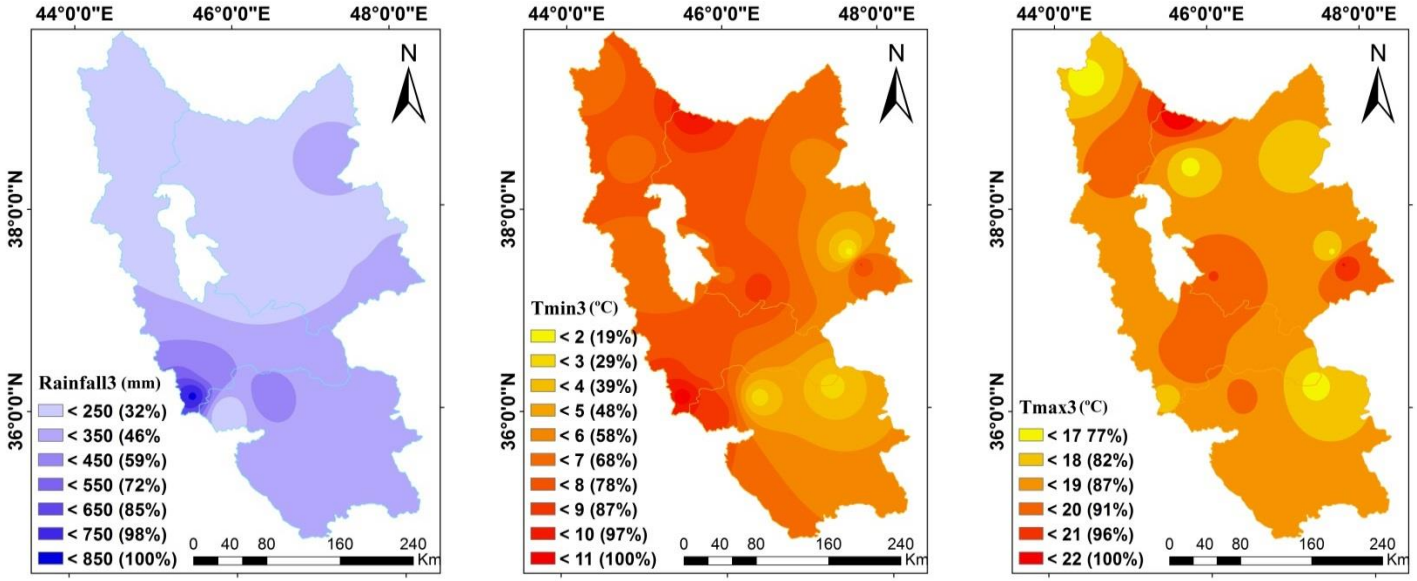

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Tmin1 (°C)
< 2 (21%)
< 3 (31%)
< 4 (42%)
< 5 (52%)
< 6 (63%)
< 7 (73%)
< 8 (84%)
< 9 (94%)
< 10 (100%)
0 40 80 160 240
Km

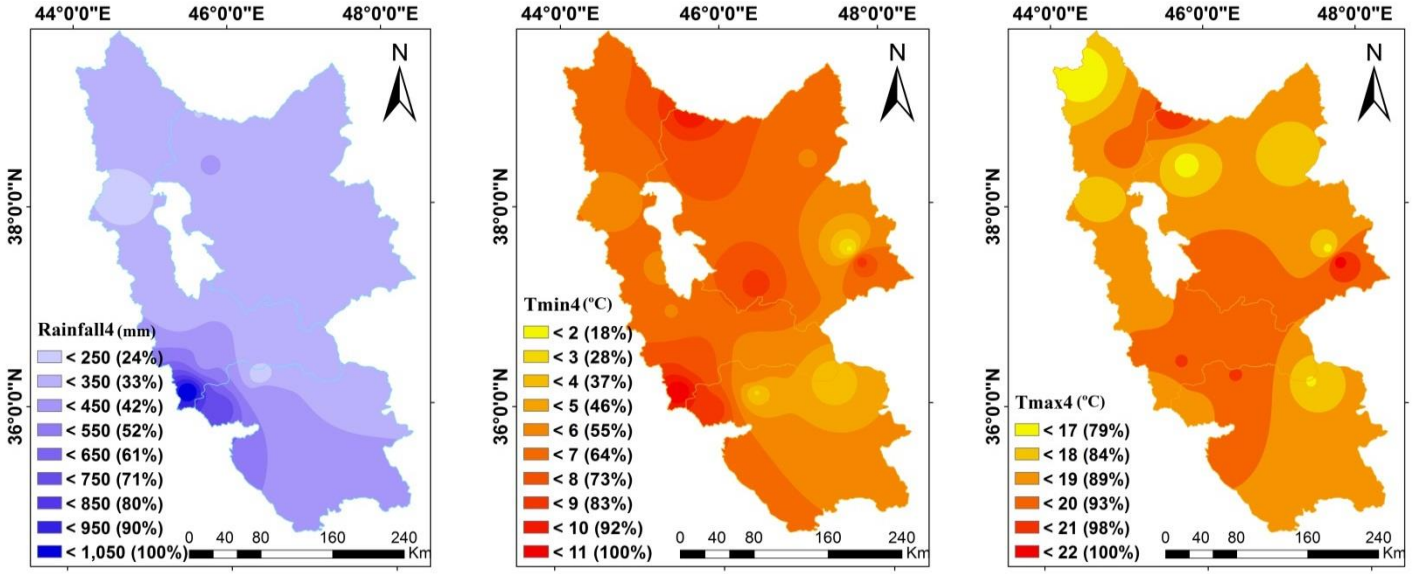

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Tmax1 (°C)
< 17 (82%)
< 18 (87%)
< 19 (92%)
< 20 (97%)
< 21 (100%)
0 40 80 160 240
Km

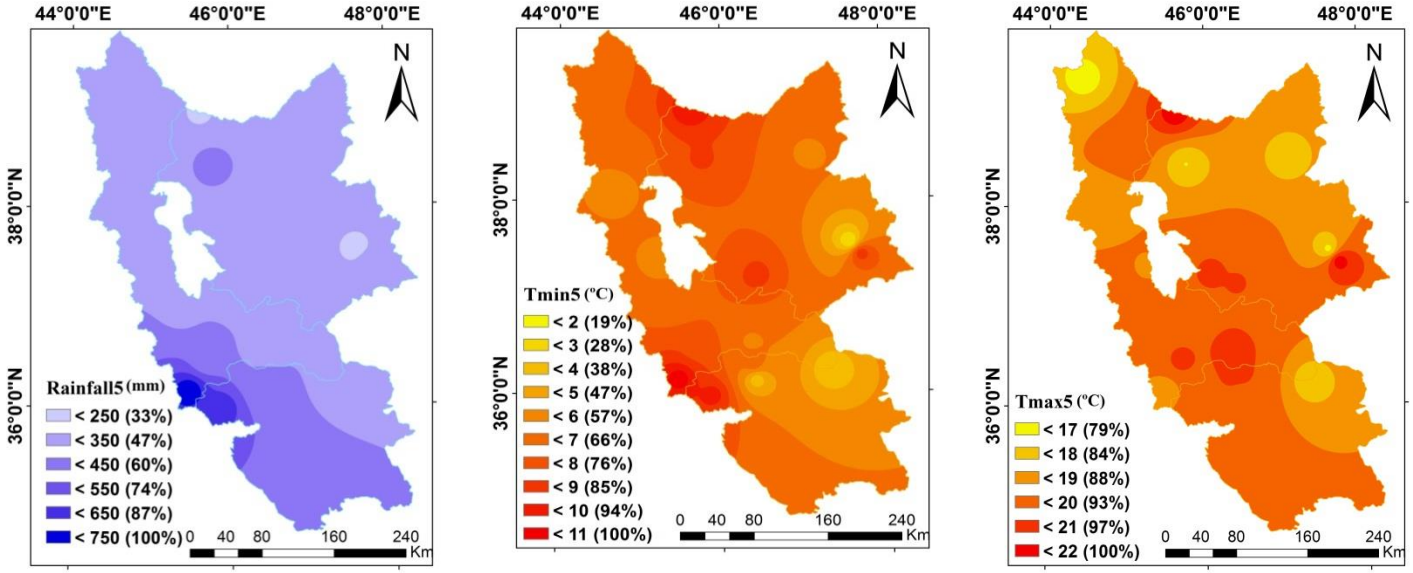

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall2 (mm)
< 250 (25%)
< 350 (35%)
< 450 (45%)
< 550 (55%)
< 650 (65%)
< 750 (75%)
< 850 (86%)
< 950 (96%)
< 1,050 (100%)
0 40 80 160 240
Km

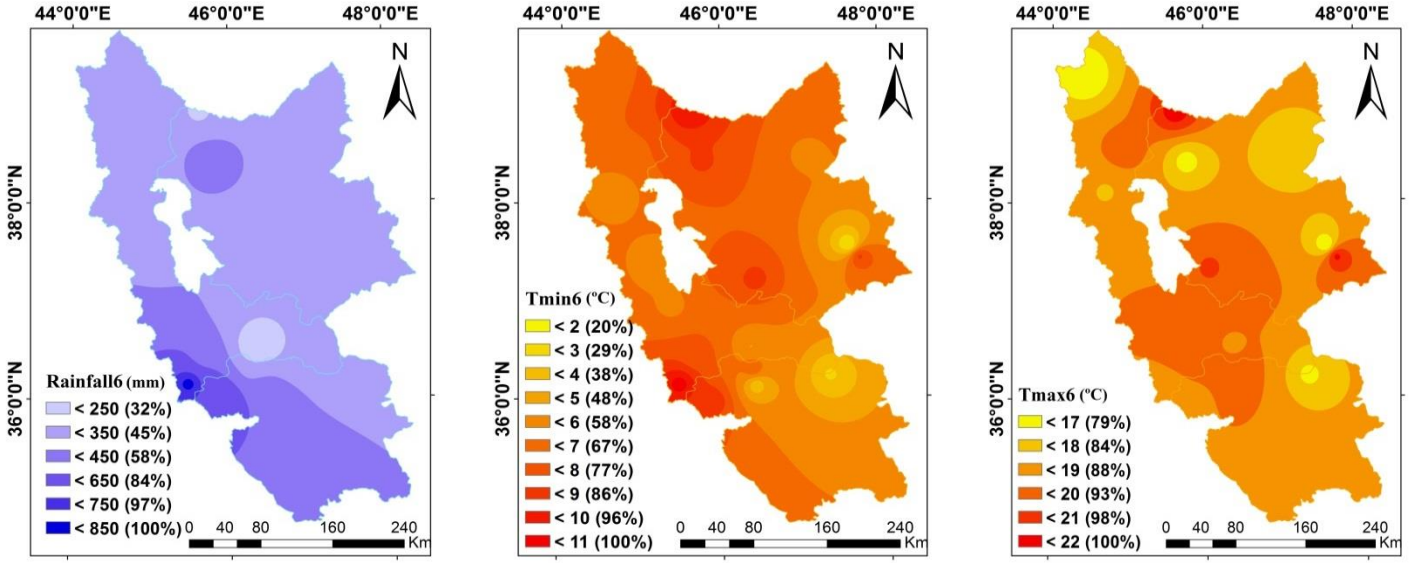

44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Tmin2 (°C)
< 2 (22%)
< 3 (33%)
< 4 (44%)
< 5 (55%)
< 6 (65%)
< 7 (76%)
< 8 (87%)
< 9 (98%)
< 10 (100%)
0 40 80 160 240
Km


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Tmax2 (°C)
< 17 (85%)
< 18 (90%)
< 19 (95%)
< 20 (100%)
0 40 80 160 240
Km


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall3 (mm)
< 250 (32%)
< 350 (46%
< 450 (59%)
< 550 (72%)
< 650 (85%)
< 750 (98%)
< 850 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin3 (°C)
< 2 (19%)
< 3 (29%)
< 4 (39%)
< 5 (48%)
< 6 (58%)
< 7 (68%)
< 8 (78%)
< 9 (87%)
< 10 (97%)
< 11 (100%)
Tmax3 (°C)
< 17 77%)
< 18 (82%)
< 19 (87%)
< 20 (91%)
< 21 (96%)
< 22 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall4 (mm)
< 250 (24%)
< 350 (33%)
< 450 (42%)
< 550 (52%)
< 650 (61%)
< 750 (71%)
< 850 (80%)
< 950 (90%)
< 1,050 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin4 (°C)
< 2 (18%)
< 3 (28%)
< 4 (37%)
< 5 (46%)
< 6 (55%)
< 7 (64%)
< 8 (73%)
< 9 (83%)
< 10 (92%)
< 11 (100%)
Tmax4 (°C)
< 17 (79%)
< 18 (84%)
< 19 (89%)
< 20 (93%)
< 21 (98%)
< 22 (100%)


44°0'0"E
46°0'0"E
48°0'0"E
38°0'0"N
36°0'0"N
N
Rainfall5 (mm)
< 250 (33%)
< 350 (47%)
< 450 (60%)
< 550 (74%)
< 650 (87%)
< 750 (100%)
0 40 80 160 240
Km
Tmin5 (°C)
< 2 (19%)
< 3 (28%)
< 4 (38%)
< 5 (47%)
< 6 (57%)
< 7 (66%)
< 8 (76%)
< 9 (85%)
< 10 (94%)
< 11 (100%)
Tmax5 (°C)
< 17 (79%)
< 18 (84%)
< 19 (88%)
< 20 (93%)
< 21 (97%)
< 22 (100%)



شکل ۳. تغییرات متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه و مجموع بارندگی در بازه‌های زمانی ۱۹۹۰-۱۹۸۶ (۱)، ۱۹۹۵-۱۹۹۱ (۲)، ۲۰۰۰-۱۹۹۶ (۳)، ۲۰۰۵-۲۰۰۱ (۴)، ۲۰۱۰-۲۰۰۶ (۵)، ۲۰۱۵-۲۰۱۱ (۶) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه.

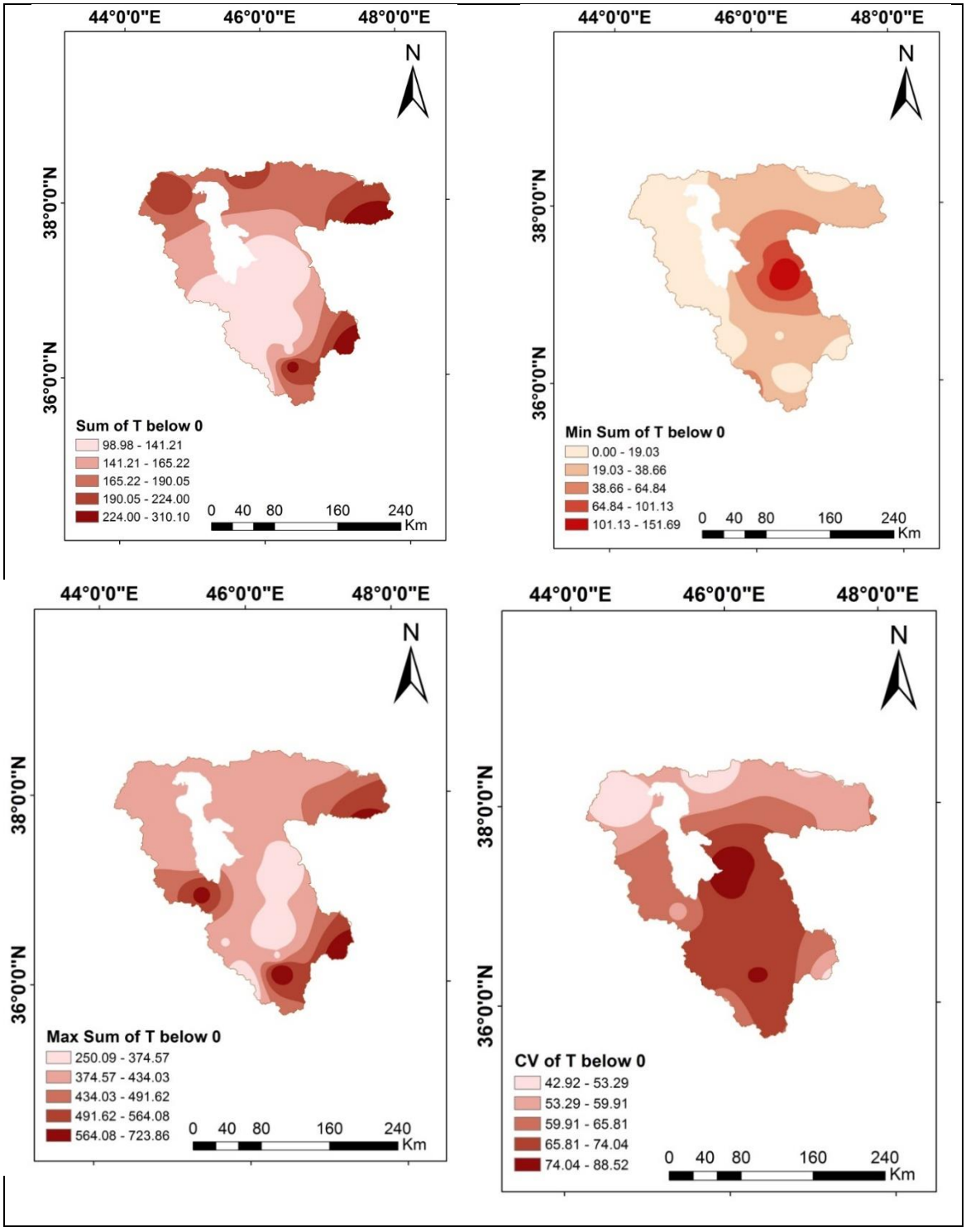
مقایسه دمای کمینه و بیشینه در طول دوره‌های مطالعه‌شده نشان می‌دهد که دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه افزایش چشمگیرتری داشته است. از طرفی میزان دامنه تغییرات دمای بیشینه کمتر از دمای کمینه است. همچنین در جنوب حوضه آبریز اختلاف بین دمای کمینه و بیشینه بیشتر از شمال آن است یا به بیان دیگر در این مناطق دامنه تغییرات دما بیشتر از نواحی شمالی است. به عنوان یک نتیجه گیری دیگر، در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه، با افزایش عرض جغرافیایی دامنه تغییرات دمایی کاهش یافته است.

روند تغییرات داده‌های آب و هوایی در ابعاد سالانه. به منظور بررسی دقیق‌تر و بهتر روند تغییرات متغیرهای اقلیمی و شاخص خشکی در منطقه مورد نظر، رگرسیون خطی این متغیرها در طول زمان مورد محاسبه قرار گرفت و رگرسیون خطی مربوط به هر ایستگاه به صورت جداگانه برای مجموع بارندگی سالانه، متوسط دمای کمینه و متوسط دمای بیشینه محاسبه شد. بررسی روند تغییرات آب و هوایی سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان‌دهنده تغییرات قابل‌توجهی در دماهای کمینه، بیشینه و مجموع بارندگی است. شیب تغییرات دمای کمینه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه (جز نقده) افزایشی است. همچنین نتایج نشان می‌هد که دمای کمینه در ایستگاه‌های مراغه، مهاباد و بوکان به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. میزان تغییرات دمای بیشینه در ایستگاه بانه با شیب ۰/۱۵+ درجه سانتی‌گراد به ازای هر سال شدیدتر است.

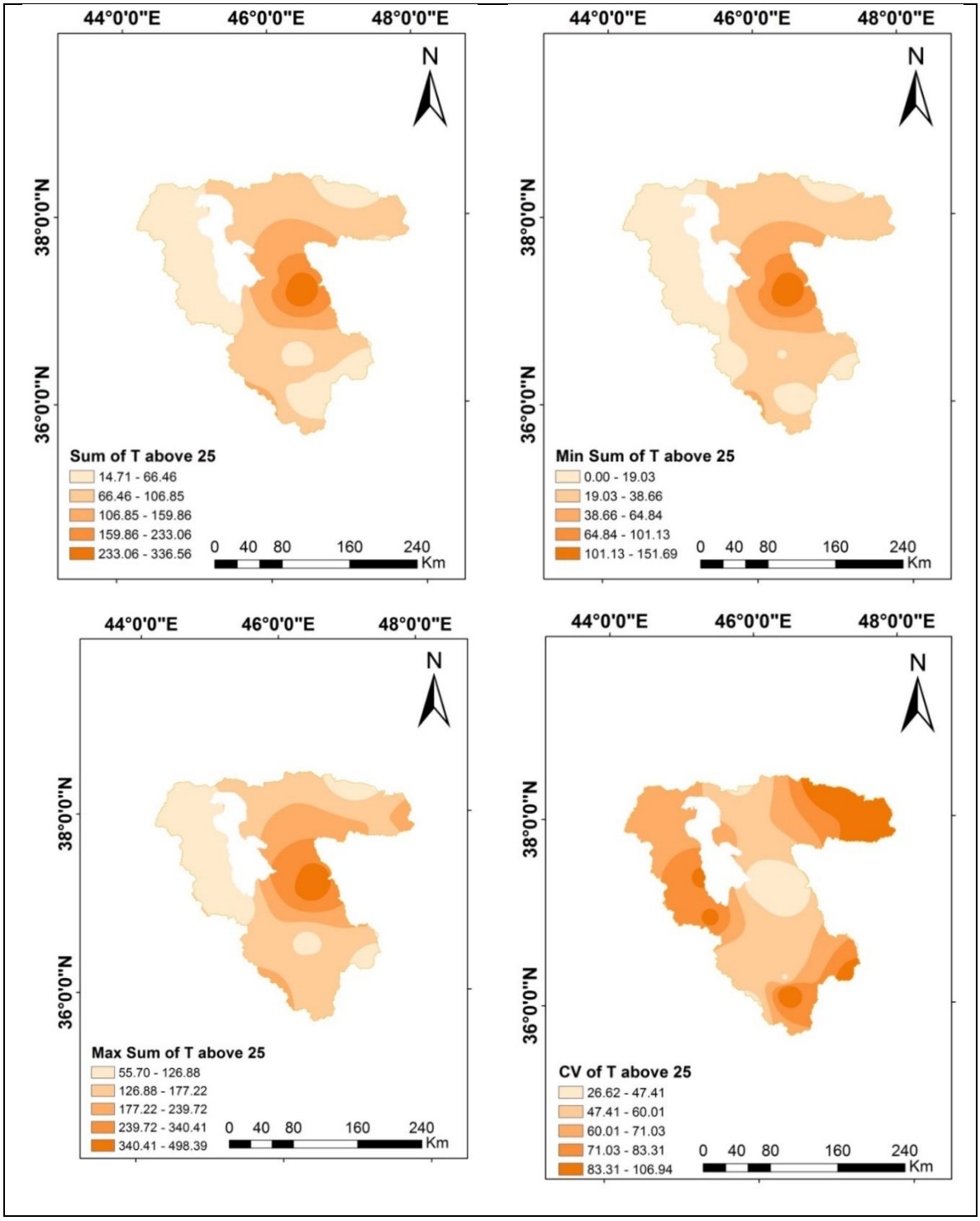
روند تغییرات دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه حاکی از وجود روابط معنی‌دارتر بیشتری نسبت به دمای کمینه است و در آن دمای بیشینه در اکثر ایستگاه‌ها (سلماس، مراغه، مهاباد، سقز و ارومیه) به شکل معنی‌داری تغییر یافته است. شیب خط رگرسیونی در ایستگاه مراغه (۰/۱+ درجه سانتی‌گراد به ازای هر سال) مبیّن تغییرات چشمگیرتر دمای بیشینه نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که روند تغییرات دمای بیشینه در تمامی ایستگاه‌ها (به جز بانه) روند افزایشی داشته است.

تغییرات مکانی دماهای حدی برای سال‌های مورد مطالعه. بر اساس شکل ۴ متوسط مجموع دماهای زیر صفر در نیمه جنوبی منطقه مورد مطالعه کمتر از نیمه شمالی به وقوع پیوسته است. همچنین نتایج نشان داد که در نواحی غربی منطقه مطالعه شده کمینه دماهای زیر صفر و بیشینه دماهای زیر صفر کمتر از مناطق شرقی رخ می‌دهد. ضریب تغییرات (%CV) دماهای زیر صفر در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد

که در مناطق شمالی کمتر از سایر مناطق می‌باشد. بیشترین ضریب تغییرات در قسمت جنوب‌شرقی دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. شکل ۵ متوسط مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کمینه و بیشینه دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. در این شکل به طور کلی کمربند میانی منطقه مورد مطالعه که در ارتباط با ایستگاه مراغه است دارای بیشترین دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه مقیاس متوسط، کمینه و بیشینه است، در حالی که کمترین دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مجموعاً در نواحی غربی منطقه مورد مطالعه رویت شد. توزیع مکانی ضریب تغییرات دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در منطقه مورد مطالعه حاکی از این است که کمترین نوسانات مربوط به منطقه میانی (قسمت شرقی دریاچه ارومیه) و بیشترین نوسانات مربوط به قسمت شرقی و غربی منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۴. توزیع مکانی متوسط، حداقل و حداکثر مجموع دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و ضریب تغببرات ایستگاه‌های مورد مطالعه.



شکل ۵. توزیع مکانی متوسط، حداقل و حداکثر مجموع دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات ایستگاه‌های مورد مطالعه.

بر اساس نتایج هر چه مجموع دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند، دامنه تغییرات دمایی نیز افزایش می‌یابد، به طوری که در ایستگاه مراغه بیشترین دامنه تغییرات و در ایستگاه‌های سلماس، نقده، سقز و ارومیه کمترین دامنه تغییرات مشاهده شد. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دامنه تغییرات دما در ایستگاه‌های مربوط به استان آذربایجان‌شرقی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است. باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر در منطقه نشان از میزان نوسان بالا در طول سال‌های مورد مطالعه می‌دهد. در این میان مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های سقز و سلماس بیشتر از سایر ایستگاه‌هاست، در حالی که در سایر ایستگاه‌ها مجموع دماهای زیر صفر کمتر می‌باشد. همچنین نتایج باکس پلات مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد بیان‌کننده این موضوع است که تفاوت معنی‌داری میان ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. با مقایسه مجموع باکس پلات‌ها می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی مجموع دماهای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد کمتر است. مجموعاً ایستگاه‌های مورد مطالعه نوسانات کمتری را در مورد مجموع دماهای بالای ۲۵درجه سانتی‌گراد در مقایسه با مجموع دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد نشان دادند.

جمع‌بندی

نتایج این مطالعه در این قسمت نشان داد اقلیم در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه از نظر طبقه‌بندی خشکی در سه کلاس نیمه‌مرطوب (قسمت‌های جنوبی)، نیمه‌خشک (قسمت‌های میانی) و خشک (قسمت‌های شمالی) قرار گرفته‌اند (با افزایش عرض جغرافیایی اقلیم خشک‌تر شده است). زمستان و پاییز مهم‌ترین فصول و ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر مهم‌ترین ماه‌های تعیین‌کننده شاخص خشکی منطقه هستند. همچنین الگوی توزیع بارندگی در منطقه مورد مطالعه تا حد زیادی مشابه با نقشه شاخص خشکی است که نشان می‌دهد اقلیم در محدوده مطالعاتی بیشتر از این که متاثر از دما باشد تحت تاثیر بارندگی قرار می‌گیرد. یافته‌ها بیان می‌کنند که مجموعاً دمای هوا در عرض‌های جغرافیایی بالاتر کمتر از عرض‌های پایین بوده و ناحیه غربی گرم‌تر از ناحیه شرقی است. نتایج همچنین نشان دادند که در طول سال‌های مورد مطالعه نوسانات و عدم قطعیت در مورد دمای کمینه در مقایسه با دمای بیشینه چشمگیرتر است. بررسی روند تغییرات زمانی متغیرهای آب و هوایی و شاخص خشکی نیز نشان داد که اقلیم در منطقه

مورد نظر دچار تغییر شده است. به طوری که بارندگی و دماهای کمینه و بیشینه در اکثر مناطق مورد مطالعه دستخوش تغییرات شده‌اند. بارندگی در مناطق جنوبی کاهش یافته، در حالی که در مناطق شمالی افزایش یافته است؛ حال آن که دمای کمینه و دمای بیشینه در تمامی مناطق روندی افزایشی نشان داده‌اند. میزان تغییرات دمای بیشینه بیشتر از سایر متغیرها بوده است؛ به علاوه اقلیم در منطقه جنوبی با شدت بیشتری در حال تغییر است. تغییرات دماهای حدی نشان دادند که در کل دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد هستند.

۸-۲ اثرات نوسان‌های آب‌وهوایی بر عملکرد محصولات کشاورزی

تاثیر رویدادهای ناشی از تغییر اقلیم و نوسانات آب‌وهوایی تاثیر قابل‌توجهی در بخش کشاورزی در مقیاس جهانی، و از جمله در حوضه آبریز دریاچه ارومیه دارد. با در نظر گرفتن بحث امنیت غذایی آینده، دو مسئله مطرح می شود؛ نخست، چگونه نوسانات آب‌وهوایی انسان‌زاد می‌تواند بر میزان تولید محصولات کشاورزی در گستره وسیعی از زمین‌های زراعی تاثیر بگذارد؟ دوم، این امر چه اثرات بالقوه‌ای بر تولید سامانه‌های کشاورزی، به‌ویژه محصولات دانه‌ای به عنوان گروه کلیدی از محصولات کشاورزی راهبردی ایران دارد؟

با توجه به این که نوسان‌های آب‌وهوایی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حال وقوع است و تاثیرات بلندمدت آن شامل افزایش نیاز آبی گیاهان (به دلیل افزایش تبخیر و تعرق گیاه) به تدریج بر اکوسیستم‌های کشاورزی مشهود است، لذا باید ابتدا این اثرات را بر تولید محصولات کشاورزی شناسایی و کمّی کرد. برای این منظور از نسخه آزمون‌شده مدل APSIM استفاده شد. برای این منظور باید هم‌زمان تمامی عوامل موثر بر تولیدات کشاورزی را اعم از اقلیم، خاک، ژنتیک گیاهی و مدیریت کشاورزی لحاظ نمود. بر این اساس در این مطالعه نیاز به چهار دسته از داده‌ها است که در قالب بخشی از تحقیق حاضر اقدام به جمع‌آوری آنها شد. این چهار دسته از اطلاعات عبارتند از: داده‌های آب‌وهوایی، خاکی، گیاهی و مدیریتی کشاورزان در این حوضه. پراکنش این اطلاعات باید به گونه‌ای باشد که پوشش یکنواختی را برای محصولات کشاورزی منطقه فراهم آورد. بر این اساس ۷ شهرستان از استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجانی غربی و کردستان که دربرگیرنده حوضه آبریز دریاچه ارومیه هستند مورد مطالعه قرار گرفت. این شهرستان‌ها عبارتند از سراب، تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، تکاب و سقز. میانگین دمای سالانه این مناطق از ۸/۷ درجه سانتی‌گراد در

شهرستان سراب تا ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد در شهرستان مراغه نوسان دارد. همچنین میانگین بارندگی تجمعی سالانه این مناطق در دامنه ۲۴۳ تا ۴۷۱ میلی‌متر به ترتیب در شهرستان‌های سراب و مراغه قرار داشت.

با توجه به این که مطالعات نسبتاً زیادی در گذشته در همین راستا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به انجام رسیده است، لذا ابتدا خلأهای اطلاعاتی به منظور استفادهٔ حداکثری از داده‌های موجود شناسایی و سپس نسبت به پر کردن آنها اقدام شد. در ادامه، خلأهای موجود در منطقه مطالعاتی از طریق پایش منطقه و مصاحبه مستقیم با کشاورزان مرتفع شد. با تکمیل فرآیند جمع‌آوری داده‌ها اقدام به تخمین اثرات بالقوهٔ تغییر اقلیم برای محصولات کشاورزی مناطق مورد مطالعه شد.

برای تخمین اثرات بالقوه تغییر اقلیم از سناریوهای اقلیمی (RCP4.5 وRCP8.5) و مدل اقلیمی MPI-ESM-MR بهره‌گیری شد. این مدل پیش‌تر برای شرایط کشت مورد ارزیابی قرار گرفته و در بین ۳۳ مدل اقلیمی، برآورد قابل قبولی برای شرایط اقلیمی کشور داشته است. سناریوهای اقلیمی آینده بر اساس داده‌های اقلیمی دوره پایه (شامل دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش) تحلیل شدند. داده‌های اقلیمی دوره پایه، شامل دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش به فرمت مورد نیاز تهیه شده و به عنوان ورودی وارد نرم‌افزار مورد نظر شد و سپس با تعیین دوره و سناریو داده‌های اقلیمی آینده تولید گردید.

پس از برآورد اثرات تغییر اقلیم در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۷۰ (میانه آن ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد) با رویکرد سازگاری به تغییر اقلیم، نسبت به ارائه راهکارهای اجرایی به منظور کاهش مصرف آب (با توجه به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم) و نیز افزایش بهره‌وری آب اقدام شد. این راهکارها در آینده سیاست‌گذاران حوضه آبریز را قادر خواهد ساخت تا با استفاده از ظرفیت موجود و نیز با در نظر گرفتن بحث‌های اجتماعی و اقتصادی منطقه، سیاست‌های کلان خود را نسبت به سازگاری با این تغییرات اقلیمی مدنظر قرار دهند. برای مثال از جمله این راهبردها به انتخاب ارقام سازگار، ارزیابی گیاهان جایگزین با نیاز آبی کمتر و نیز اجرای تناوب در کشت محصولات منطقه با توجه به اثرات اقلیمی بلند مدت در حوضه آبریز اشاره شده است.

به منظور هم‌افزایی تحقیقات گذشته، حال و آینده، و بر اساس پژوهش‌های پیشین، گیاه کلزا به عنوان جایگزینی مناسب در الگوی کشت پیشنهادی معرفی شده و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. لذا در این تحقیق نوع گیاه (گندم و کلزا) و نیز ارقام آن (زودرس

و دیررس) در دوره گذشته (پایه) و نیز شرایط تغییر اقلیم آینده (دوره ۲۰۵۰) به لحاظ میزان عملکرد تولیدی و مصرف آب در طول فصل رشد، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. شایان ذکر است که با توجه به مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه، تولیدکنندگان گندم و کلزا از ۳ تا ۵ مرتبه اقدام به آبیاری می‌کنند. همچنین در برخی مناطق گندم به صورت دیم کشت می‌شود که تمامی موارد فوق در شبیه‌سازی‌ها لحاظ شد. علاوه بر گندم و کلزا، با توجه به اهمیت گیاه ذرت به عنوان تامین‌کننده علوفه دام و غذای طیور در حوزه مورد مطالعه، و نیز ساختار چهار کربنه بودن آن (در مقایسه با گندم و کلزا)، اثرات تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد و نیاز آبی این گیاه نیز شبیه‌سازی شد. تمامی شبیه‌سازی‌ها در این مطالعه در شرایط "آب‌محدود" انجام گرفت و نقش سایر عوامل کاهنده و محدودکننده، مانند عناصر غذایی، شوری، تراکم، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مدل ثابت در نظر گرفته شد. همچنین تاریخ کاشت گندم، کلزا و ذرت بر اساس عرف منطقه در مدل لحاظ شد.

عملکرد دانه گندم و کلزا در شرایط تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰)

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم (در دوره پایه، یعنی ۳۰ سال گذشته) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، برابر با ۶/۹ تن در هکتار برآورد شده است. نتایج همچنین نشان داد که ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه کمتری داشتند (به ترتیب ۶/۳ و ۷/۴ تن در هکتار). کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان تبریز با رقم زودرس (۵۲۶۶ کیلوگرم هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان مهاباد با ۹۵۱۰ کیلوگرم در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد. یکی از دلایل اصلی تولید عملکرد بالاتر در مهاباد نسبت به تبریز میانگین بارندگی بیشتر در طول فصل رشد بوده است (۴۰۳ در برابر ۲۷۰ میلی متر در طول فصل رشد). نتایج مشابهی برای عملکرد دانه کلزا در دوره پایه (گذشته) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به دست آمد. میانگین بلند مدت عملکرد دانه کلزا در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه برابر با ۲/۲ تن در هکتار شبیه‌سازی شد؛ نتایج همچنین نشان داد که ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه نسبتاً کمتری داشتند (به ترتیب ۱۹۳۹ و ۲۵۰۵ کیلوگرم در هکتار). کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان تبریز با رقم زودرس (۱۴۷۸ کیلوگرم هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان مهاباد با ۳۸۵۷ کیلوگرم در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد. همانطور که پیشتر نیز بیان شد

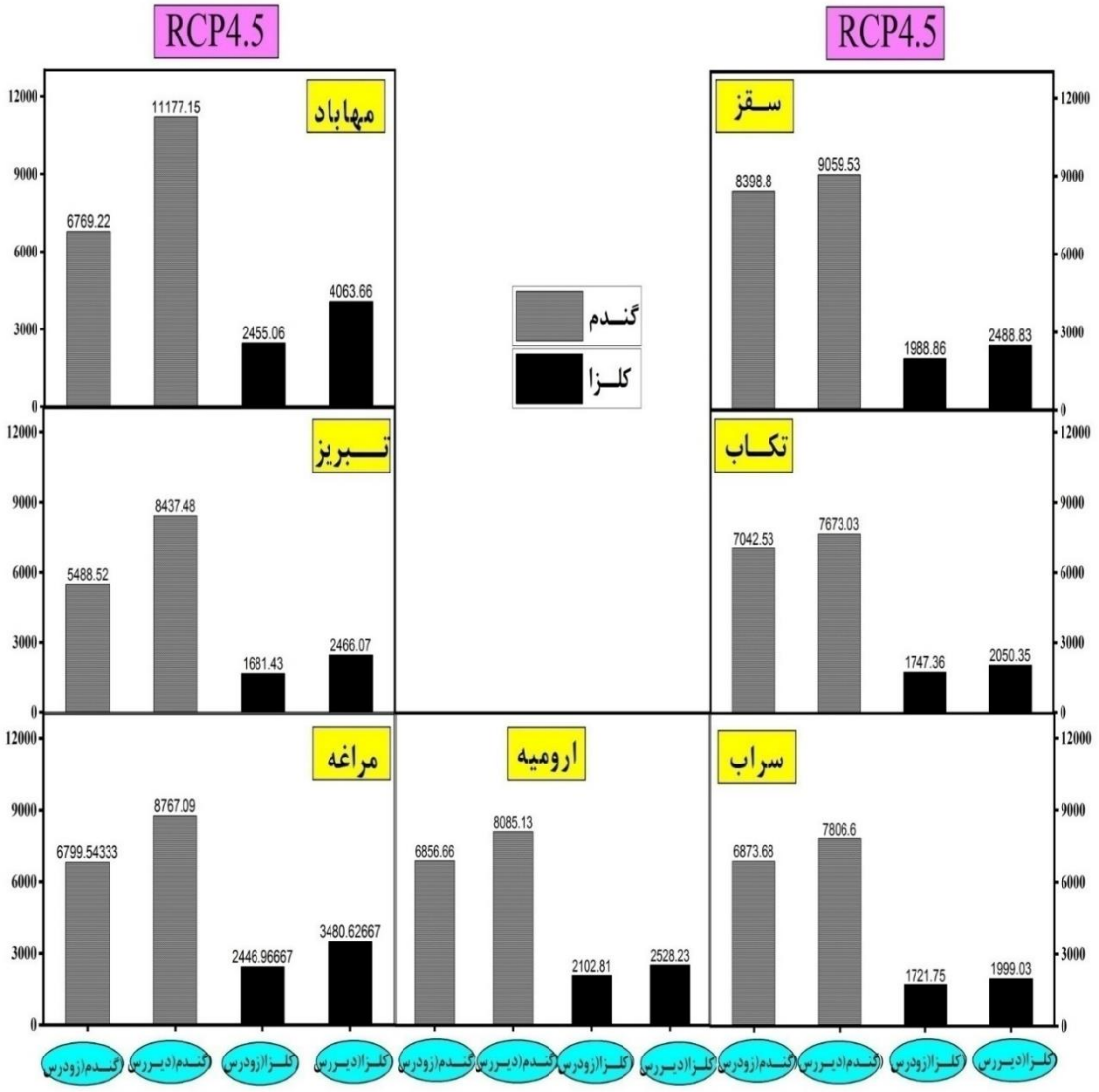
شرایط اقلیمی متنوع در شهرستان‌های اطراف حوضه آبریز دریاچه ارومیه دلیل اصلی اختلاف عملکرد دانه تولیدی در این مناطق است.

در دوره آینده میانگین عملکرد دانه گندم عموماً روند افزایشی داشت، به طوری که در سناریوی متوسط (RCP4.5) ۷/۶ درصد و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) ۱۱/۳ درصد افزایش خواهد یافت. بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت زیاد گندم در حوضه دریاچه ارومیه انتظار می‌رود که تولید گندم در آینده تغییر اقلیم افزایشی باشد. چنانچه نقش رقم (ژنوتیپ) را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه گندم به مراتب بیشتر از زودرس در دوره پایه است (به ترتیب ۷۹۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس افزایشی خواهد بود به طور مثال، برای رقم زودرس ۴/۳ و ۶/۴ درصد به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 افزایش خواهد یافت، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۱۰ و ۱۶٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد گندم در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است. به طور کلی افزایش CO_2 سرعت فتوسنتز را در گندم که گیاهی سه‌کربنه است بیشتر از افزایش طول مدت تابش تحت تاثیر قرار داده و عملکرد را افزایش می‌دهد.

چنانچه در حوضه دریاچه ارومیه، بنا بر مطالعات پیشین، گیاه کلزا را به عنوان یک گیاه با مصرف آب کمتر جایگزین گندم و یا حداقل در الگو قرار دهیم نتایج متفاوت خواهد بود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که این گیاه حداقل حدود یک ماه زودتر از گندم دوره رسیدگی خود را تکمیل می‌کند و از این رو اگر عملکرد دانه کمتری هم نسبت به گندم داشته باشد، احتمال می‌رود مصرف آب به مراتب کمتری نیز داشته باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که به طور کلی در دوره پایه در مناطق مورد مطالعه، میانگین عملکرد کلزا برابر با ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. این عملکرد در دوره آینده در برخی سناریوها افزایشی و در برخی دیگر کاهشی خواهد بود. در سناریوی متوسط (RCP4.5) عملکرد کلزا به میزان ۰/۱-٪ کاهش و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) ۴٪ افزایش خواهد یافت (شکل ۶ و ۷). شایان ذکر است چنانچه نقش رقم را در این زمینه در نظر بگیریم، در ارقام دیررس عملکرد دانه کلزا به مراتب بیشتر از زودرس در دوره پایه است (به ترتیب۳۳۰۰ و ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس هم افزایش و هم کاهشی خواهد بود؛ برای رقم زودرس ۳/۲- و ۲/۳+ درصد کاهش و افزایش به ترتیب برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 خواهد بود، در حالی که میزان افزایش برای رقم دیررس به

مراتب بیشتر خواهد بود (به ترتیب ۲/۹ و ۶/۵٪ برای سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5). دلیل اصلی افزایش عملکرد کلزا در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش سطح دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش سرعت تولید است.

بر همین اساس، پژوهش‌های پیشین این گیاه را در الگوی کشت فعلی قرار داده و آن را به دلیل این که حدود یک ماه زودتر از گندم می‌رسد در اولویت قرار داده است. وابستگی بیش از ۹۰ درصدی به خارج کشور در تامین دانههای روغنی، اهمیت کشت کلزا را در اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی روشن می‌کند. این گیاه همچنین به لحاظ کیفیت هم قابل توجه است، به طوری که دانه آن حاوی ۴۵-۴۰٪ روغن و ۳۵-۲۵٪ پروتئین است که به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد اندک اسیدهای چرب اشباع‌شده همانند زیتون جزو با ارزش‌ترین روغن های خوراکی است. پروتئین موجود در کنجاله کلزا نیز در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود.



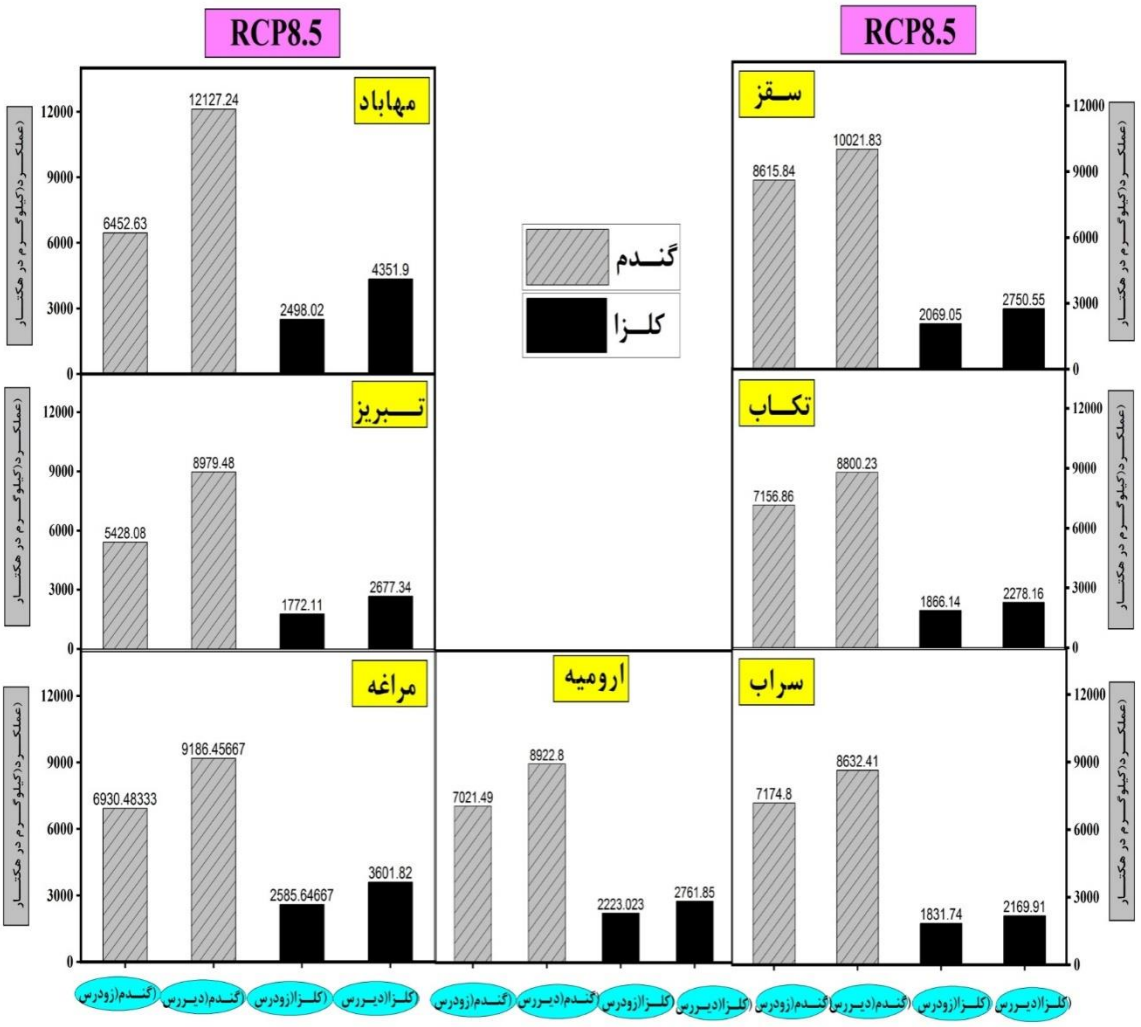
شکل ۶. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم و کلزا (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی متوسط تغییر اقلیم (RCP4.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

از سوی دیگر این نکته نیز شایان ذکر است که برای تولید پایدار گندم که در الگوی فعلی منطقه سطح زیر کشت بالایی دارد، کشت کلزا ضروری است، زیرا این دانه روغنی در تناوب کشت با گندم سبب تقویت خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفاده بهینه از آب و در نهایت افزایش تولید گندم می‌شود. کشت مداوم گندم در زمین‌های زراعی سبب کاهش توان تولیدی زمین و افت قابل توجه میزان تولید گندم می‌شود که

برای جلوگیری از این روند باید محصول دیگری را در تناوب گندم برای کشت جایگزین در نظر داشت که بررسی‌های علمی نشان می‌دهد دانه روغنی کلزا بهترین نوع محصول در این زمینه است. در مطالعات مرتبط با تناوب زراعی معمولاً سعی می‌شود با مد نظر قرار دادن فصل کشت و عمق توسعه ریشه گیاهان پیشنهادی و همچنین اثربخشی آنها در بهبود حاصلخیزی خاک، انتخاب گونه‌ها به نحوی انجام شود که امکان اعمال مدل‌های مختلف تناوبی در قالب اصول کشاورزی پایدار فراهم گردد. از دیدگاه مدیریتی، پایداری در کشاورزی به راهکارهایی اطلاق می‌گردد که به مدیر مزرعه کمک می‌کند تا مجموعه‌ای از عملیات، فرآیندها، گونه‌های زراعی، مدیریت آفات و بیماری‌ها، نظام‌های خاک‌ورزی و تناوب زراعی را انتخاب کند که هزینه تولید را کاهش دهد، اثرات جانبی کشت‌بوم را بر بوم‌نظام‌های مجاور به حداقل رساند و تولید و درآمدهای حاصل از مزرعه را در سطح رضایت‌بخشی تثبیت کند.

در الگوی پیشنهادی اصول اصلی تناوب زراعی که همسو با کشاورزی پایدار نیز هست باید به شرح ذیل مورد توجه قرار گیرد:

- ✓ **فصل کشت:** در الگوی پیشنهادی هر دو گروه محصولات پاییزه و بهاره حضور داشته باشند به طوری که امکان استفاده بیشتر از منابع بارش پاییزه فراهم شود و سهم محصولات پاییزه (گندم، جو، کلزا) در الگو به صورت فنی بیشتر باشد.
- ✓ **الگوی ریشه گیاهان:** توالی گیاهان دارای ریشههای عمیق و سطحی جهت حفظ ساختار خاک و بهبود زهکشی، تهویه و جذب عناصر غذایی بسیار مناسب است؛ به طور مثال توالی گندم، جو، کلزا با محصولات سبزی و صیفی مد نظر قرار داده شود.



شکل ۷. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه گندم و کلزا (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

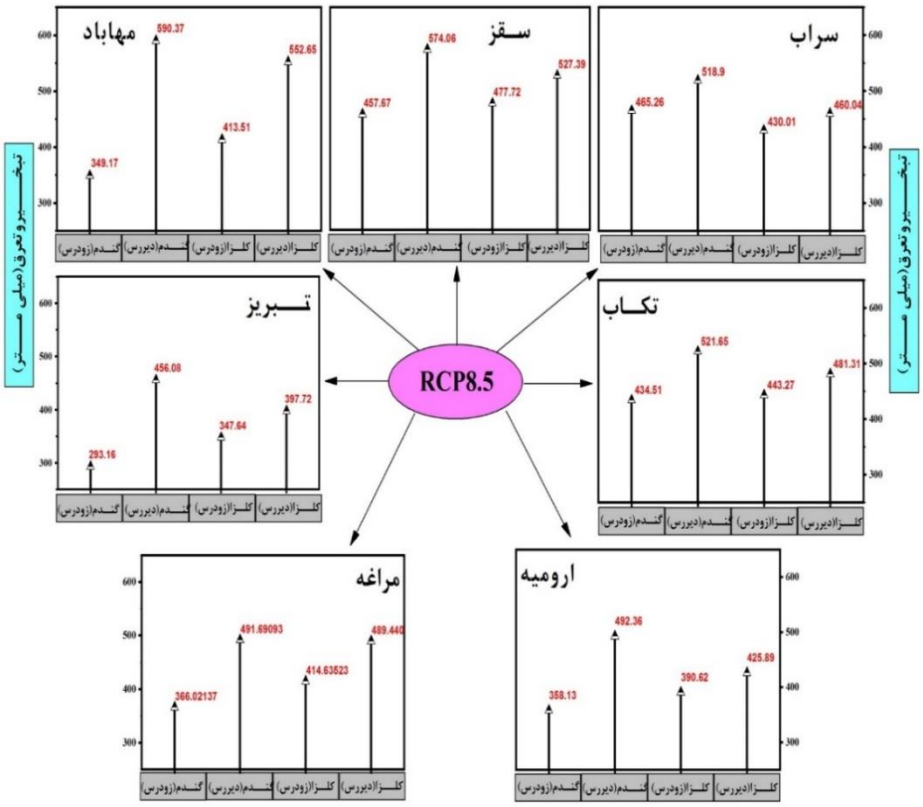
نیاز آبی گندم و کلزا برای سال ۲۰۵۰. از جمله راهکارهایی که برای کاهش ۴۰ درصدی آب در این حوضه در نظر گرفته شده است. در این تحقیق کشت گیاه کلزا در کنار گندم مورد ارزیابی قرار گرفته و پرسش این است که آیا مصرف آب در کشت‌بوم‌های کلزا (بر اساس پیشنهاد پروژههای پیشین) و گندم (که در مطالعات پیشین بیشترین سطح زیر کشت را دارا بود) کاهشی است یا افزایشی؟ نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در دوره پایه، نیاز آبی کلزا تا حدودی برابر با گندم است، به طوری که نیاز آبی گندم در طول فصل رشد ۴۵۵۲ مترمکعب و نیاز آبی کلزا در طول فصل رشد برابر با ۴۵۷۸ متر مکعب در هکتار

براورد شده است. با این حال، چنانچه نقش رقم را در این ارزیابی لحاظ کنیم، به طور کلی ارقام زودرس نیاز آبی کمتری داشته‌اند. این در حالی است که میانگین عملکرد ارقام زودرس به اندازه نیاز آبی آنها چندان کمتر از ارقام دیررس نبود. در گندم، ارقام دیررس حدود ۵۰۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۱۰۶ مترمکعب نیاز آبی داشتند. این بدان معنی است که می‌توان با تغییر در ارقام زراعی، حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار کاهش مصرف آب داشت؛ اگر این عدد در سطح زیر کشت گندم در حوضه آبریز (بیش از ۱۶۳ هزار هکتار گندم در سه استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان) ضرب شود، معادل ۱۶۳ میلیون متر مکعب کاهش مصرف آب است.

شایان ذکر است که این مقادیر مصرف آب در شهرستانهای گوناگون اختلاف قابل توجهی داشت؛ به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می‌توان به کمترین میزان مصرف آب (۳۴۳۶ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۵۲۶۶ کیلوگرم در هکتار دست یافت. این در حالی است که در شهرستان مهاباد بیشترین مصرف آب در طول فصل رشد گندم شبیه‌سازی شده است (۵۷۸۸ مترمکعب در هکتار با عملکرد دانه ۹۵۱۰ کیلوگرم در هکتار). بنابراین رابطه مستقیمی بین میزان مصرف آب و عملکرد دانه تولیدی وجود دارد. این روند تقریباً در تمامی شهرستان‌ها در دوره پایه مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل توجه این که می‌توان با کشت ارقام زودرس گندم و نیز انتخاب توامان مناطق سازگارتر با اقلیم و با مصرف آب کمتر، میزان مصرف آب را تا حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش داد که با در نظر گرفتن سطح زیر کشت فعلی گندم می‌توان به رقم قابل توجهی در کاهش مصرف آب در حوضه آبریز دست یافت.

این موضوع در خصوص کلزا هم صادق است؛ به عنوان نمونه، به طور متوسط ارقام دیررس کلزا حدود ۴۸۹۳ و ارقام زودرس ۴۲۶۳ مترمکعب در هکتار نیاز آبی دارند. این مقادیر مصرف آب در شهرستانهای گوناگون اختلاف قابل‌توجهی داشت؛ به طور مثال، در شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می‌توان به کمترین میزان مصرف آب (۳۵۰۲ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۱۴۷۸ کیلوگرم در هکتار دست یافت. این در حالی است که در شهرستان مهاباد بیشترین مصرف آب در طول فصل رشد کلزا با کاشت رقم دیررس شبیه‌سازی شده است (۵۶۹۰ مترمکعب در هکتار با عملکرد دانه ۳۸۵۷ کیلوگرم در هکتار). بنابراین می‌توان از نقش ارقام در کاهش میزان آب مصرفی استفاده کرد، ضمن این که عملکرد نسبتاً قابل قبولی را از بعد اقتصادی برای کشاورز تضمین کرد.

در شرایط آینده (۲۰۵۰)، مصرف آب گندم در بسیاری از شهرستانها کاهش و در برخی نیز افزایش خواهد یافت. با وجود این که تصور کلی بر آن است که افزایش دما به میزان ۲/۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۰۵۰ میزان تبخیر و تعرق گیاهی را افزایش دهد و مصرف آب را در محصولات کشاورزی بالا ببرد، اما مصرف آب در برخی شهرستان ها کاهش داشته است. به طور مثال، در شهرستان‌های مهاباد و تبریز، کاشت ارقام زودرس گندم باعث کاهش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در ارقام زودرس به ترتیب ۴۳۵۲ و ۳۴۳۶ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۳۸۱۴ و ۳۱۱۲ برای سناریوی RCP4.5 و ۳۴۹۱ و ۲۹۳۱ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد (شکل ۸).



شکل ۸. میزان مصرف آب گندم و کلزا (دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای سناریوی بدبینانه تغییر اقلیم (RCP8.5) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی.

با این حال در ارقام دیررس گندم میزان مصرف آب افزایشی بود. نتایج نشان داد که در همین دو شهرستان کاشت ارقام دیررس گندم باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در این ارقام به ترتیب ۵۷۸۴ و ۴۵۶۰ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۵۸۴۸ و ۴۵۸۷ برای سناریوی RCP4.5 و ۵۹۰۳

و ۴۵۶۰ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد. این افزایش نیاز آبی در ارقام دیررس در برخی مناطق احتمالاً به دلیل طولانی‌تر شدن فصل رشد و برخورد مراحل حساس فنولوژیک گیاه با خشکی و گرماهای انتهای فصل بوده است. بنابراین برای رسیدن به هدف اصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، یعنی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب می‌توان با کشت ارقام زودرس گندم نسبت به دیررس افزایش قابل‌توجهی را در کاهش نیاز آبی مشاهده نمود.

در شرایط تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰)، مصرف آب کلزا نیز در بسیاری از شهرستان‌ها روند افزایشی خواهد یافت، اما میزان افزایش بسته به نوع رقم اندکی اختلاف نشان داد. به طور مثال، در شهرستان‌های ارومیه و تکاب، کاشت ارقام زودرس کلزا باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در ارقام زودرس به ترتیب ۳۸۵۸ و ۴۲۶۳ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۳۹۲۸ و ۴۴۰۴ برای سناریوی RCP4.5 و ۳۹۰۶ و ۴۴۳۲ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد (شکل ۸). روند نسبتاً مشابهی نیز در سایر شهرستان‌ها مشاهده شد. در ارقام دیررس کلزا نیز روند مشابه مشاهده شد، اما میزان مصرف آب اندکی متفاوت بود. نتایج نشان داد که در همین دو شهرستان (ارومیه و تکاب) کاشت ارقام دیررس کلزا باعث افزایش مصرف آب شد، به طوری که مصرف آب در این ارقام به ترتیب ۴۱۷۱ و ۴۵۹۲ مترمکعب در هکتار در دوره پایه، ۴۲۳۳ و ۴۷۵۳ برای سناریوی RCP4.5 و ۴۲۵۸ و ۴۸۱۳ مترمکعب در هکتار برای سناریوی RCP8.5 به دست آمد. این افزایش نیاز آبی در ارقام زود رس و دیررس در بسیاری از مناطق احتمالاً به دلیل طولانی‌تر شدن فصل رشد و افزایش تبخیر و تعرق گیاه و نیز در برخی مناطق برخورد مراحل گیاهی با گرماهای انتهای فصل بوده است.

یکی از دلایل اصلی کاهش مصرف آب گندم زودرس برای دوره آینده، کاهش طول فصل رشد بوده است. همانطور که از نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود، طول فصل رشد ۷-۲٪ کاهش خواهد یافت. به طور مثال، در گندم زودرس طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۲۴۰ روز بوده که در دوره آینده به ترتیب به ۲۲۳ و ۲۱۷ روز در دو سناریوی متوسط و بدبینانه کاهش یافته است.

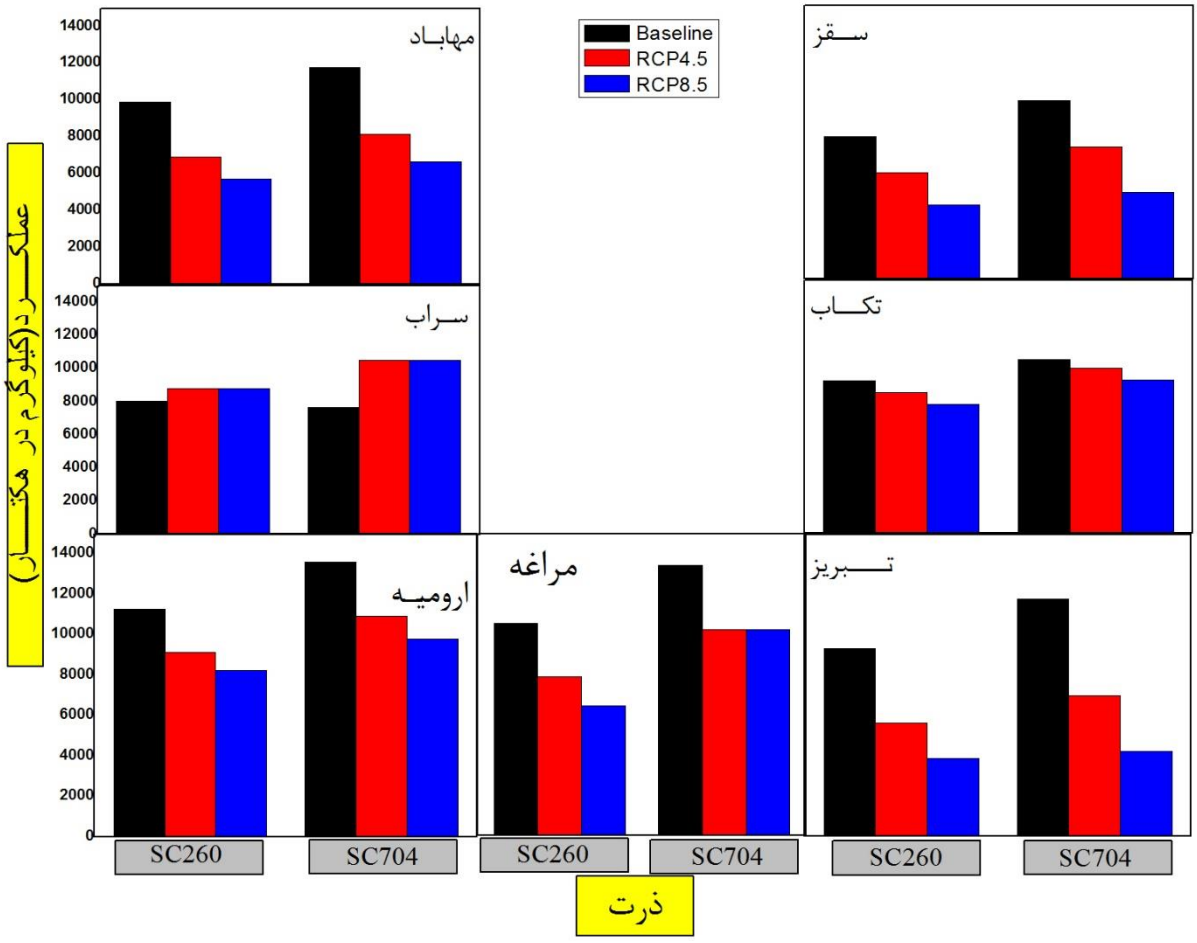
برخلاف گندم، که بین ارقام زودرس و دیرس اختلاف قابلتوجهی در میزان مصرف آب مشاهده شد (در یکی کاهشی و دیگر افزایشی)، اختلاف قابل توجهی در ارقام کلزا مشاهده نشد، به طوری که در هر دو رقم کلزا ، مصرف آب در دوره آینده تغییر اقلیم نسبت به پایه افزایشی بود. این افزایش مصرف آب در آینده کلزا ناشی از طول فصل رشد نبود، زیرا طول فصل رشد در هر دو رقم کلزا کاهش نشان داد. به نظر میرسد

افزایش دما در دوره آینده تاثیر قابل توجهی در افزایش مصرف آب ارقام کلزا داشته است. از سوی دیگر با توجه به روغنی بودن گیاه کلزا افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم، تنفس نگهداری گیاه کلزا را بسیار بیشتر از گندم افزایش داده و این موضوع دلیل اصلی کاهش بیشتر عملکرد کلزا نسبت به گندم بوده است. همانطور که از نتایج این پژوهش مشاهده می شود در شرایط تغییر اقلیم به ترتیب از ۲/۵ تا ۳ درصد و ۲/۲ تا ۳ درصد طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس کاهش خواهد یافت. به طور مثال طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس در تمامی مناطق در دوره پایه به ترتیب ۲۷۰ و ۲۷۹ روز بوده که در دوره آینده به ۲۶۳ و ۲۵۹، و ۲۷۱ و ۲۶۸ روز در دو سناریوی متوسط و بدبینانه کاهش یافته است (شکل ۴۳ و ۴۴). با این حال این مقدار در مناطق مختلف متفاوت بوده است. مثلاً کمترین میزان طول فصل رشد کلزای زودرس و دیررس در شهرستان مراغه با ۲۴۱ و ۲۵۴ روز، و بیشترین میزان طول فصل رشد کلزای زودرس در شهرستان تکاب با ۲۸۰ روز و کلزای دیررس در شهرستان تبریز با ۲۸۹ روز در دوره پایه شبیه سازی شد. شایان ذکر است که در هر دو رقم کلزا کاهش طول فصل رشد عمدتا ناشی از افزایش دما در دوره آینده بوده است. به طور مثال در هر دو رقم کلزا دمای طول فصل رشد در تمامی مناطق در دوره پایه ۷/۲ درجه سانتی‌گراد شبیه سازی شد که در دوره آینده به ۸/۵ و ۹ درجه سانتی‌گراد در دو سناریوی متوسط و بدبینانه افزایش یافته است. با این حال دمای فصل رشد در مناطق مختلف متفاوت بوده است. مثلا کمترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان سراب با ۵/۲ درجه سانتی‌گراد برای رقم زودرس و بیشترین میزان دمای طول فصل رشد در شهرستان مهاباد با ۸/۷ درجه سانتی‌گراد برای رقم دیررس کلزا در دوره پایه شبیه‌سازی شد.

عملکرد و نیاز آبی ذرت در دوره پایه و تغییر اقلیم. همان‌طور که پیشتر بیان شد، علاوه بر گندم و کلزا اثرات تغییر اقلیم بر ذرت به عنوان یک گیاه چهار کربنه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه ذرت (در دوره پایه) در مناطق مورد مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، برابر با ۸/۵ تن در هکتار برآورد شده است (شکل ۹). همچنین اختلاف قابل توجهی بین مناطق از نظر عملکرد دیده شد که شرایط اقلیمی متنوع در شهرستان‌های اطراف حوضه آبریز دریاچه ارومیه دلیل اصلی آن است. نتایج همچنین نشان داد که در دوره پایه ارقام زودرس درمقایسه با ارقام دیررس عملکرد دانه کمتری داشتند (شکل ۹). رقم دیررس سینگل کراس ۷۰۴ با سرعت رشد دانه ۹/۶ میلی‌گرم در روز نسبت به رقم زودرس سینگل کراس ۲۶۰ (۸/۵ میلی‌گرم در روز) دارای برتری بود.

کمترین عملکرد دانه مربوط به شهرستان سراب با رقم زودرس (حدود ۸ تن در هکتار) شبیه‌سازی شد و بیشترین عملکرد دانه در شهرستان ارومیه با ۱۲/۸ تن در هکتار با کشت رقم دیررس به دست آمد.

در دوره آینده میانگین عملکرد دانه ذرت در تمامی شهرستان های مورد مطالعه به جز سراب روند کاهشی داشت به طوریکه در سناریوی متوسط (RCP4.5) به ۱۸ درصد و در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) به ۲۴ درصد کاهش خواهد یافت. چنانچه نقش رقم (ژنوتیپ) را در این زمینه در نظر بگیریم، در آینده ۲۰۵۰ نیز عملکرد در هر دو گروه زودرس و دیررس کاهشی خواهد بود با این تفاوت که میزان کاهش برای رقم دیررس به مراتب بیشتر خواهد بود (شکل ۹). دلیل اصلی کاهش عملکرد ذرت در دوره آینده نسبت به دوره پایه، افزایش دما در طول دوره رشد ذرت است که باعث افزایش تنفس کانوپی، کاهش طول فصل رشد ذرت و در نهایت کاهش بیوماس و دانه خواهد شد. همچنین همزمانی دوره گلدهی با دماهای بالای ناشی از تغییر اقلیم در برخی مناطق میزان باروری گرده و تشکیل دانه را کاهش داده و تاثیر قابل توجهی در کاهش عملکرد داشت.



شکل ۹. متوسط بلند مدت (۳۰ ساله) عملکرد دانه ذرت (برای دو رقم زودرس و دیررس) در دوره آینده برای دو سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) در مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر همچنین نشان می دهد که در دوره پایه، نیاز آبی در طول فصل رشد به طور متوسط همه مناطق ۵۸۰۰ مترمکعب براورد شده است. با این حال چنانچه نقش رقم را در این ارزیابی لحاظ کنیم، به طور کلی ارقام زودرس نیاز آبی کمتری داشتند. این در حالی است که میانگین عملکرد ارقام زودرس به اندازه نیاز آبی آنها، آنقدر کمتر از ارقام دیررس نبود. در این پژوهش، نیاز آبی ارقام ذرت دیررس حدود ۵۴۰۰ مترمکعب و ارقام زودرس ۴۸۰۶ مترمکعب در هکتار بود؛ این بدین معنی است که با تغییر در ارقام کشت، حدود ۶۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش مصرف آب خواهیم داشت. شایان ذکر است که این مقادیر مصرف آب در شهرستان‌های مختلف، اختلاف قابل توجهی داشت. به طور مثال، در

شهرستان تبریز با کاشت رقم زودرس می توان به کمترین میزان مصرف آب (۵۱۰۰ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه‌ای برابر با ۸/۲ تن در هکتار دست یافت. بنابراین رابطه مستقیمی بین میزان مصرف آب و عملکرد دانه تولیدی وجود دارد. این روند تقریباً در تمامی شهرستان‌ها در دوره پایه مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل توجه این است که می‌توان با کشت ارقام زودرس ذرت و نیز انتخاب توامان مناطق سازگارتر با اقلیم و با مصرف آب کمتر، میزان مصرف آب را تا حدود ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش داد.

در دوره آینده در تمامی شهرستان‌ها میزان مصرف آب در کشت ذرت در منطقه مورد مطالعه افزایشی بود (شکل ۵۲) که دلیل اصلی آن افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در طول فصل رشد (شکل ۵۱) بود. این در حالی است که طول دوره رشد ذرت (روز تا گلدهی) در اکثر شهرستان‌های مورد مطالعه در سناریوهای تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه کاهش ۲۰-۳۰ درصدی داشت (شکل ۵۱).

همانگونه که پیش‌تر نیز اشاره شد از میان راهکارهای ارائهشده برای کاهش مصرف آب و رسیدن به پایداری تولید در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، انتخاب گونههای با نیاز آبی کمتر و نیز ارقام سازگارتر با منطقه که بتوانند آب کمتری مصرف کنند، بسیار حائز اهمیت است. یکی از محصولاتی که ضمن تناسب بالای محیطی با محدوده مطالعاتی به دلیل نیاز آبیاری پایین می‌تواند به واسطه حضور در الگوی کشت محدوده مطالعاتی در کنار گندم و یا جایگزینی با محصولات پرمصرف (مانند چغندرقند، یونجه و سبزی و صیفی) تامین‌کننده کاهش قابل توجه در مصرف آب کشاورزی نیز باشد، کلزا است. موضوع حضور این محصول در الگوی کشت در محدوده مطالعاتی با گروه‌های کارشناسی مستقر در سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی و شرقی و همچنین مدیریت‌های جهاد کشاورزی نیز مطرح و تمامی آنها حضور این محصول را در صورت رفع موانع توسعه‌ای آن، اعم ازمسائل فنی مناسب و زیرساختی مثبت ارزیابی کرده‌اند. مهم‌ترین چالش‌های عنوان‌شده از سوی کارشناسان استانی و شهرستانی در زمینه توسعه این محصول در محدوده مطالعاتی عبارتند از:

- ✓ **نکات فنی:** عدم آشنایی کافی کشاورزان با تقویم زراعی این محصول، به‌ویژه زمان برداشت
- ✓ **نکات زیرساختی:** کمبود ادوات مخصوص برداشت (به خصوص هد برداشت) و نبود کارخانه‌های روغن‌کشی در حد پذیرش تولید این محصول.

نتایج این پروژه همچنین نشان داد که بارندگی‌های تجمعی طول فصل گندم و کلزا حدود دو سوم تبخیر و تعرق یعنی نیاز آبی گیاه است؛ به عبارت دیگر بخش عمده‌ای از نیاز آبی گیاهی را می‌توان از

طریق بارندگی‌های طول فصل رشد تامین کرد و از این نظر نیازی به آب آبی یا همان تخلیه سفره‌های زیرزمینی نیست. برای نمونه، از ۴۱۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گندم زودرس در طول فصل رشد، حدود ۲۸۴ میلی‌متر آن را می‌توان از بارندگی‌ها تامین کرد که اتکای سیستم به آب سبز و پایداری تولید را نشان می‌دهد. در خصوص کلزای زودرس و دیررس هم همین روند مشاهده شد؛ به عنوان مثال، از ۴۲۶ و ۴۸۹ میلیمتر تبخیر و تعرق طول فصل رشد برای دو رقم زودرس و دیررس، حدود ۲۹۷ میلی‌متر آن از طریق بارندگی‌های تجمعی در طول فصل رشد تامین شده است. از این رو به نظر می‌رسد گذار به محصولات پاییزه به جای بهاره و تابستانه یکی از راهکارهای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است.

این موضوع به ویژه برای شرایط اقلیمی آینده نیز حائز اهمیت است؛ نتایج این پروژه نشان می‌دهد بارندگی‌ها برای سال ۲۰۵۰ روند کاهشی خواهد داشت. به عنوان مثال این بارندگی‌ها در گندم از ۲۸۴ میلی‌متر در دوره پایه به میانگین ۲۷۰ میلی‌متر برای هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه کاهش یافته است. برای کلزا نیز این عدد از ۲۹۷ میلی‌متر در دوره پایه به ۲۸۶ میلی‌متر تقلیل پیدا کرده است.

چنانچه نیاز خالص آبیاری محصولات زیر کشت در حوضه دریاچه را بر اساس الگوی کشت فعلی بررسی کنیم (شکل ۵۲ و ۵۳)، مشاهده می‌شود که از میان محصولات زراعی و باغی زیر کشت، تنها دو گیاه گندم و جو هستند که هم سطح زیر کشت بالایی دارند و هم نیاز آبی بسیار کمتری در مقایسه با سایر محصولات. به طور مثال، گندم و جو به ترتیب ۲۷۰۰ و ۲۲۰۰ مترمکعب در هکتار نیاز خالص آبیاری داشته‌اند، در حالی که در محصولات یونجه، چغندرقند، سبزی و صیفی، گردو و سایر محصولات مصرف آب بالای ۶ هزار مترمکعب در هکتار برآورد شده است. گندم و جو عمده فصل رشد خود را در زمستان و اوایل بهار می‌گذرانند که ضمن مناسب بودن شرایط اقلیمی به ویژه دما، از بارندگی‌های طول فصل رشد هم بهره می‌برند؛ در حالی که چغندرقند، یونجه و دیگر محصولات رشد فعال خود را بعد از بهار و در طول تابستان سپری می‌کنند که علاوه بر بالا بودن دما افزایش سرعت تبخیر و تعرق، به دلیل نبود بارندگی‌ها در این فصول عمده نیاز آبی گیاهان از چاه‌ها و بعضاً از رودخانه‌های جاری تامین می‌شود. بر این اساس، یک راه حذف یا کاهش سطح زیر کشت این گیاهان از الگوی کشت جاری است. با این حال کارشناسان اذعان دارند که با توجه به سیاست‌های کلان ملی و منطقه‌ای در زمینه حذف این محصولات (مثلاً چغندرقند) از الگوی کشت آتی، و با توجه به هدف طرح مبنی بر ارایه الگوی گیاهان کم‌مصرف، آزاد شدن نیروی کار در الگوی

پیشنهادی گریزناپذیرخواهد بود؛ لذا لازم است تا برنامه‌ریزی‌های لازم جهت اشتغال این نیروها انجام شود. بنابراین جنبه‌های اجتماعی این موضوع قابل توجه است که باید توسط متخصصان مربوط به آن پرداخته شود.

راهکار دوم برای کاهش مصرف آب آبیاری بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، جایگزینی محصولات پاییزه و امکانسنجی کاشت همین محصولات در فصل پاییز با شرط عدم وجود سرمازدگی است. به طور مثال، چغندرقند را که یک گیاه آبی پر مصرف است و سطح زیر کشت نسبتاً بالایی هم در الگوی کشت فعلی منطقه دارد میتوان به صورت پاییزه در مناطقی که زمستانهای معتدل‌تر دارند کشت کرد. در چنین شرایطی، استفاده از محصولات پاییزه به جای بهاره جذاب است، زیرا شرایطی ایجاد می‌کند که می‌توان از هدررفت انرژی پرهیز کرد. گیاهانی که به عنوان محصولات پاییزه کشت می‌شوند (مانند کلزای روغنی و غلات پاییزه و اخیراً چغندرقند پاییزه) در پاییز کشت و در سال بعد برداشت می‌شوند.

در ایران، مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از بارش‌ها در طول دوره رشد و کارآیی بیشتر مصرف آب در زراعت چغندرقند پاییزه است. این موضوع هنگامی اهمیت بیشتری می‌یابد که در ایران آب عامل اصلی محدودکننده کشاورزی قلمداد می‌شود. به جز موارد خاص که بارندگی‌های بهاره به جوانه زدن و استقرار گیاه کمک می‌کند، مراحل اصلی رشد چغندرقند بهاره در تابستان صورت می‌گیرد و گیاه تقریباً در تمام دوره رشد خود (از مرحله جوانه‌زنی تا برداشت) نیازمند آبیاری است؛ این درحالی است که دوره اصلی رشد چغندرقند پاییزه در پاییز و زمستان انجام می‌شود و قسمتی از نیاز آبی گیاه از طریق بارندگی تأمین می‌گردد. از آنجا که نحوه توزیع بارش در مناطق مختلف کشور عموماً به نحوی است که حدود سه چهارم بارش سالانه در دو فصل پاییز و زمستان روی میدهد، بنابراین کشت پاییزه چغندرقند این امکان را دارد که بخشی از نیاز آبی خود را از طریق بارندگی‌های منطقه تأمین کند. این موضوع در نهایت به کاهش میزان مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آن در خصوص تولید شکر در محصول چغندرقند پاییزه منجر می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که محصول پاییزه و بهاره چغندرقند به ازای مصرف یک مترمکعب آبِ آبیاری به ترتیب معادل ۸۵۳ و ۵۳۲ گرم شکر تولید می‌کند.

نکته دیگری که باید خاطر نشان کرد این که با توجه به این که دامداری و دامپروری یکی از فعالیتهای مهم در محدوده مطالعاتی بوده و بخش قابل توجهی از نیاز علوفه‌ای فعلی در منطقه نیز از یونجه و جو تامین میشود، لذا حضور این دو گونه در شرایط آتی نیز باید در کنار گندم و کلزا مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر آن یونجه به دلیل تثبیت نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک، در افزایش بهره‌وری از منابع خاک منطقه کمک قابل‌توجهی خواهد نمود. بررسی روند تغییرات سطح زیرکشت محصولات زراعی در ۱۰ سال گذشته در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهدکه سهم محصولاتی مانند چغندرقند و یونجه در ترکیب کشت به تدریج در حال افزایش بوده است. وجود کارخانجات قند و درآمد نسبتاً بالای حاصل از کشت این محصولات از دلایل اصلی توسعه کشت این محصولات در محدوده مطالعاتی در سال‌های پیش بوده است که بر اساس سیاست‌های جدید باید مورد تجدیدنظر و بازنگری قرار گیرد.

***

همان‌طور که در آغاز این بخش گفته شد، پژوهش حاضر در مورد وقوع یا عدم وقوع نوسان‌های اقلیمی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و اثرات و پیامدهای آن بر تولید محصولات کشاورزی به دنبال یافتن پاسخ پرسش‌های سه‌گانه زیر بوده است. پاسخ این پرسش‌ها به اجمال به این شرح بوده است:

پرسش ۱: آیا متغیرهای آب و هوایی (دما و بارش) طی سال‌های مورد مطالعه تغییر قابل ملاحظه‌ای کرده‌اند؟

به طور کلی دما در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه (جز ارومیه) افزایش معنی‌دار داشته است. روند این افزایش را می‌توان به این شکل صورت‌بندی کرد:

میانه و مراغه > اهر، تبریز، خوی و ماکو > ارومیه

استان آذربایجان شرقی > استان آذربایجان غربی

پرسش ۲: آیا نوسانات آب‌وهوایی طی سال‌های گذشته و سال‌های آینده، عملکرد محصولات راهبردی، نظیر گندم،کلزا و ذرت را در حوضه تحت تاثیر قرار داده است؟

به طور کلی افزایش دما باعث کاهش عملکرد گندم در مناطق مطالعه‌شده حوضه آبریز دریاچه ارومیه شده است. دمای بیشینه در فصل زمستان و دمای متوسط و بارش در فصل بهار بیشترین تاثیر را بر عملکرد گندم داشته‌اند. به نظر می‌رسد این روند در آینده نیز در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای محصولات سه‌کربنه، نظیر گندم و کلزا ادامه داشته باشد.

پرسش ۳: آیا اثرات نوسانات آب‌و هوایی بر عملکرد این محصولات راهبردی در همه مناطق حوضه یکسان بوده است؟

اثر نوسانات آب‌وهوایی بر عملکرد محصولات و سامانه‌های کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکسان نبوده است و روند آن را می‌توان به این ترتیب صورت‌بندی کرد:

میانه و مراغه > اهر، ماکو و ارومیه

استان آذربایجان شرقی > استان آذربایجان غربی

علاوه بر موارد پیش‌گفته باید به این نکته کلیدی نیز اشاره کرد که بررسی تغییرات شاخص خشکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی ۳۰ سال گذشته نشان می‌دهد شاخص خشکی به شکل معنی‌داری در تمام ایستگاه‌ها کاهش یافته است که علت عمده آن افزایش دما در مقایسه با کاهش بارش بوده است. در مقیاس فصلی، بیشترین تغییر این شاخص در فصل زمستان و در مقیاس منطقه‌ای، بیشترین کاهش در استان آذربایجان شرقی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشاهده شد. با توجه به نتایج این بخش به نظر می‌رسد که تاریخ کاشت فعلی در منطقه مناسب نبوده و برای افزایش بهره‌وری آب حاصل از بارش‌ها در منطقه لازم است تا:

الف) تاریخ کاشت بهینه شود، و

ب) ارقامی مورد استفاده قرار گیرند که دوره رشد آنها انطباق بیشتری با نوسانات دمایی و بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه داشته باشد.

ب) بررسی نتایج مطالعات اقتصادی

گزارش اقتصاد کشاورزی حاضر مشتمل بر دو بخش است. در بخش اول سعی شده است، بر اساس آمار و اطلاعات گزارش‌ها و مستندات موجود، برخی از شاخص‌های اقتصاد تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، و همچنین ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات مختلف کشاورزی حوضه برآورد شود. این برآوردها تصویری روشن از وضعیت سودآوری و مزیت رقابتی محصولات مختلف در واحد سطح و همچنین بازدهی اقتصادی آب در کشت هر یک از محصولات حوضه به دست می‌دهد. بدین طریق، مبنایی برای تصمیم‌گیری در خصوص تغییرات الگوی کشت و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به معیشت و اشتغال بخش کشاورزی در شرایط اعمال سیاست‌های کاهش تخصیص و مصرف آب به دست می‌دهد. در بخش دوم، یک الگوی برنامه‌ریزی (هنجاری) چند هدفی برای تعیین الگوی کشت پایدار و مبتنی بر اصول اقتصاد اکولوژی توسعه داده شده است به طوری که بتواند با تکیه بر اصول اساسی کارایی، برابری و پایداری، الگوی کشت بهینه را ارائه نماید.

نتایج مطالعات اقتصادی در این پروژه در واقع پاسخ به این پرسش است که "تحت اهداف و آرمان‌های مورد تعقیب (در این طرح: کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، حفظ معیشت کشاورزان و...)، و محدودیت‌های موجود، الگوی کشت بهینه در منطقه **چه باید باشد**. به عبارت دیگر، نتیجهٔ حاصل از این تحلیل، یک الگوی کشت تجویزی برای منطقه است که دستیابی به آن، نیازمند اعمال و کاربست یک مجموعه از سیاست‌ها و اقدامات عملی است. با این حال، این الگوی هنجاری، از قابلیت لازم برای تحلیل اثربخشی سیاست‌ها و اقدامات مختلف در راه رسیدن به الگوی مطلوب برخوردار نیست و لازم است برای این منظور از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شود. به بیان دیگر، لازم است آثار راهکارها و سیاست‌های پیشنهادی مختلف بر الگوی کشت، وضعیت معیشتی کشاورزان، اشتغال روستایی و مصرف آب بررسی شود. نتایج حاصل از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، در واقع پاسخ به این پرسش است که چنانچه یک اقدام یا سیاست خاص برای مثال برای کاهش مصرف آب بهکار گرفته شود، الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان **چه خواهد شد**.

۳-۸ بررسی شاخص‌های کلان اقتصادی بخش کشاورزی حوضه

محاسبات این بخش از مطالعات بر مبنای اطلاعات طرح «راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی برای محدودهٔ میاندوآب» (مجری: مشاور یکم) انجام شده است. برای محصولاتی که از قیمت-های تضمینی برخوردار بوده‌اند از قیمتهای مذکور و برای سایر محصولات و نهاده‌ها از تعدیل قیمتهای بازار براساس فروش سر مزرعه استفاده شده است. محاسبات انجام‌گرفته بر اساس قیمتهای سال ۱۳۹۵ بوده است.

برآورد درآمد خالص هر یک از محصولات و سودآوری نسبی آنها

در جدول ۱ محاسبات مربوط به درآمد و هزینه محصولات زراعی گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در محدوده مطالعاتی میاندوآب، بیشترین درآمد ناخالص در هکتار در بین محصولات زراعی با مقدار ۲۰۴/۹ میلیون ریال در هکتار مربوط به پیاز و پس از آن با ۱۳۵/۹ و ۱۳۲/۶ میلیون ریال در هکتار به ترتیب متعلق به چغندرقند و گوجهفرنگی است. با کسر هزینه‌های تولید از درآمد ناخالص، درآمد خالص یا سود ناخالص حاصل می‌گردد که مقدار آن برای پیاز با ۱۱۸/۷ میلیون ریال در هکتار بیشترین و برای گندم با ۱۸/۹ میلیون ریال در هکتار کمترین مقدار است. درآمد خالص چغندرقند ۶۰/۹ میلیون ریال در هکتار، ذرت علوفه‌ای ۵۷/۳ میلیون ریال، ذرت دانه‌ای ۵۴/۷ میلیون ریال و برای گوجه فرنگی ۵۱/۹ میلیون ریال در هکتار می‌باشد. کشت پیاز به لحاظ اشتغالزایی نیز در بین دیگر محصولات زراعی دارای بیشترین مقادیر است، به طوری که هر هکتار پیاز سالانه نیازمند ۹۸ نفر روز کار برای انجام انواع عملیات زراعی اعم از کاشت، داشت و برداشت است. بر اساس پتانسیل اشتغالزایی، محصولات گوجه فرنگی، چغندر و جالیز به ترتیب با نیاز کاری ۹۷/۴، ۷۱ و ۶۷/۸ نفر-روز در هکتار قرار دارند. در مقابل، محصولات جو، گندم و ذرت علوفه‌ای با تقاضای نیروی کاری معادل ۱۲-۱۳ نفر روز در هر هکتار، از کمترین پتانسیل برای ایجاد اشتغال در منطقه برخوردارند.

جدول ۱. محاسبه هزینه-درآمد محصولات زراعی محدوده مطالعاتی میاندوآب

	واحد	گندم	جو	یونجه	چغندرقند	گوجه فرنگی	پیاز	جالیز	ذرت دانه-ای	ذرت علوفه‌ای	سایر زراعت
سطح زیرکشت	هکتار	۲۵۱۷۹	۶۶۱۸	۱۲۵۶۴	۶۲۶۹	۲۷۶۰	۸۹۴	۱۱۸۲	۶۹۲	۱۶۰	۹۴۹
عملکرد محصول	کیلوگرم	۳۳۶۸	۳۱۶۸	۸۸۵۸	۵۰۳۶۰	۳۷۸۷۵	۴۵۵۳۸	۱۸۵۹۳	۸۱۶۲	۴۴۹۶۹	۲۴۳۳
قیمت فروش سر مزرعه	ریال بر هزار	۱۱۵۰۰	۹۲۰۰	۸۰۰۰	۲۷۰۰	۳۵۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰	۹۶۰۰	۱۹۰۰	۳۵۰۰۰
درآمد ناخالص	ریال در هکتار	۴۸۸۳/۷ ۹	۳۸۶۴/۴ ۸	۷۰۸۶/۹ ۴	۱۳۵۹۷/۱ ۲	۱۳۲۶۳۴/۷	۲۰۴۹۲/۱ ۱	۹۳۴۵/۸ ۱	۸۶۹۲۳/۸	۸۵۴۴/۶ ۰	۸۸۸۱۹/۴
هزینه کل تولید	هزار	۱۹۹۴/۳	۱۸۴۷/۶	۳۴۱۲/۹	۷۵۰۴۳/۷	۸۰۷۲۹/۷	۸۶۱۳۷/۱	۵۱۷۲۴	۳۲۲۲۲/۵	۲۸۱۶/۶	۴۳۱۴۸/۵
درآمد خالص	هزار	۱۸۸۹/۴	۲۰۱۷/۸	۳۶۷۳/۰	۶۰۹۲۸/۴	۵۱۹۰۴/۹	۱۱۸۷۸/۱	۴۱۷۲/۷	۵۴۷۰۱/۳	۵۷۲۷/۱	۴۵۶۷۰/۹
میزان اشتغالزایی	نفر-روز	۱۲/۴	۱۲/۱	۲۸/۳	۷۱	۹۷/۴	۹۸	۶۷/۸	۱۶/۷	۱۲/۸	۵۵/۹
آب مصرفی	مترمکع	۶۸۰۷	۵۷۱۲	۱۶۴۴۴	۱۵۰۹۰	۱۳۳۷۰	۱۴۵۴۱	۸۹۶۸	۱۱۹۹۴	۷۵۰۰	۹۵۸۹

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

برآورد بهره‌وری و ارزش اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف. در اینجا مفهوم اقتصادی بهره‌وری حاصل تقسیم ارزش ناخالص تولید در بخش کشاورزی بر مقدار آب مصرفی بوده و بهره‌وری تولید از تقسیم عملکرد محصول در هکتار بر مقدار آب مصرفی آن در هر هکتار به دست آمده است. ارزش اقتصادی آب نیز در اینجا بر اساس روش باقیمانده‌ها محاسبه شده است. در این روش، کل ارزش خالص تولید که پس از کسر کلیه هزینه‌های تولید به جز آب از ارزش ناخالص تولید در کشت هر محصول به دست آمده است، به نهاده آب منتسب میگردد. مقادیر بهره‌وری تولیدی، اقتصادی و همچنین ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در تولید محصولات مختلف زراعی دشت میاندوآب در جدول ۲ محاسبه و گزارش شده‌اند. همانطور که ملاحظه می‌شود، مقدار بهره‌وری فیزیکی تولید از ۰/۲۵ کیلوگرم برای محصول حبوبات (سایر زراعت) تا ۳/۳ کیلوگرم محصول برای چغندرقند متغیر است. مقدار این شاخص برای گندم ۰/۴۹ کیلوگرم، برای جو ۰/۵۵ کیلوگرم؛ برای گوجه ۲/۸ کیلوگرم و برای پیاز ۳/۱۳ کیلوگرم است. ارزش ناخالص تولید به ازای هر مترمکعب آب (بهره‌وری اقتصادی) نیز از ۱۴۰۹۲ ریال در کشت پیاز تا حداقل مقدار ۴۳۱۰ ریال بر مترمکعب آب مصرفی در کشت یونجه متغیر است. به ازای هر مترمکعب آب مصرفی در کشت گندم نیز حدود ۷۱۷۵ ریال ارزش ناخالص ایجاد شده است.

جدول ۲. محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب در کشت محصولات زراعی در محدوده مطالعاتی میاندوآب

	گندم	جو	یونجه	چغندر قند	گوجه‌فرنگی	پیاز	جالیز	ذرت دانه‌ای	ذرت علوفه‌ای	سایر زراعت
بهره‌وری تولیدی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۴۹	۰/۵۵	۵/۴	۳/۳	۲/۸	۳/۱۳	۰/۷۲	۰/۶۸	۶/۰	۰/۲۵
بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)	۷۱۷۵	۶۰۷۱	۳۰۷۴	۱۱۰۹۰	۹۹۲۱	۱۴۰۹۲	۱۰۴۲	۷۲۴۰	۳۹۲	۹۲۶۳
ارزش اقتصادی هر واحد آب	۴۶۷۳۸	۳۷۵۲	۷۶۲۰	۴۰۲۳۸	۳۸۸۲	۸۱۶۹	۴۶۵۳	۴۵۶۱	۷۶۳۷	۴۶۷

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

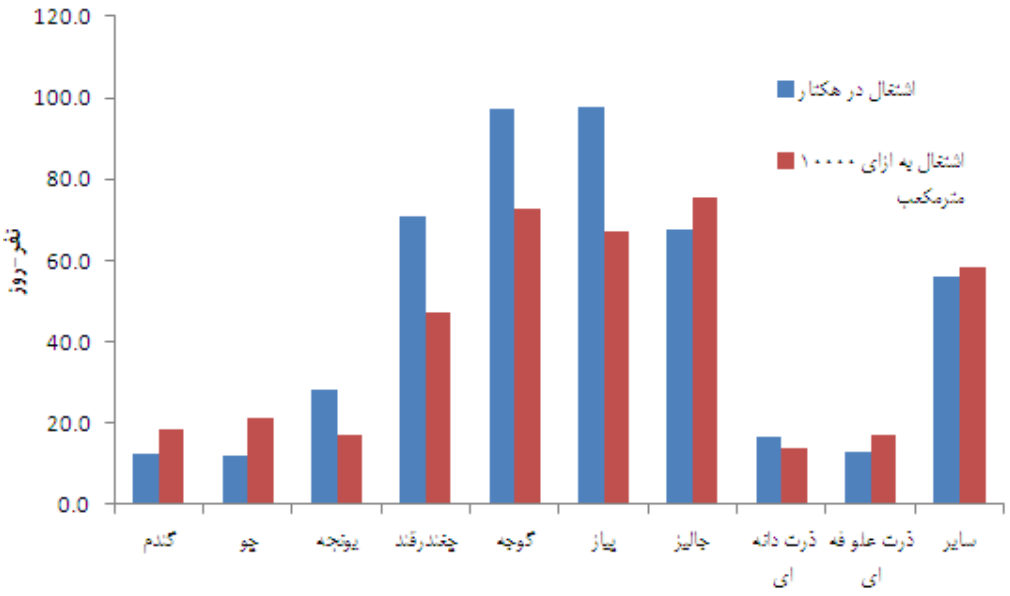
بهره‌وری اقتصادی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای آب بر اساس مطالعات مختلف در سطح جهانی در دامنه‌ای از مقادیر مندرج در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه نتایج بهره‌وری تولیدی آب در کشت محصولات زراعی دشت میاندوآب با ارقام متناظر این جدول نشان می‌دهد که متوسط بهره‌وری آب در کشت گندم در این منطقه کمتر از دامنه مقادیر بهره‌وری آب در سطح جهانی است. بهره‌وری گندم در میاندوآب در مقایسه با دامنه بهره‌وری آب این محصول در سطح جهانی، در میانه رو به پایین این بازه قرار دارد به طوری که متوسط بهره‌وری این محصول در سطح جهانی در دامنه ۱/۲-۰/۲ (متوسط ۰/۷ کیلوگرم) است این در حالی است که مقدار متناظر آن برای کشت گندم در منطقه مطالعات حدود ۰/۴۹ کیلوگرم است. ذرت، حبوبات و گوجه‌فرنگی نیز پایین‌تر از میانگین جهانی به لحاظ بهره‌وری آب قرار دارند.

جدول ۳. بهره‌وری اقتصادی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای آب برای محصولات منتخب در میاندوآب

محصول/زیرگروه	دلار در مترمکعب	کیلوگرم در مترمکعب	پروتئین (گرم) در مترمکعب	کالری در مترمکعب
دانه‌ها				
گندم	۰/۰۴-۰/۰۳	۱/۲-۰/۲	۱۵۰-۵۰	۴۰۰۰-۶۶۶
برنج	۰/۱۸ -۰/۰۵	۱/۶-۰/۱۵	۵۰-۱۲	۲۰۰۰-۵۰۰
ذرت	۰/۲۲-۰/۰۳	۲-۰/۳	۲۰۰-۳۰	۷۰۰۰-۱۰۰۰
بقولات				
عدس	۰/۳-۰/۰۹	۱-۰/۳	۱۵۰-۹۰	۳۵۰۰-۱۰۶۰
باقلا	۰/۲۴-۰/۰۹	۰/۸-۰/۳	۱۵۰-۱۰۰	۳۳۶۰-۱۲۶۰
میوه‌ها /سبزیجات				
سیب زمینی	۰/۷-۰/۳	۷-۳	۱۲۰-۵۰	۷۰۰۰-۳۰۰۰
گوجه فرنگی	۳-۰/۷۵	۲۰-۵	۲۰۰-۵۰	۴۰۰۰-۱۰۰۰
سیب	۴-۰/۸	۵-۱	ناچیز	۲۶۰۰-۵۲۰
زیتون	۳-۱	۳-۱	۳۰-۱۰	۳۴۵۰-۱۱۵۰
خرما	۱/۶-۰/۸	۰/۸-۰/۴	۱۶-۸	۲۲۴۰-۱۱۲۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

برآورد شاخص‌های اشتغالزایی محصولات کشاورزی. برآوردهای این مرحله صرفاً اشتغال مستقیم ناشی از کشتوکار محصولات زراعی است. میزان اشتغالزایی هر یک از کشت‌های زراعی بر اساس نیروی کار ماهر و غیرماهر مورد نیاز این محصولات برای انجام کلیه فعالیت‌های زراعی کاشت، داشت و برداشت برآورد شده که بر اساس دو شاخص اشتغالزایی به ازای هر واحد زمین (نیروی کار در هکتار) و به ازای هر واحد آب (۱۰۰۰۰ مترمکعب) براورد شده است. نتایج مربوط به این محاسبات در شکل ۱۰ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، کاربرترین محصولات منطقه در واحد سطح کشت شامل پیاز، گوجهفرنگی، چغندر قند و محصولات جالیزی است. اما به لحاظ پتانسیل ایجاد اشتغال به ازای هر ۱۰۰۰۰ مترمکعب آب، جالیز دارای بیشترین نیاز کاری و پس از آن به ترتیب گوجه‌فرنگی و پیاز است.



شکل ۱۰. پتانسیل اشتغالزایی هر یک از محصولات زراعی به ازای هر واحد زمین و آب در میاندوآب (داده‌ها: ستاد احیا)

همانطور که از تحلیل‌های فوق بر می‌آید، اولویت کشت محصولات مختلف با توجه به شاخص‌های سودآوری، ایجاد اشتغال، مقدار آب بری و تولید ارزش اقتصادی آب متغیر است. بر این اساس، چنانچه رویکرد توسعه پایدار در برنامه‌ریزی منابع آب و توسعه کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه مبنای عمل باشد، انتخاب محصولات مختلف به طوری که بتواند ضمن تامین شرط کارایی اقتصادی، پایداری منابع آب و اشتغال و معیشت روستائیان را نیز برآورده سازد، حائز اهمیت ویژه است.

برای این منظور ابتدا یک رتبه‌بندی از محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های مختلف سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و همچنین مقدار اشتغال‌زایی براورد شده و سپس با لحاظ وزن اهداف مختلف (پایداری منابع آب ۵۰٪، حاشیه ناخالص تولید ۳۰٪ و اشتغالزایی ۲۰٪) یک رتبه جمعی برای محصولات مختلف محاسبه شده است (جدول ۴). بر اساس محاسبات پیاز، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را به لحاظ برخورداری از بالاترین میزان سودآوری اقتصادی دارا بوده و در مقابل جو، گندم و یونجه دارای کمترین مقدار این شاخص هستند. به لحاظ بازدهی اقتصادی آب نیز پیاز دارای بالاترین رتبه و پس از آن به ترتیب گوجه‌فرنگی و چغندر قند قرار دارند. یونجه و جو کمترین ارزش اقتصادی در مصرف آب را ایجاد می‌کنند. درشاخص اشتغالزایی زراعی نیز بالاترین اولویت‌ها مربوط به پیاز، گوجه‌فرنگی و چغندر قند است. با احتساب اوزان اهداف سیاستی و مقادیر شاخص‌های مذکور، در بین محصولات مختلف پیاز، ذرت علوفه‌ای و حبوبات (سایر زراعت‌ها) دارای بالاترین اولویت بوده و در مقابل کمترین رتبه جمعی مربوط به جو، گندم و ذرت دانه‌ای است. گندم با اختصاص ۴۴٪ از کل سطح زیرکشت منطقه ۳۴/۷٪ از کل سود ناخالص زراعی، ۲۹٪ از کل مصرف آب و ۱۸/۴٪ از کل اشتغال زراعی را ایجاد کرده است. سهم یونجه از کل سطح زیرکشت زراعی منطقه حدود ۲۲٪ بوده، اما حدود ۳۵٪ از کل مصرف آب زراعی را به خود اختصاص داده است. بر این اساس، می‌توان گفت اگر چه به لحاظ سهم سطح زیرکشت گندم کشت غالب محسوب می‌شود، اما از منظر مصرف آب یونجه غالب‌ترین کشت منطقه است. این موضوع از این دیدگاه مهم است که برای کاهش مصرف آب سیاست‌ها و اقدامات باید بر محصولات غالب که بخش قابلتوجهی از آب را مصرف می‌کنند متمرکز شود.

جدول ۴. رتبه‌بندی محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و اشتغالزایی

محصولات زراعی	رتبه هر یک از محصولات زراعی به لحاظ شاخص‌های:			رتبه جمعی با احتساب ضریب اهمیت	سهم هر یک از محصولات از:			
	سودآوری	بازدهی اقتصادی آب	اشتغالزایی مستقیم		کل کشت زراعی	کل سود ناخالص	کل مصرف آب زراعی	کل اشتغال زراعی
گندم	۹	۶	۹	۸	۴۴	۳۴/۷	۲۹/۱	۱۸/۴
جو	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۱/۶	۶/۴	۶/۴	۴/۷
یونجه	۸	۱۰	۶	۹	۲۱/۹	۲۲/۰	۳۵/۰	۲۰/۹

چغندرقند	۲	۷	۳	۴	۱۰/۹	۱۸/۲	۱۶	۲۶/۲
گوجه فرنگی	۵	۸	۲	۷	۴/۸	۶/۸	۶/۳	۱۵/۹
پیاز	۱	۱	۱	۱	۱/۶	۵/۱	۲/۲	۵/۲
جالیز	۷	۴	۴	۵	۲/۱	۲/۴	۱/۸	۴/۷
ذرت دانه‌ای	۴	۵	۸	۶	۱/۲	۱/۸	۱/۴	۰/۷
ذرت علوفه‌ای	۳	۲	۷	۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۱
سایر زراعت‌ها	۶	۳	۵	۳	۱/۷	۲/۱	۱/۵	۳/۱

برای توضیح صریح‌تر نقش محصولات مختلف در مولفه‌های مورد نظر، سه شاخص گرایش به سودآوری، گرایش به مصرف آب، گرایش به اشتغالزایی بر حسب نهاده زمین و دو شاخص گرایش به ایجاد بازده اقتصادی آب و گرایش به اشتغالزایی بر حسب نهاده آب محاسبه شده اند که نتایج مربوط به آن در جدول ۵ گزارش شده است. شاخص گرایش به سودآوری برای هر محصول از تقسیم سهم آن محصول از کل ارزش خالص تولیدات زراعی به سهم آن از کل زیرکشت زراعی، شاخص گرایش به مصرف آب، از تقسیم سهم هر محصول از کل مصرف آب به سهم آن از کل سطح زیرکشت زراعی و شاخص گرایش به اشتغالزایی از تقسیم سهم هر محصول در ایجاد اشتغال به سهم آن از کل سطح زیرکشت محاسبه شده است. به همین ترتیب، شاخص گرایش به ایجاد بازده خالص نسبت به نهاده آب نیز از تقسیم سهم هر محصول از کل ارزش خالص تولیدات زراعی بر سهم آن از مصرف آب، و شاخص گرایش به اشتغال نسبت به نهاده آب نیز از تقسیم سهم هر محصول در اشتغال زراعی کل منطقه به مقدار سهم آن از کل مصرف آب محاسبه شده است. برای مثال شاخص گرایش به سودآوری برای یک محصول نشان میدهد به ازای هر یک درصد سهمی که آن محصول از کل سطح زیرکشت زراعی دارد، چه سهمی از کل ارزش خالص تولیدات زراعی را تشکیل می‌دهد. بر اساس محاسبات جدول ۵، مشاهده میشود گندم به ازای هر یک درصد سهم از سطح زیرکشت ۰/۷۹ درصد از کل سود تولیدات زراعی، ۰/۶۶ درصد از کل مصرف آب و ۰/۴۲ درصد از کل اشتغال زراعی را دارد. بالاتر بودن مقدار شاخص گرایش به سودآوری نشاندهنده سودآوری بالاتر آن محصول در هر هکتار نسبت به سایر کشت‌هاست. در مقابل پایین‌تر بودن شاخص گرایش به مصرف آب نشان دهنده مزیت آن محصول نسبت به سایر کشت‌های زراعی از نظر مصرف آب است.

جدول ۵. شاخص گرایش به سودآوری، مصرف آب، اشتغالزایی و بازده اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف

محصولات زراعی	بر حسب نهاده زمین			بر حسب نهاده آب	
	شاخص گرایش به سودآوری	شاخص گرایش به مصرف آب	شاخص گرایش به اشتغالزایی	شاخص گرایش به بازده خالص	شاخص گرایش به اشتغالزایی
گندم	۰/۷۹	۰/۶۶	۰/۴۲	۱/۲۰	۰/۶۳
جو	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۹۹	۰/۷۴
یونجه	۱/۰	۱/۶۰	۰/۹۵	۱/۵۹	۰/۶۰
چغندرقند	۱/۶۷	۱/۴۷	۲/۴۰	۰/۸۸	۱/۶۴
گوجه‌فرنگی	۱/۴۲	۱/۳۰	۳/۲۹	۰/۹۱	۲/۵۳
پیاز	۳/۲۵	۱/۴۱	۳/۳۱	۰/۴۳	۲/۳۴
جالیز	۱/۱۴	۰/۸۷	۲/۲۹	۰/۷۶	۲/۶۳
ذرت دانه‌ای	۱/۵۰	۱/۱۷	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۴۸
ذرت علوفه‌ای	۱/۵۷	۰/۷۳	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۹
سایر زراعت	۱/۲۵	۰/۹۳	۱/۸۹	۰/۷۵	۲/۰۲

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

۴-۸ تعیین شرایط بهینه با اولویت بالاترین درآمد خالص و تغییرات سیستم برداشت پایدار آب

امروزه محدودیت شدید منابع طبیعی ناشی از رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای این منابع از یک سو و تخلیه و تقلیل کیفی آنها از سوی دیگر، جهت گیری‌های توسعه کشاورزی را از الگوهای مبتنی بر رشد به الگوهای مبتنی بر توسعه پایدار سوق داده است. توسعهٔ پایدار در ادبیات اقتصادی به معنای بیشینه‌سازی منافع خالص توسعه اقتصادی مشروط به حفظ خدمات و کیفیت محیط زیست در طول زمان است. هدف این بخش از گزارش تعیین شرایط بهینه کشت در حوضه دریاچه با نظر به تغییرات سیستم برداشت پایدار آب و در چارچوب یک روش چند وجهی مبتنی بر اصول اقتصاد اکولوژی (کارایی اقتصادی، پایداری زیستمحیطی و قابل پذیرش به لحاظ اجتماعی) است. با توجه به اینکه رسیدن به سطح مطلوب تمام این

اهداف به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر نیست، لذا استفاده از روشی که بتواند مجموعه این اهداف را هم‌زمان به سطح مطلوب نزدیک کند، ضروری است. استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه[1] در جهت لحاظ نمودن اهداف چندگانه به‌طور هم‌زمان در تصمیم‌گیری، یکی از این روش‌ها است. اولین مرحله در الگوسازی مدل-های برنامه‌ریزی چند هدفه، تعیین اهداف مورد تعقیب سیاست‌گذار در طراحی الگوی کشت و تولید کشاورزی و تعیین سطوح آرمانی[2] هر یک از این اهداف است. با توجه به ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مربوط به دریاچه ارومیه و اقدامات و راهکارهای پیشنهادی برای احیای دریاچه ارومیه در مطالعات مختلف، مهمترین هدف مورد تعقیب، کاهش ۴۰ درصدی در مصرف آب بخش کشاورزی و رهاسازی آن برای مصارف زیست محیطی دریاچه است. با این حال، این کاهش ۴۰ درصدی باید از راه‌ها و راهکارهایی محقق شود که با کمترین آسیب به وضعیت معیشتی و اشتغال کشاورزی در منطقه همراه باشد. بر این اساس، سه هدف اصلی مورد توجه در تعیین شرایط بهینه تولید کشاورزی با در نظر گرفتن تغییرات سیستم برداشت پایدار آب و اولویت‌بندی آنها، در این گزارش، عبارتند از:

- ✓ S1: اولویت آرمانی اول: کاهش مصرف آب بخش کشاورزی به میزان ۴۰ درصد
- ✓ S2: اولویت آرمانی دوم: حداکثرسازی حاشیه ناخالص کشاورزان
- ✓ S3: اولویت آرمانی سوم: حفظ مقدار اشتغال مستقیم بخش کشاورزی حوضه

با توجه به این که سطح کاهش مصرف آب کشاورزی توسط محاسبات فنی در مطالعات پیشین ستاد احیای دریاچه ارومیه معادل ۴۰٪ برآورد شده است، در اینجا نیز سطح آرمانی مربوط به این هدف همان ۴۰٪ کاهش (نسبت به شرایط پایه) ملاک عمل قرار گرفته است. حداکثر مقدار آرمانی برای هدف اشتغال کشاورزی نیز حفظ وضع موجود در نظر گرفته شده است. با این حال، برای هدف معیشت کشاورزان مقدار سطح آرمانی مشخص نیست که لازم است در اینجا مقدار آن تعیین شود. برای این منظور از یک الگوی برنامه‌ریزی خطی تکهدفه استفاده شده است بدین طریق که یک الگوی حداکثرسازی حاشیه ناخالص تولیدات کشاورزی توسعه داده شده به طوریکه بتواند حداکثر سود ناخالص قابل دستیابی ناشی از فعالیت‌های زراعی و باغی را تحت محدودیت‌های منابع تولید و سایر قیود الگو و البته با لحاظ ۴۰٪ کاهش تخصیص آب محاسبه نماید. به عبارت دیگر، هدف این بوده که تعیین شود با فرض ۴۰٪ کاهش مصرف آب، رسیدن

1- Multi Objective Programming
2- target value

به چه سطحی از حداکثر مقدار حاشیه ناخالص کشاورزی امکان‌پذیر است. داده‌های مورد نیاز برای توسعه و اجرای الگوی برنامه‌ریزی کشت در این مطالعه عمدتاً از گزارش طرح «ارائه راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود» گرفته شده است.

اشاره شد که کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی در حوضه آبریز رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینهرود یکی از اهداف ستاد احیای دریاچه ارومیه است که برای حصول به این هدف راهکارهای مختلفی پیشنهاد شده است. از جمله راهکارهای پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ کاهش تخصیص و عرضه آب به بخش کشاورزی
- ✓ افزایش راندمان آبیاری کشاورزی
- ✓ محدودسازی و جایگزینی برخی محصولات

در این قسمت، هدف بررسی آثار اجرای هر یک از این راهکارها بر مولفه‌های اقتصادی-اجتماعی بخش کشاورزی است. به عبارت دیگر هدف پاسخ به این پرسش است که در صورت اجرای هر یک از این راهکارها وضعیت بخش کشاورزی منطقه مطالعات چه خواهد شد. برای این منظور از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)[1] بهره گرفته شده است. به منظور بررسی آثار سناریوهای سیاستی بر مدل در گام نخست الگو براساس اطلاعات موجود برای سال پایه باز تولید شده است. و پس از آن به بررسی تأثیرسیاست‌های موردنظر بر روی مدل پرداخته شده است.

راهکار اول: کاهش تخصیص و عرضه آب به بخش کشاورزی. تأثیر سیاست کاهش حجم منابع آب تخصیص داده شده به بخش کشاورزی طی ۳ سناریوی ۱) کاهش ۲۰٪ عرضه آب کشاورزی، ۲) کاهش ۳۰ درصدی عرضه آب کشاورزی، و ۳) کاهش۴۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بررسی شده است.

سناریوی ۲۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی. نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک کاهش ۲۰ درصدی عرضه آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف این محدوده در جداول ۶ و ۷ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود،

1- Positive Mathematical Programming (PMP)

در صورت کاهش موجودی منابع آب قابل دسترس بخش کشاورزی به میزان ۲۰٪، سطح کشت محصولات غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای تقریباً در همه بازه‌های مطالعاتی کاهش یافته؛ در مقابل بر سطح زیر کشت محصولات نقدی مثل گوجه‌فرنگی، پیاز و چغندرقند افزوده می‌شود. دلیل این امر را می‌توان مقدار بالاتر ارزش خالص تولید این محصولات در مقایسه با مقدار آب مصرفی آنها نسبت به سایر محصولات از جمله غلات و یونجه است.

جدول ۶. نتایج اجرای سناریوی کاهش ۲۰ درصدی منابع آب بخش کشاورزی بر الگوی کشت منطقه (منبع: داده‌های ستاد احیا)

بازه مطالعاتی	S1		S2		S3	S4		S5		S6		S7		S8	
نام محصول	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر	سطح زیرکشت	درصد تغییر
گندم	۶۳۴	(۲۸,۱)	۴۷۵	(۰,۰۱)	(۰,۰۰۰۹)	۳۱۰۱	(۲۳,۸)	۷۶۹	(۳۱,۶)	۳۹۴۴	(۲۴,۰۳)	۲۹۵۹	(۳۲,۲)	۵۰۷۱	(۴۰,۱)
جو	۲۸۱	(۲۱,۷)	۱۸۵	(۰,۰۲)	(۰,۰۰۱)	۵۸۲	(۳۳,۸)	۱۱۱	(۳۱,۴)	۷۲۵	(۲۹,۳)	۱۲۵۵	(۳۳,۲)	۱۲۶۷	(۴۰,۲)
یونجه	۱۰۰۱	(۳۹,۳)	۳۳۰	(۰,۰۳)	۰,۰۰۰۵	۴۲۲	(۴۶,۶)	۲۲۲	(۴۳,۵)	۱۳۴۰	(۳۸,۵)	۹۵۳	(۴۶,۵)	۲۲۵۴	(۵۸,۰)
چغندرقند	۷۲	۲,۰۱	۲۳	(۰,۰۰۳)	–	۱۸۷۶	(۲)	۲۵۵	۱,۸	۲۱۴۱	(۱۲,۸)	۸۰۸	(۳,۹)	۶۷۶	(۵,۷)
گوجه فرنگی	۳۸	۱۸,۶	۱۰	۰,۰۰۸	۰,۰۰۰۲	۱۶	۵,۴	۳۳	۳۴,۷	۳۰۰	(۱۲,۶)	۶۰	۱۵,۳	۲۶۴۲	۱۶,۹
پیاز	۶۳	۱۵,۴	۲۱	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۱	–	–	۳۲	۱۴,۱	۱۹۰	(۷,۴)	۴۰	(۲,۹)	۵۷۱	۷,۳
جالیز	۳۵	۲۸,۷	۶۷	۰,۰۰۷	(۰,۰۰۰۱)	۴۶	۲۳,۹	۹۵	۳۷,۸	۲۱۰	(۹,۶)	۲۵۶	۱۸,۲	۶۱۵	۱۷,۳
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	۱۲	(۴۱,۵)	۱۳	(۳۴,۱)	۲۹۷	(۱۸,۵)	۲۰۴	(۲۹,۲)	–	–
ذرت علوفه‌ای	–	–	–	–	–	۱۳	(۱۸,۲)	–	–	۱۴	(۸,۵)	–	–	۱۰۵	(۱۹,۳)
سیب درختی	۱۲۳۰	۶,۷	۴۱۷۸	(۰۰۰۳)	۰,۰۰۰۰۶	۲۴۴	۷,۷	۱۳۴	۵,۶	۱۴۳۳	(۵)	۱۶۰۶	۳,۹	۲۷۵۳	(۰,۱)
انگور	۳۶	۱۸,۴	۳۶۷۱	۰,۰۰۲	(۰,۰۰۰۰۷)	۱۲۱	۲۴,۱	۷	۹,۴	۱۷۲	(۵)	۴۷۰	۱۴,۲	۴۰۸۹	۱۳,۸
هلو، شلیل	۳۳	۸,۸	۳۰	(۰,۰۰۰۵)	(۰,۰۰۰۰۷)	۱۰۵	۱۰,۱	۵۱	۱۴,۶	۳۵۱	(۵)	۳۲۹	۶,۶	۵۸۸	۵,۱
آلو و گوجه	۱۰۶	۵,۷	۱۹۹	(۰,۰۰۰۹)	(۰,۰۰۰۰۸)	–	–	۲۰	۷,۶	۱۹۰	(۵)	۱۶۱	۷,۶	۷۸۸	۵,۸
زردآلو	۵۰	۱۰,۵	۱۷۴	۰,۰۰۳	(۰,۰۰۰۰۶)	۴۱	۱۵,۹	–	–	۳۴	(۵)	۳۴	۶,۱۱	۷۴	۴,۷
گردو	۳۶	۲,۵	۱۵۹	(۰,۰۰۱)	۰,۰۰۰۰۴	۳۵	(۰,۵)	۴۵	۰,۵	۲۴	(۵)	۵۵	(۰,۸)	۱۲۶	۰,۷
بادام	۲۰	(۱,۲)	۵۵	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۰۶	۸۰	۱,۸	۳۶	۰,۷	۱۵	(۵)	۳۳	۲,۶	۲۹	(۵)
سایر باغ‌های میوه	۳۵	۳,۰۷	۱۱	۰,۰۰۰۴	(۰,۰۰۰۱)	–	–	۱۲	۱۲,۶	۲۴	(۵)	۲۵	۰,۴	۱۳۲	۹,۷
درختان غیرمثمر	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱۰۰	(۵)	۴۷۳	(۵)	۸۳۵	(۵)

در مجموع، در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۲۰۹ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۵٪ کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۵٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۲۰٪ در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۲۲۴۲/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفه جویی ۲۰۹ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۲۸۷/۲ میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۳۷۴/۱ ریال برآورد می‌شود.

جدول ۷. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۲۰ درصد منابع آب بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیارد ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۳۴۳/۵	-۲۸۷/۲	-۵/۱
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۳۸۶۰	-۷۱۹	-۴/۹
۳	مقدار مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۸۳۵/۴۴	-۲۰۸/۸۶	-۲۰

منبع: داده‌های ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی ۳۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی. در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۳۱۳ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان حدود ۹/۴٪ و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه حدود ۱۰/۳٪ کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۹/۴٪ از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن ۱۰٪ از کل اشتغال (مستقیم) کشاورزی منطقه، امکان صرفه‌جویی ۳۰٪ مصرف آب کشاورزی این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۴۱۱۵/۶ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دسترفته) صرفه‌جویی ۳۱۳/۳ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۵۲۷/۱ میلیارد ریال است که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آن به طور متوسط حدود ۱۶۸۲/۴ ریال برآورد می‌شود (جدول ۸).

جدول ۸. تأثیر اجرای سناریوی کاهش۳۰ درصد منابع آب بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیارد ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۱۰۳/۶	-۵۲۷/۰۹	-۹/۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۳۰۸۴	-۱۴۹۵	-۱۰/۳
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۷۳۱	-۳۱۳/۳	-۳۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی ۴۰ درصد کاهش در عرضه آب کشاورزی. نتایج مربوط به شبیه‌سازی آثار ناشی از شوک کاهش ۴۰ درصدی عرضه آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی میاندوآب بر سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی این محدوده در جدول ۹ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در صورت کاهش موجودی منابع آب قابل دسترس بخش کشاورزی به میزان ۴۰٪، مشابه سناریوهای پیشین سطح کشت محصولات غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای تقریباً در همه بازه‌های مطالعاتی کاهش یافته، در مقابل بر سطح زیر کشت محصولات نقدی مثل گوجه‌فرنگی، پیاز و چغندرقند افزوده می‌شود. با این تفاوت که در این سناریو نسبت به سناریوهایی قبلی، درصدهای کاهش در سطح زیرکشت غلات، یونجه و ذرت دانه‌ای به دلیل محدودیت بیشتر آب در این سناریو، بزرگتر پیش‌بینی شده است. در مجموع در این سناریو از کاهش منابع آب (حدود ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب کاهش نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب حدود ۱۴/۴ و ۱۵/۴ درصد کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، با کاهش حدود ۱۴/۴ درصد از سود کل فعالیت‌های زراعی و باغی و قربانی کردن حدود ۱۵٪ از اشتغال کشاورزی، امکان صرفه جویی ۴۰ درصد در مصرف آب کشاورزی در این محدوده وجود دارد. بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دست رفته کشاورزان) حاصل از این اقدام بر کشاورزان حدود ۶۳۲۰/۵ هزارریال به ازای هر هکتار از سطح زیرکشت زراعی است. در یک تفسیر دیگر می‌توان گفت که هزینه اجتماعی (فرصت از دست رفته) صرفه جویی ۴۱۷/۷ میلیون مترمکعب آب در این سناریو در مجموع حدود ۸۰۹/۵ میلیارد ریال می‌باشد که مقدار آن به ازای هر مترمکعب آب به طور متوسط حدود ۱۹۳۸ ریال برآورد می‌شود.

جدول ۹. تأثیر اجرای سناریوی کاهش۴۰ درصد منابع آب بر روی سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی

ردیف	عنوان	سال پایه	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (ریال)	۵۶۳۰/۷	۴۸۲۱/۲	-۸۰۹/۵	-۱۴/۴
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۲۳۳۴	-۲۲۴۵	-۱۵/۴
۳	ذخیره آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۶۲۶/۵۸	-۴۱۷/۷	-۴۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

راهکار دوم: افزایش راندمان آبیاری کشاورزی

تأثیر سیاست افزایش راندمان آبیاری بخش کشاورزی طی ۲ سناریوی ۱) افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۴۵٪، و ۲) افزایش راندمان آبیاری از ۳۹٪ به ۵۵٪ بررسی شده است:

سناریوی اول: افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۴۵٪. نتایج شبیه‌سازی این بخش نشان داد در محدوده مطالعاتی میاندوآب، در صورت افزایش راندمان آبیاری به میزان ۶٪، سطح کشت محصولاتی مانند یونجه، پیاز و گوجه‌فرنگی در اغلب بازه‌های مطالعاتی افزایش یافته است؛ در مقابل سطح زیر کشت غلات، جالیز و حبوبات اندکی کاهش یافته است، هر چند این کاهش اندک می‌باشد. در واقع با افزایش راندمان آبیاری، محصولاتی که از آب بری بالاتری برخوردارند، مزیت تولیدشان اندکی بهبود می‌یابد. در این سناریو از افزایش بهره‌وری (حدود ۶٪ نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب ۸/۲ میلیارد ریال و ۵/۱۳ نفر-سال افزایش می‌یابد که در مقایسه با مقادیر متناظر پایه اختلاف چندانی ندارد. نتیجه اجرای این سیاست بر میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی حدود ۱۳/۳ درصد کاهش می‌باشد. به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۱۳/۳ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی وجود دارد. شایان ذکر است این نتیجه در شرایط محدودسازی الگوی PMP به سطح زیرکشت فعلی حاصل شده است که با افزایش راندمان آبیاری عملا امکانی برای افزایش سطح زیرکشت به بیش از سطح زیرکشت فعلی برای آن وجود ندارد. این موضوع تاکیدی است بر این که سیاست افزایش راندمان آبیاری (برای مثال مشابه آنچه در ایران از طریق سیاست تغییر روش آبیاری از غرقابی به تحت فشار اجرا می‌شود)، باید با کنترل‌ها و اخذ تعهدات لازم از کشاورزان و به طور کل از بخش کشاورزی در جهت عدم افزایش سطح زیرکشت همراه باشد تا هدف کاهش مصرف آب و در عوض پسانداز فراهم شود.

سناریوی دوم: افزایش راندمان از ۳۹٪ به ۵۵٪. در این سناریو نیز به دلیل محدودسازی کل سطح زیرکشت الگو به مقدار موجود آن در سال پایه، در نتیجه افزایش راندمان آبیاری کل سطح زیرکشت افزایش نیافته، اما ترکیب کشت‌های موجود تغییر یافته است. با این حال، اثر اجرای این سیاست بر حاشیه ناخالص کشاورزان و میزان اشتغال کشاورزی در منطقه به ترتیب ۸/۲ میلیارد ریال و ۵/۱۳ نفر-سال افزایش است که در مقایسه با مقادیر متناظر پایه اختلاف چندانی ندارد. نتیجه اجرای این سیاست بر میزان برداشت و مصرف آب کشاورزی حدود ۲۸٪ کاهش است. به عبارت دیگر، چنانچه راندمان آبیاری ۱۶٪ افزایش یابد، امکان صرفه‌جویی حدود ۲۸٪ (۲۹۷/۲ میلیون مترمکعب) مصرف آب بخش کشاورزی وجود دارد.

راهکار سوم: محدودسازی کشت برخی محصولات آب‌بر

تأثیر سیاست محدودسازی برخی محصولات پر مصرف به لحاظ نیاز آبی در ۲ سناریوی الف) محدودسازی کشت یونجه به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی، و ب) محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند به حداکثر مقدار ۵۰٪ سطح زیرکشت فعلی بررسی شده است.

سناریوی اول: محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به ۵۰٪ مقدار آن در شرایط فعلی. با کاهش سطح زیرکشت یونجه، سطح زیرکشت سایر محصولات تقریباً در همه زون‌ها افزایش یافته و این افزایش بیشتر متوجه محصولاتی نظیر غلات، چغندرقند و محصولات باغی است. در مجموع، در این سناریو (کاهش ۵۰ درصدی سطح یونجه نسبت به شرایط پایه) حاشیه ناخالص کشاورزان به میزان ۱۱۴/۲میلیارد ریال کاهش (۲/۲ درصد نسبت به سال پایه) و میزان اشتغال اندکی (۰/۰۸ درصد) افزایش یافته است، هر چند که میزان این افزایش بسیار ناچیز است. با این حال نتایج نشان می‌دهد با کاهش ۵۰ درصدی سطح زیرکشت یونجه در منطقه میاندوآب، میزان ۶۲/۴ میلیون مترمکعب آب در بخش کشاورزی قابل صرفه‌جویی است که سهمی معادل ۵٪ از کل میزان مصرف آب در شرایط فعلی را تشکیل می‌دهد. چنانچه مقدار کاهش سودناخالص (۱۱۴/۳ میلیارد ریال) به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت حدود ۸۹۲/۵ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه‌جوییشده حدود ۱۸۳۱/۷ ریال برآورد می‌شود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت یونجه بر سود، اشتغال و مصرف آب در بخش کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۵۱۶/۴	-۱۱۴/۳	-۲/۲۰
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۵۹۰/۸۹	۱۱/۸۹	۰/۰۸۲
۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۹۸۱/۹	-۶۲/۴	-۵/۰

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

سناریوی دوم: محدودسازی سطح زیرکشت چغندرقند به ۵۰٪ مقدار آن در شرایط فعلی. با کاهش سطح زیرکشت چغندرقند در محدوده مطالعاتی میاندوآب به نصف مقدار آن در سال پایه، حاشیه ناخالص کشاورزان مشابه سناریوی کاهش و محدودسازی سطح کشت یونجه به میزان ۱۱۲/۸میلیارد ریال کاهش یافته (۲ درصد نسبت به سال پایه)، اما بر خلاف سناریوی قبلی در این سناریو میزان اشتغال اندکی (۰/۱۶ درصد) کاهش یافته است. بر اساس نتایج الگو، در این حالت صرفاً امکان کاهش یا صرفهجویی آب به مقدار ۶/۵ میلیون مترمکعب آب (۰/۶ درصد) وجود دارد. چنانچه مقدار کاهش سود ناخالص (۱۱۲/۸ میلیارد ریال) به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی در نظر گرفته شود، هزینه متوسط این سیاست به ازای هر هکتار کشت در منطقه مطالعات حدود ۸۸۰/۷ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفهجویی شده حدود ۱۷۳۵۳/۸ریال برآورد می‌شود. با توجه به ارقام هزینه‌های اقتصادی (فرصت کشت از دسترفته) و مقادیر آب صرفهجوییشده در دو سناریوی کاهش سطح زیرکشت یونجه و چغندر قند به نصف مقدار آنها در شرایط پایه، ملاحظه می‌شود که محدودسازی کشت یونجه در منطقه میتواند راهکار موثر و کم هزینه‌تری نسبت به محدودسازی سطح کشت چغندرقند در الگوی کشت در راستای صرفه جویی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی باشد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. تأثیر اجرای سناریوی کاهش ۵۰٪ سطح زیر کشت چغندرقند بر سود، اشتغال و مصرف آب کشاورزی میاندوآب

ردیف	عنوان	سال پایه	بعد از اجرای سناریو	میزان تغییرات	درصد تغییرات
۱	سود فعالیت‌های کشاورزی (میلیون ریال)	۵۶۳۰/۷	۵۵۱۷/۹	-۱۱۲/۸	-۲/۰۰۳
۲	اشتغال بخش کشاورزی (نفر/ سال)	۱۴۵۷۹	۱۴۳۴۰/۸۵	-۲۳۸/۱۵	-۰/۱۶

۳	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۰۴۴/۳	۱۰۳۷/۸	-۶/۵	-۰/۶

منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه

جمع‌بندی نتایج مطالعات اقتصادی اجرای راهکارهای مختلف کاهش مصرف آب

نتایج الگوی برنامه‌ریزی ریاضی PMP در خصوص آثار راهکارهای مختلف کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی محدوده مطالعاتی دشت میاندوآب به عنوان نمونه‌ای از حوضه آبریز دریاچه ارومیه در جدول ۱۲ جمع‌بندی شده است. این نتایج می‌تواند ضمن ارزیابی آثار اجرای هر یک از راهکارهای پیشنهادی بر الگوی کشت، درآمد کشاورزان، وضعیت اشتغال کشاورزی و همچنین مقدار مصرف و صرفه‌جویی آب در منطقه، راهنمایی برای انتخاب موثرترین و در عین حال کمهزینه‌ترین راهکار اجرایی برای رسیدن به هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی باشد.

با توجه به نتایج جدول ۱۲، در سناریوهای کاهش عرضه منابع آب بخش کشاورزی بیشترین کاهش سطح متوجه محصولاتی نظیر غلات، علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندر قند است و در مقابل در سناریوی ۲۰٪ کاهش منابع آب سطح محصولاتی نقدی مثل سبزی و صیفی، و محصولات باغی مثل میوه‌های هسته‌دار و انگور افزایش می‌یابد. دلیل این امر درآمد بالاتر این محصولات نسبت به آب مصرفی آنها در مقایسه با سایر محصولات است.

جدول ۱۲. درصد تغییرات الگوی کشت، بازده ناخالص کشاورزان و مصرف منابع (آب و اشتغال) در میاندوآب تحت راهکارهای مختلف حفاظت از دریاچه ارومیه (منبع داده‌ها: ستاد احیاء دریاچه ارومیه)

	راهکار حفاظتی ۱: کاهش تخصیص آب کشاورزی			راهکار حفاظتی ۲: افزایش راندمان آبیاری کشاورزی		راهکار حفاظتی ۳: محدودیت یا جایگزینی برخی محصولات آب‌بر	
	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۶	٪۱۶	کاهش ٪۵۰ یونجه	کاهش ٪۵۰ چغندرقند
غلات	-۳۲/۵	-۴۲/۵	-۵۸/۵	-۲/۶	-۲/۶	۶/۳	۱/۷
محصولات علوفه‌ای	-۴۷	-۶۳/۰	-۸۳/۸	۷/۵	۷/۵	-۴۹/۳	۹/۳
ذرت دانه‌ای	-۲۴	-۳۳/۷	-۴۳/۴	۴/۲	۴/۲	۱۰/۸	۶/۹
چغندرقند	-۶/۴	-۱۴/۱	-۲۲/۹	۰/۳	۰/۳	۶/۸	-۵۰
سبزیجات	۱۱/۲	۳/۳	-۷/۵	-۱/۰	-۱/۰	۸/۰	۴/۹

صیفی جات	۱۳/۱	-۵/۴	-۵/۲	-۳/۶	-۳/۶	۷/۳	۱۰
سایر زراعی	-۲/۰	-۱۰/۷	-۱۹/۶	-۲/۴	-۲/۴	۵/۳	۱۶/۲
جمع زراعی	-۲۸/۶	-۳۹/۴	-۰/۵۵	۰/۱	۰/۱	-۵/۹	-۱/۵
سیب	۰/۶	-۱/۳	-۸/۹	-۰/۱	-۰/۱	۳/۷	۲/۸
میوه‌های هسته دار	۳/۲	۰/۷	-۶/۶	-۱/۳	-۱/۳	۲/۸	۳/۷
انگور	۵/۲	۲/۸	۰/۱	-۰/۷	-۰/۷	۲/۵	۲
گردو و بادام	۰/۳	-۱/۵	-۵/۴	۰/۲	۰/۲	۲/۹	۵/۱
سایر میوه‌ها	-۳/۱	-۳/۷	-۷/۷	۲/۱	۲/۱	۷/۱	۴/۵
جمع باغات	۲/۱	۰/۱	-۵/۵	-۰/۳	-۰/۳	۳/۴	۲/۸
جمع زیرکشت کشاورزی	-۱۷/۰	-۲۴/۵	-۳۶/۴	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۲/۳۶	۰/۰۹
حاشیه ناخالص کل	-۵/۱	-۹/۴	-۱۴/۴	۰/۱۴	۰/۱۴	-۲/۲	-۲/۰
اشتغال کل کشاورزی	-۴/۹	-۱۰/۳	-۱۵/۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۸	-۰/۱۶
مقدار کل مصرف آب	-۲۰	-۳۰	-۴۰	-۱۳/۳	-۲۸	-۵/۰	-۰/۶
بازده اقتصادی آب	۲/۳	۱۱/۶	۲۳/۰۴	۱۵/۶	۳۹/۹	۴/۱۹	-۱/۴

با افزایش کمیابی منابع آب و کاهش عرضه آن به میزان ۳۰ و ۴۰٪ مشاهده می‌شود که سطح اغلب محصولات کاش یافته است. در مجموع چنانچه مقدار عرضه آب بخش کشاورزی محدوده میاندوآب به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ کاهش یابد کل سطح اراضی کشاورزی این منطقه به ترتیب ۱۷، ۲۴/۵ و ۶/۴ درصد و کل بازده ناخالص فعالیت‌های زراعی و باغی منطقه به ترتیب ۵/۱، ۹/۴ و ۱۴/۴ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش می‌یابد.

رابطه بین کاهش سطح موجودی منابع آب و کاهش حاشیه ناخالص یک رابطه متناظر و یک به یک نیست، بدین معنی که کاهش حاشیه ناخالص در مقایسه با درصد کاهش منابع آب بسیار پایین‌تر است. این امر به دلیل این است که با افزایش کمیابی منابع آب در دسترس کشاورز، ارزش کمیابی منبع افزایش یافته و کشاورز را به تخصیص آب به مصارف با ارزش بالاتر اقتصادی و در مقابل کاهش تخصیص آب به مصارف با ارزش پایین‌تر اقتصاد وادار می‌کند. کاهش متناظر در اشتغال فعالیت‌های زراعی تحت این سناریوها نیز به ترتیب حدود ۵، ۱۰/۳ و ۱۵/۴ درصد برآورد شده است. بر این اساس، هزینه تعقیب سیاست کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی چنانچه این امر از طریق کاهش عرضه آب به این بخش انجام شود، حدود ۱۴/۴ درصد از کل ارزش خالص تولیدات کشاورزی منطقه و از دست رفتن حدود ۱۵٪ اشتغال مستقیم ناشی از فعالیت‌های زراعی و باغی خواهد بود.

بر این اساس، متوسط هزینه (فایده از دسترفته کشاورزان) حاصل از اجرای راهبرد کاهش عرضه منابع آب به بخش کشاورزی به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به ترتیب حدود ۲۷۸/۲، ۵۲۷/۱ و ۸۰۹/۵ میلیارد ریال برآورد می‌شود که مقدار آن به ازای هر هکتار کشت به ترتیب معادل ۲۲۴۲/۵، ۴۱۱۵/۶ و ۶۳۲۰/۵ هزارریال است. همچنین هزینه اقتصادی صرفه‌جویی هر مترمکعب آب در هر یک از این سناریوها به طور متوسط به ترتیب حدود ۱۳۷۴/۱، ۱۶۸۲/۴ و ۱۹۳۸ ریال بر مترمکعب خواهد بود. ملاحظه می‌شود، با افزایش مقدار هدف‌گذاری شده برای صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی، هزینه اقتصادی صرفه‌جویی هر مترمکعب آب (منافع فرصت از دسترفته) به تدریج به طور فزاینده افزایش می‌یابد.

در راهکار حفاظتی افزایش راندمان آبیاری که تحت دو سناریوی افزایشی ۶٪ (از ۳۹٪ به ۴۵٪) و ۱۶٪ (از ۳۹٪ به ۵۵٪) بررسی شده است. نتایج گویای آن است که در هر دوی این سناریوها سطح کشت و اشتغال کشاورزی نسبت به شرایط پایه تغییر چندانی نخواهد داشت، اما به ترتیب پتانسیل افزایش ۱۳/۳ و ۲۸ درصدی در کاهش مصرف آب در این سناریوها وجود دارد. همچنین با بهبود راندمان آبیاری نیز مشاهده می‌شود که بازده اقتصادی آب کشاورزی نیز افزایش قابل توجهی می‌یابد. با این حال باید توجه داشت برای تحقق کاهش واقعی مصرف آب از طریق سیاست افزایش راندمان آبیاری (برای مثال مشابه آنچه در ایران از طریق سیاست تغییر روش آبیاری از غرقابی به تحت فشار اجرا می‌شود)، نیازمند انجام اقدامات کنترلی و اخذ تعهدات لازم از کشاورزان و به طور کل از بخش کشاورزی، در جهت عدم افزایش سطح زیرکشت پس از افزایش راندمان آبیاری است. در صورت عدم وجود اقدامات کنترلی، انگیزه اقتصادی کشاورزان حکم می‌کند که برای کسب منافع بالاتر، آب پسانداز‌شده از طریق افزایش بهره‌وری را به کشت محصولات جدید از طریق افزایش و توسعه سطح زیرکشت تخصیص مجدد دهند.

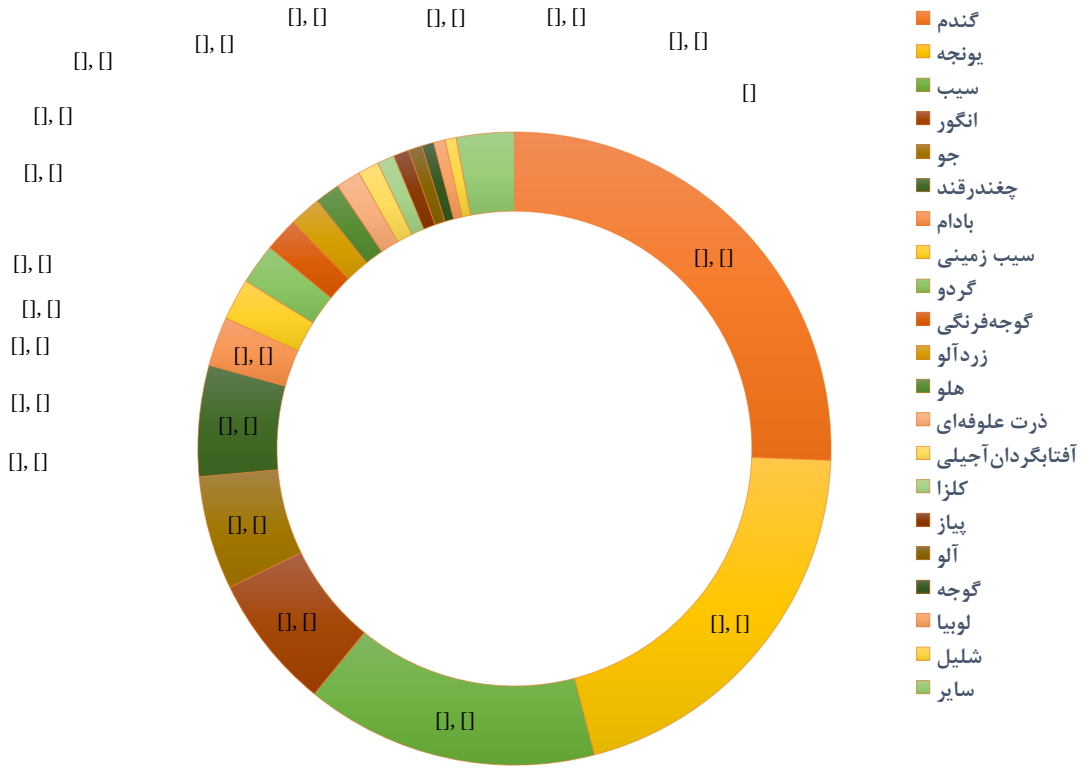
نتایج الگو برای سناریوهای کاهش و محدودسازی سطح زیرکشت دو محصول یونجه و چغندرقند به عنوان محصولاتی با نیاز آبی بالا در منطقه نشان می‌دهد که اجرای این سیاست حدود ۲٪ از سود ناخالص بخش کشاورزی را کاهش خواهد داد، اما اثر معنی‌داری بر میزان اشتغالزایی فعالیت‌های کشاورزی منطقه نخواهد داشت. با محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به میزان ۵۰٪ سطح زیرکشت آن در شرایط فعلی، به طور متوسط حدود ۵٪ صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی وجود دارد. این پتانسیل برای سیاست محدودسازی کشت چغندر قند به سطح ۵۰٪ مقدار موجود تنها ۰/۶ درصد برآورد شده است. چنانچه مقدار کاهش سود ناخالص به عنوان هزینه اجرای این سیاست از دیدگاه اقتصادی در نظر گرفته شود، هزینه

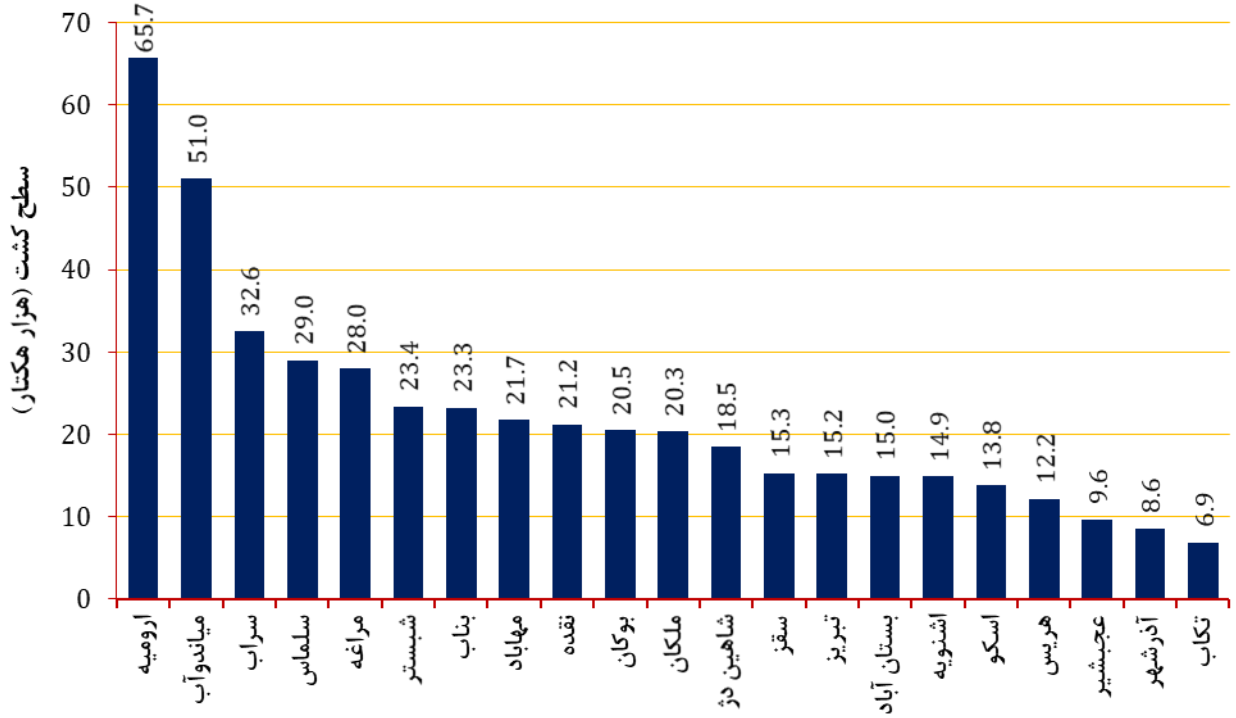
متوسط سیاست محدودسازی سطح زیرکشت یونجه به ازای هر هکتار کشت حدود ۸۹۲/۵ هزار ریال و به ازای هر مترمکعب آب صرفه جوییشده حدود ۱۸۳۱/۷ ریال و مقادیر متناظر این ارقام برای سناریوی محدودسازی کشت چغندر قند به ترتیب حدود ۸۸۰/۷ و ۱۷۳۵۳/۸ریال برآورد می‌شود. با توجه به ارقام هزینه‌های اقتصادی (فرصت کشت از دسترفته) و مقادیر آب صرفه‌جوییشده در دو سناریوی کاهش سطح زیرکشت یونجه و چغندر قند به نصف مقدار آنها در شرایط پایه، ملاحظه می‌شود که محدودسازی کشت یونجه در منطقه راهکار موثر و کم‌هزینه‌تری نسبت به محدودسازی سطح کشت چغندرقند در الگوی کشت در راستای صرفه جویی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی است.

پ) مطالعات پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و الگوی کشت

۸-۵ بهینه‌سازی الگوی کشت موجود و پهنه‌بندی بر اساس سناریوی مطلوب

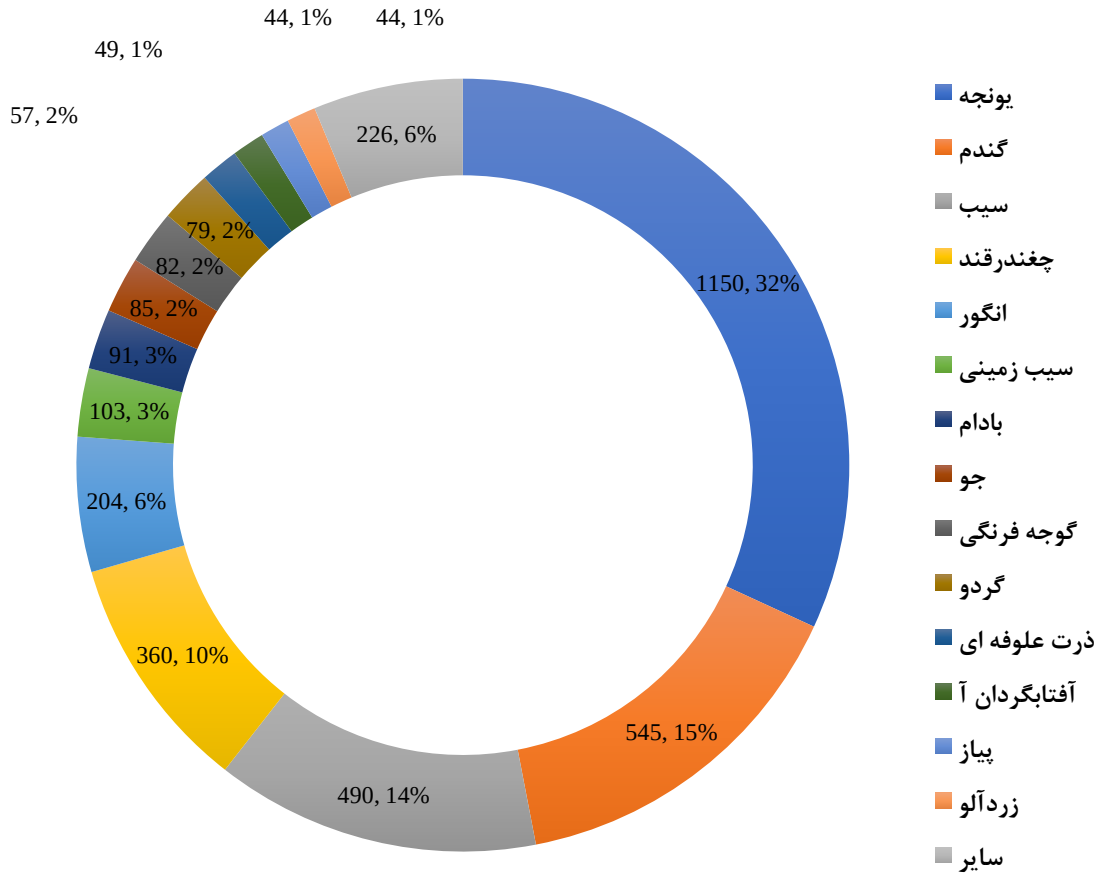
بررسی الگوی کشت موجود حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر (متوسط سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۷) نشان می‌دهد که متوسط سطح محصولات زراعی و باغی آبی عمده حدود ۴۶۲ هزار هکتار است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸). طی دورهٔ ۳ سالهٔ یادشده محصولات گندم، یونجه، سیب، انگور و جو به ترتیب با سطح حدود ۱۱۹ هزار هکتار (۲۵/۶ ٪)، ۹۵ هزار هکتار (۲۰/۳ ٪)، ۷۰ هزار هکتار (۱۴/۹ ٪)، ۳۲ هزار هکتار (۶/۹ ٪) و ۲۷ هزار هکتار (۵/۸ ٪) هکتار بیشترین سطح را در ترکیب کشت به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۱).


[], []
[], []
[], []



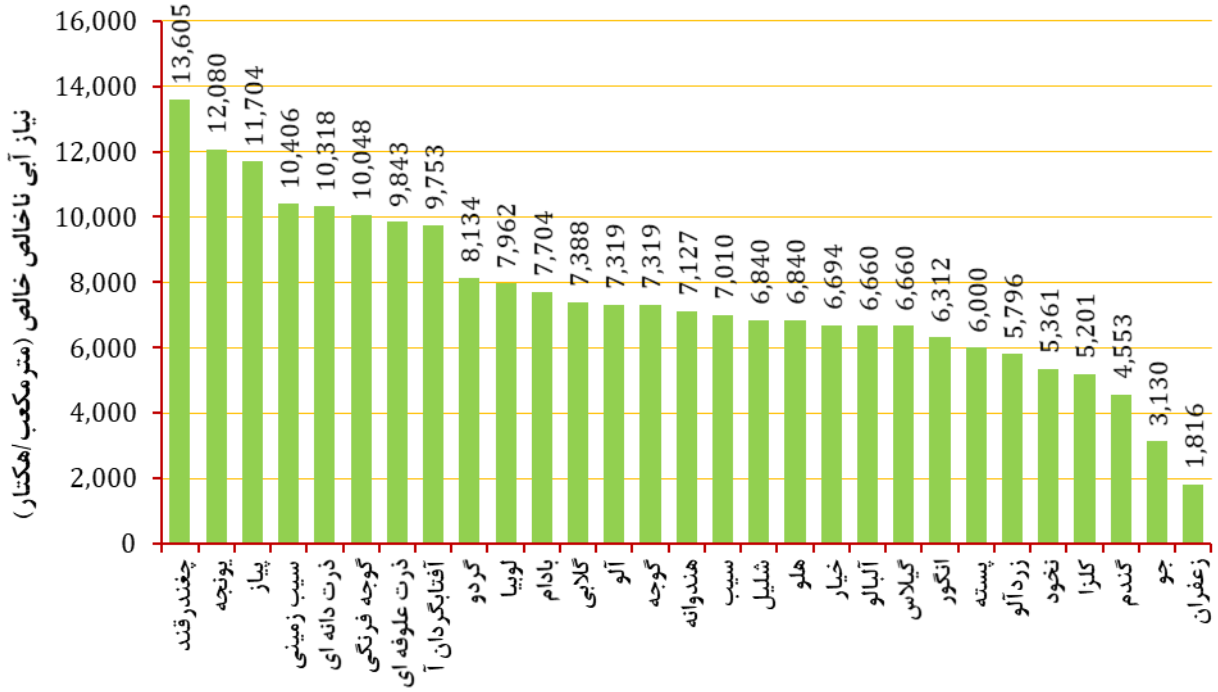
شکل ۱۲. سطح کشت آبی محصولات زراعی و باغی عمده در شهرستانهای واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میانگین سه سال ۱۳۹۵-۱۳۹۷؛ وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

با در نظر گرفتن ترکیب کشت موجود و حجم آب مصرفی برای تولید هر هکتار از محصولات، سالانه حدود ۳,۵۹۶ میلیون متر مکعب آب برای تولید محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بین محصولات الگوی موجود، یونجه با ۳۲٪ و گندم، سیب و چغندرقند هر کدام به ترتیب با ۱۵، ۱۴ و ۱۰ درصد بیشترین آب مصرفی حوضه را به خود اختصاص می‌دهند. در واقع بیش از ۷۰٪ کل آب مصرفی برای تولید محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه به تولید این ۴ محصول اختصاص دارد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میانگین سه ساله ۱۳۹۵-۱۳۹۷؛ وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸)

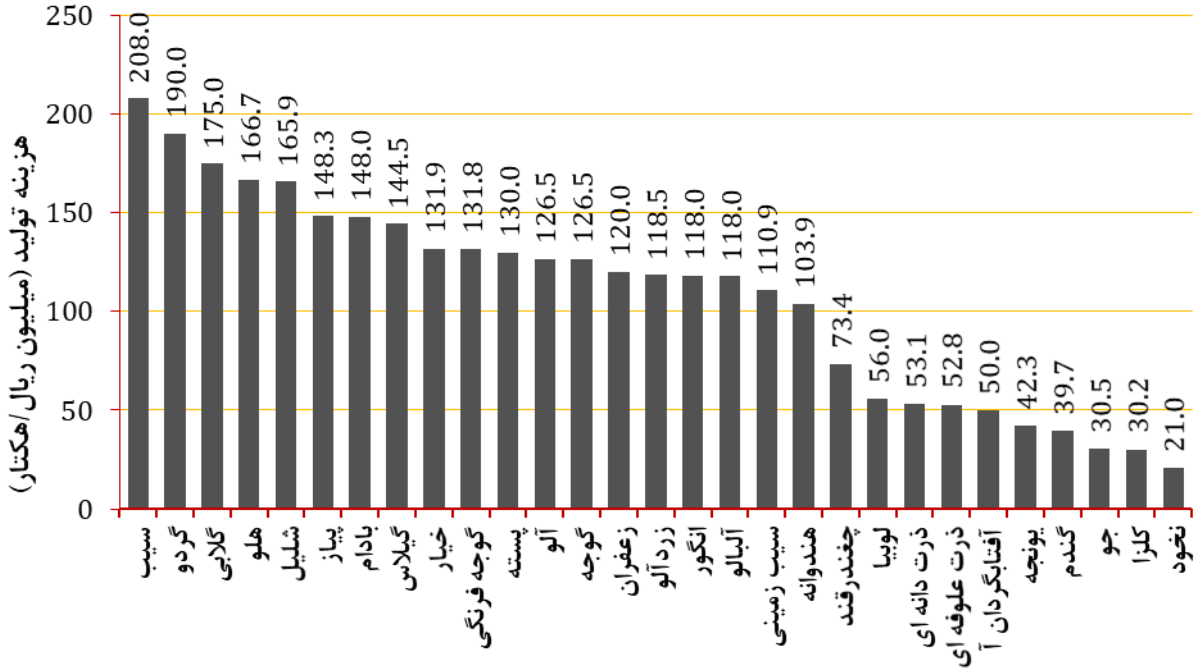
مقایسه حجم آب مصرفی محصولات عمده تولیدی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (بر اساس سند ملی آب و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۴۵٪ برای محصولات زراعی و ۷۰٪ برای محصولات باغی و فرض ۲۰٪ کم‌آبیاری) نشان می‌دهد که محصولات زراعی چغندرقند، یونجه، پیاز، سیب‌زمینی و ذرت دانه‌ای و محصولات باغی گردو، سیب، بادام و آلو بیش از سایر محصولات آب مصرف می‌کنند (شکل ۱۴).



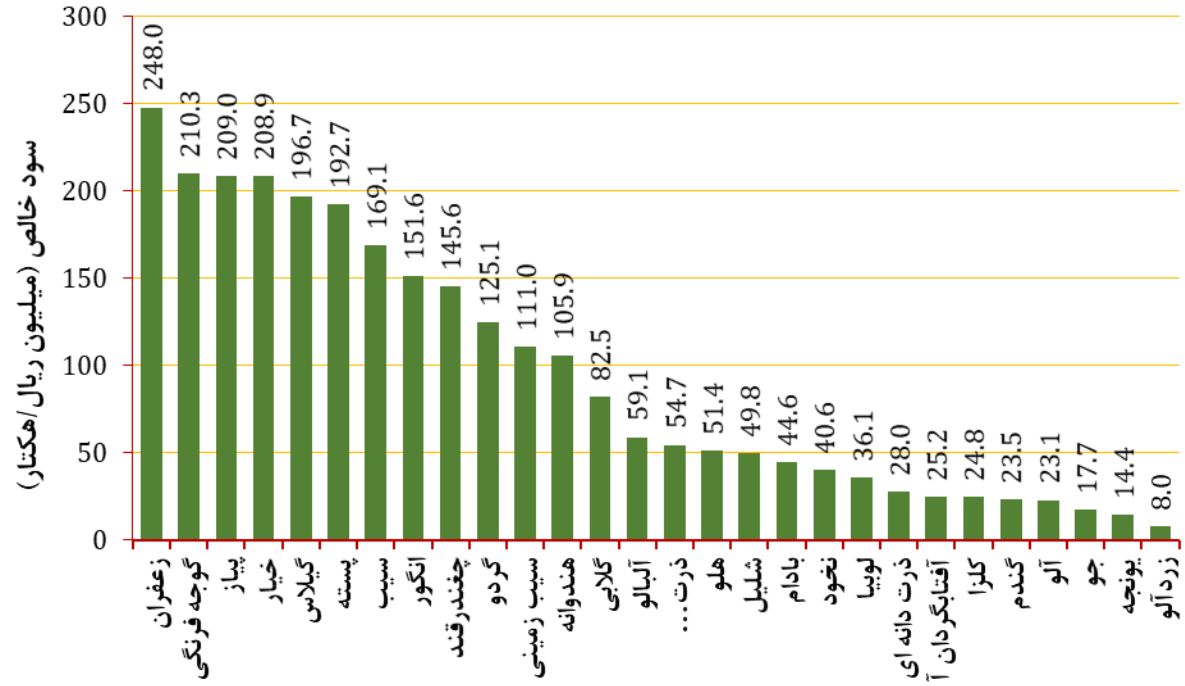
شکل ۱۴. حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه در واحد سطح

شاخص‌های هزینه تولید محصولات و درآمد خالص محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است. با وجود این که در سال‌های اخیر هزینه تولید محصولات و قیمت فروش آن‌ها در فصول مختلف سال و سال‌های مختلف با نوسانات زیادی همراه بوده است، اما با در نظر گرفتن متوسط هزینه تولید و قیمت فروش محصول در سال‌های اخیر می‌توان یک مقایسه کلی اقتصادی از محصولات منطقه داشت.

هزینه تولید یکی از عوامل بسیار مهم در تولید محصولات کشاورزی است که از نظر اقتصادی حضور محصول در الگوی کشت یک منطقه را توجیه می‌کند. همانطور که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، در بین محصولات باغی، محصولات سیب، گردو، گلابی، هلو و شلیل و در بین محصولات زراعی، محصولات سبزی و صیفی شامل پیاز، خیار و گوجه‌فرنگی بیشترین هزینه تولید را دارند. از نظر سود خالص در واحد سطح، زعفران، پیاز، گوجه‌فرنگی، خیار، گیلاس و پسته بیشترین درآمد خالص را عاید کشاورزان می‌کنند و کمترین درآمد خالص از تولید زردآلو، یونجه، جو، آلو و گندم به دست می‌آید (شکل ۱۶).

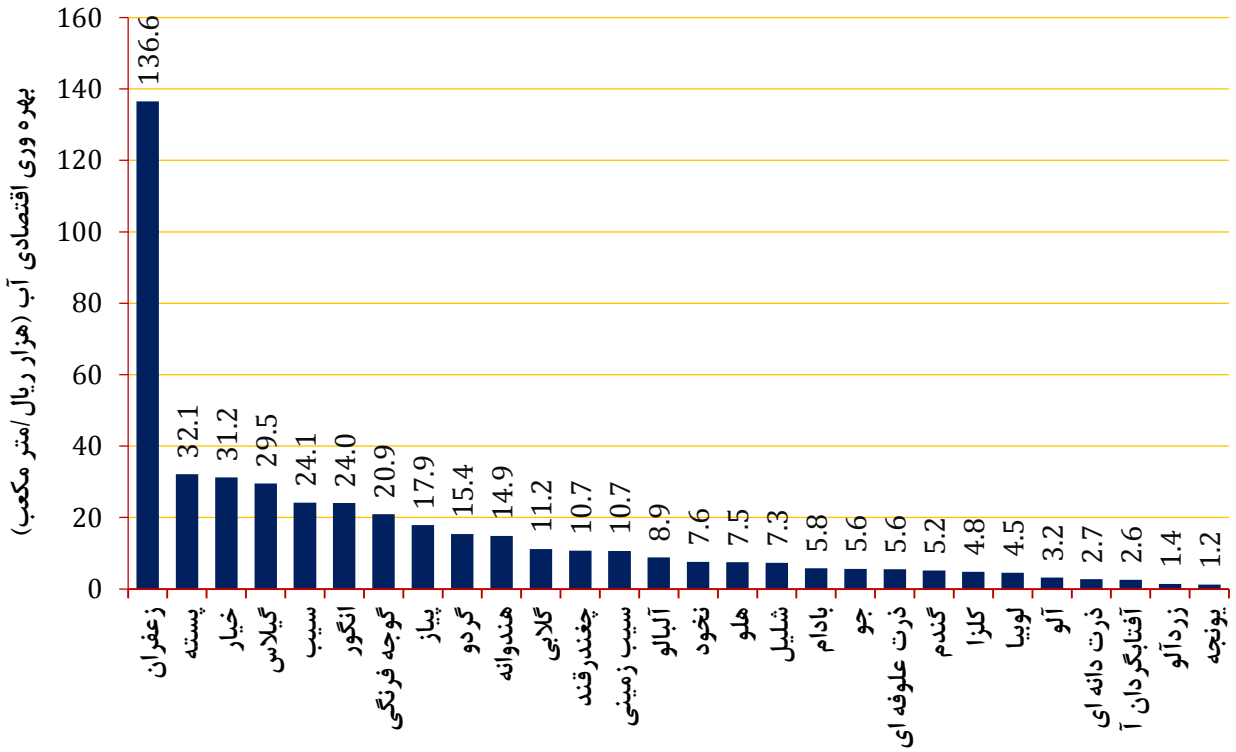


شکل ۱۵. هزینه تولید محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میلیون ریال/هکتار)



شکل ۱۶. سود خالص محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (میلیون ریال/هکتار)

مقایسه محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از نظر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نشان می‌دهد که زعفران عمدتاً به دلیل مصرف آب کمتر، به طور قابل توجهی نسبت به محصولات دیگر درآمد خالص بیشتری را به ازای آب مصرفی تولید می‌کند. محصولات پسته، خیار، گیلاس، سیب، انگور و گوجه‌فرنگی محصولاتی هستند که پس از زعفران بیشترین درآمد خالص را به ازای آب آبیاری تولید می‌کنند. یونجه، زردآلو، آفتابگردان و ذرت دانه‌ای نیز محصولاتی هستند که در مقایسه با سایر محصولات کمترین بهره‌وری اقتصادی را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. بهره وری اقتصادی آب در محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه (هزار ریال/متر مکعب)

در صورتی که الگوی کشت منطقه با هدف بیشینه‌سازی درآمد خالص کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی مصرف آب، به گونه‌ای بهینه‌سازی شود که مجموع سطح کشت محصولات بدون تغییر باقی بماند و مجموع کلاس‌های تناسب اراضی S_1 و S_2 به عنوان حداکثر سطح قابل توسعه در نظر گرفته

شود، در این صورت سطح کشت محصولات با درآمد خالص بالا و نیاز آبی کم، شامل جو، خیار، سورگوم، کلزا، هندوانه، هویج، گیلاس، پسته، زعفران و نخود افزایش یافته، سطح محصولات انگور، زردآلو، سیب، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و گندم کاهش یافته و سایر محصولات از الگو حذف می‌شوند.

در صورتی که علاوه بر محدودیت تناسب اراضی، حداقل سطح مورد نیاز برای تأمین نیاز دام منطقه به محصولات یونجه (۷۱۱۵۲ هکتار)، سورگوم (۳۶۳۰ هکتار) و جو؛ تامین حداقل ۵۰٪ چغندرقند مورد نیاز کارخانجات قند شهرستان‌های ارومیه، پیرانشهر، نقده و میاندوآب؛ حداقل مصرف محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه بر اساس سرانه مصرف این محصولات، حداکثر سطح قابل افزایش برای محصولات باغی با محصول فسادپذیر ۲۰٪ و برای سایر محصولات زراعی ۵۰٪ در نظر گرفته شود، نتایج بهینه‌سازی مطابق جدول ۱ خواهد شد. در این الگو، به منظور رعایت تناوب زراعی، حداکثر سطح زیر کشت زعفران (که به دلیل مصرف آب کمتر و درآمد بالاتر به عنوان اولین محصول در ترکیب کشت قرار می‌گیرد) ۵۰٪ مجموع سطح S_1 و S_2 آن در نظر گرفته شده است. در بین محصولات، زعفران و پسته به دلیل بهره وری اقتصادی بالای آب بیشترین سطح قابل افزایش را به خود اختصاص داده و سطح زیر کشت یونجه با توجه نیاز بسیار زیاد آب آبیاری کاهش پیدا می‌کند. در این سناریو، کل مصرف آب منطقه حدود ۱۴٪ (۵۰۸ میلیون متر مکعب) کاهش پیدا کرده و میزان درآمد کل منطقه حدود ۲۳٪ (۷،۵۹۲ میلیارد ریال) افزایش پیدا می‌کند (شکل ۱۸).

جدول ۱۳. سطح زیر کشت محصولات در الگوی کشت فعلی و بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه‌ای

محصول/ سطح زیر کشت (هکتار)	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت با در نظر گرفتن تناسب اراضی	الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن تناسب اراضی و نیاز منطقه ای
گندم	۱۱۹۷۵۳	۱۱۰۷۵۸	۱۰۳۶۷۳
آفتابگردان	۵۰۳۳	–	۲۵۱۷
پنبه	۲۰۰	–	۱۰۰
پیاز	۳۷۵۸	–	۱۸۷۹
جو	۲۷۱۴۹	۵۵۳۹۳	۳۰۸۵۲
چغندرقند	۲۶۴۹۱	–	۱۷۱۸۸
خیار	۱۸۸۸	۳۳۳۵۸	۴۰۴۰
ذرت دانه ای	۲۰۷۲	–	۱۰۳۶
ذرت علوفه ای	۵۸۲۰	۳۲۱	–
سورگوم	۱۱	۸۴۴۶۶	۶۶۶۷
سیب زمینی	۹۹۲۲	–	۹۴۳۲
کلزا	۴۱۰۸	۷۴۲۰	۲۰۵۴
گوجه فرنگی	۸۱۳۶	۲۵۷۹	۴۰۶۸
لوبیا	۲۷۳۴	–	۱۳۶۷
هندوانه	۷۲۳	۲۹۱۶	۳۶۱
هویج	۴۶۲	۶۰۰	۲۳۱
یونجه	۹۵۲۰۴	–	۷۱۱۵۲
سیب	۶۹۹۳۳	۶۷۸۸۴	۵۵۹۴۶
گلابی	۱۴۸۹	–	۱۱۹۱
آلبالو	۱۷۰۳	–	۱۳۶۲
گیلاس	۱۴۸۶	۲۲۸۴۰	۲۲۲۹
آلو	۳۲۷۷	–	۲۶۲۲
هلو	۵۹۵۴	–	–
زردآلو	۷۵۵۸	۱۹۱۳	۶۰۴۶
شلیل	۲۶۷۷	–	۲۱۴۲
انگور	۳۲۲۴۹	۴۴۰۸	۳۸۶۹۸
پسته	۵۸۶	۱۷۴۶	۴۱۴۱۳
بادام	۱۱۷۹۰	–	۹۴۳۲
گردو	۹۶۷۱	–	۷۷۳۷
زعفران	۳۰	۳۳۶۳۸	۱۶۸۱۹
نخود	۷۶۴	۱۲۳۹۲	۳۸۲

شکل ۱۸. درصد تغییرات مصرف آب و درآمد کل نسبت به وضعیت موجود در دو سناریوی الگوی کشت.

پ) نتایج مطالعات کشاورزی چندکارکردی و گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک

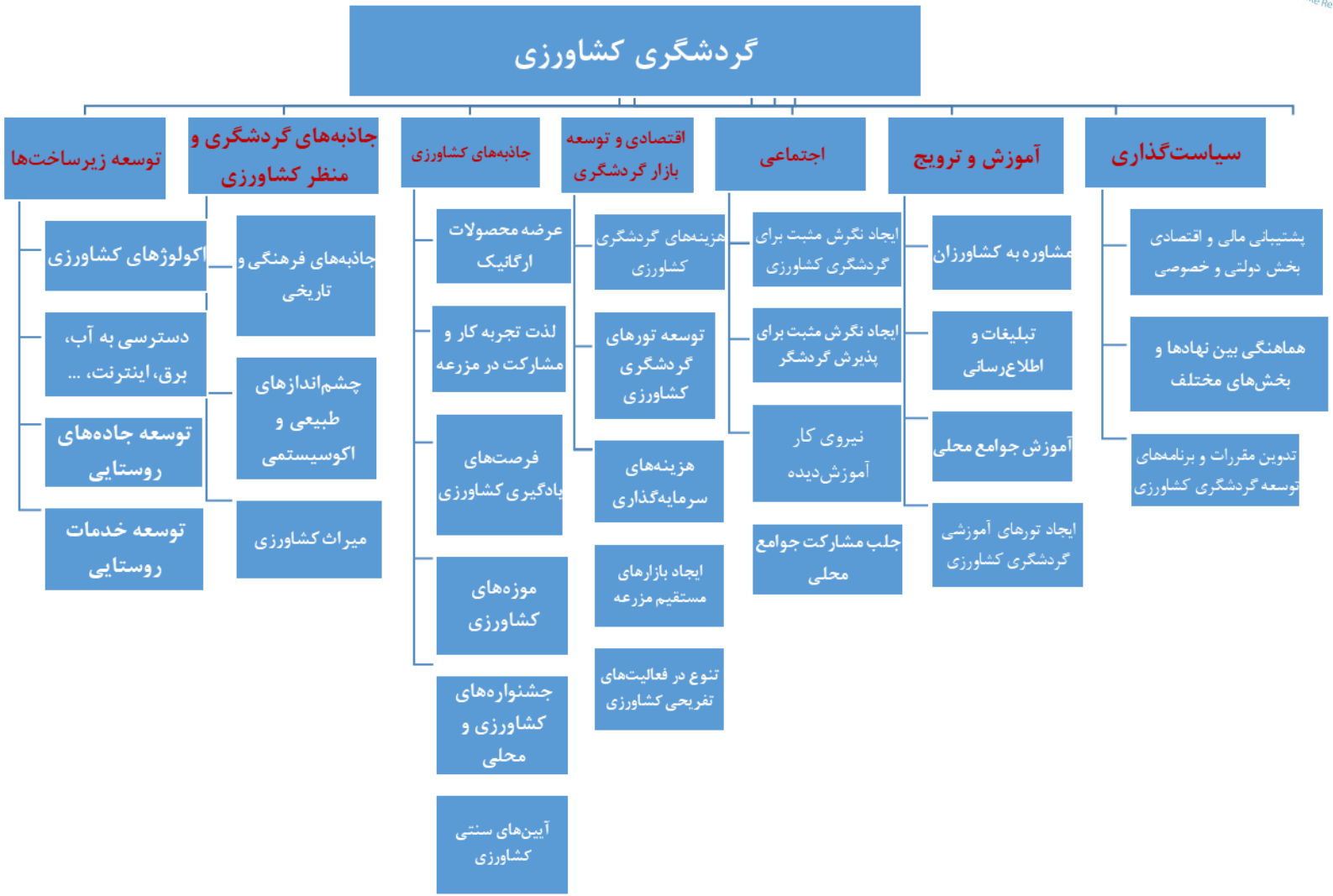
۸-۶ توسعه کشاورزی چندکارکردی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

کشاورزی در طول تاریخ ده‌هزار سالهٔ خود نقشی اصلی و کلیدی در توسعه مناطق روستایی داشته است. امروزه تقاضا از کشاورزی تغییر کرده است؛ این تغییر موجب شده تا کشاورزی کارکردی چندگانه پیدا کند که اساس آن پایداری است. امروزه واحد تولیدی کشاورزی، علاوه بر تولید غذا باید خدمات دیگری نیز، مانند گردشگری، حفاظت از محیط زیست و طبیعت و آموزش برای دستیابی به زندگی با کیفیت بالاتر ارائه کند. مفهوم چندکارکردی بودن کشاورزی، دربرگیرندهٔ تمام کالاها، محصولات و خدمات حاصل از فعالیت‌های کشاورزی است.

کشور باید بداند ظرفیت‌های فراوان، گوناگون، گسترده و جذاب گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه فرصتی مغتنم و کم‌نظیر برای ما است. آنچه باقی می‌ماند هنر همهٔ ما به عنوان مدیر و مسئول و کارشناس و دانشگاهی است که این فرصت را به نقطهٔ قوت و ثروت تبدیل کنیم؛ این نکتهٔ کلیدی یادآوری می‌شود «تنها برخورداری یک منطقه از ذخایر و جاذبه‌ها برای توسعهٔ گردشگری کافی نیست، بلکه باید آنها را تا سطح "محصول گردشگری" ارتقاء داد. در نتیجهٔ اعمال مدیریت، سرمایه‌گذاری و به‌کارگیری فناوری است که ذخایر و جاذبه‌ها تبدیل به محصول گردشگری می‌شود». مراسم و آیین‌ها و رخدادهای فراوانی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه وجود دارد که قابلیت و ظرفیت بهره‌برداری برای برنامه‌ریزی گردشگری کشاورزی زمان‌محور را دارد و می‌توان از آنها در طراحی تورها و گشت‌های گردشگری کشاورزی زمان‌محور بهره گرفت که برای هر دو گروه گردشگران داخلی و خارجی سرشار از جذابیت، بداعت، ذوق‌انگیزی و کسب تجربهٔ نو باشد. از جمله این موارد می‌توان به جشنواره برداشت انگور در منطقهٔ ارومیه (که در میان مسلمانان به «شانادر» و در میان مسیحیان به «اوشانا» معروف است) و جشن بیلندانه (گذاشتن بیل و رفتن به استقبال بهار) در مهاباد اشاره کرد؛ بسیاری از این جشن‌ها، آیین‌ها و مراسم که می‌توان از آنها با عنوان «مناسک رو به افول میراث کشاورزی کشور» یاد کرد در حال کم‌رنگ شدن و فراموشی است که می‌توان با احیای جشن‌های کشاورزی، ظرفیت گردشگری کشاورزی زمان‌محور را بالا برد.

مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران توسط مرکز ملی مطالعات راهبردی آب و کشاورزی (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷) تدوین شد (شکل ۱۹). این مدل مفهومی بر پایهٔ ۷ شاخص، شامل ۱) سیاستگذاری، ۲)

آموزش و ترویج، ۳) اجتماعی، ۴) اقتصادی و توسعهٔ بازار گردشگری، ۵) جاذبههای کشاورزی، ۶) جاذبههای گردشگری و منظر کشاورزی، و ۷) توسعهٔ زیرساختها تدوین شده است.



شکل ۱۹. مدل مفهومی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در ایران (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷)

بر اساس نقشه راه و مدل مفهومی گردشگری کشاورزی ایران، چند روستای منتخب بر پایهٔ جاذبه‌های گردشگری و شاخص‌های هفت‌گانه مدل مفهومی و معیارهای نقشهٔ راه انتخاب شد که عبارتند از

- ✓ روستای گل؛ تالاب سیرانگلی در شهرستان نقده در آذربایجان غربی: به عنوان سایت اصلی برنامه مشارکت جوامع محلی در «توسعه کشاورزی پایدار برای حفاظت از کارکرد اکوسیستمی تالاب در محدوده دریاچه ارومیه و تالابهای اقماری»، قرار گرفتن در محدوده تالاب سیرانگلی با موقعیت خاص جغرافیایی مجاورت جادهٔ ارومیه- میاندوآب، به عنوان زیستگاه مناسبی جهت زمستانگذرانی، تغذیه، زادآوری و محل استراحت بسیاری از پرندگان آبزی و کنار آبزی نظیر فلامینگو، قو، انواع مرغابی و ... است؛ این روستا از نظر همبستگی اجتماعی وضعیت نسبتاً مناسب دارد و عموماً از کشاورزان پیشرو، با سطح آگاهی بالا برخوردار است
- ✓ روستای یوسفآباد؛ منطقهٔ قوریگل، آذربایجان شرقی در حاشیه منطقه زیبای قوریگل در حدود۳۰ کیلومتری شهر تبریز در مسیر جادهٔ ترانزیت تبریز- تهران: این روستا از جمله روستاهای پیشرو منطقه در زمینه توسعه کشاورزی ارگانیک است که مزیت ارزشمندی برای گردشگری کشاورزی به شمار می‌رود. ساختار اجتماعی این روستا به دلیل نزدیکی به مسیر ترانزیت تبریز با مقولهٔ گردشگری آشنا و دارای پذیرش بالایی برای گردشگران کشاورزی است؛ در مقایسه با روستاهای دیگر، یوسف‌آباد به دلیل برخورداری از خانه‌های بوم‌گردی از زیرساخت‌های مناسبی بهره‌مند است و نیاز به سرمایه‌گذاری کمتری در این زمینه وجود دارد.
- ✓ روستاهای مستقر در منطقه باستانی تکاب: حوزهٔ تکاب یکی از مناطق مستعد و دارای ظرفیت فراوان برای گردشگری طبیعی، گردشگری تاریخی و گردشگری کشاورزی است. تختسلیمان (یا آتشکده آذرگُشنَسب) نام محوطهٔ تاریخی بزرگی در نزدیکی تَکاب و روستای تختسلیمان (در گذشته نصرت‌آباد) در استان آذربایجان غربی و ۴۵ کیلومتری شمال‌شرقی تکاب واقع است. به طور میانگین سالانه ۷۰-۶۰ هزار نفر گردشگر داخلی و ۵ هزار نفر گردشگر خارجی با هدف بازدید از تختسلیمان به تکاب وارد می‌شوند. گردشگران خارجی اغلب از آلمان، هند و ژاپن و معتقدان آیین زرتشت از سراسر جهان هستند.

طراحی و تبیین نقشهٔ راه گردشگری کشاورزی بر پایهٔ نقشهٔ راه اصلی برنامهٔ احیاء حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه صورت گرفته است. در این نقشهٔ راه، گردشگری کشاورزی به عنوان یک ابزار مهم برای کمک به تحقق کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی تبیین شده است.

با توجه به این امر، نقشهٔ راه برنامهٔ گردشگری کشاورزی در راستای اهداف برنامهٔ احیاء دریاچهٔ ارومیه بر پایهٔ ۹ اصل کلیدی ذیل تبیین و ارائه می‌شود:

اصل ۱ از منظر مبانی توسعه پایدار و اصول اکولوژی، راهکار پایدار احیا و تثبیت شرایط اکولوژیک دریاچه ارومیه و جلوگیری از خشکی آن، تامین آب کافی از منابع داخلی حوضه است؛ پایدارترین راهحل تأمین آبِ درون حوضهای، تعادلبخشی بین منابع و مصارف آب بر پایهٔ شاخصهای توسعه پایدار است.

اصل ۲ در حال حاضر حدود ۷۰٪ از کل آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه مصرف میشود؛ با توجه به مصرف ۸۷درصدی منابع آب حوضه آبریز ارومیه در بخش کشاورزی و بهره‌وری پایین آب در این بخش، اصلیترین راهکار تعادلبخشی منابع درون حوضهای برای احیاء دریاچه ارومیه، کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی است. با ۴۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی، حدود ۱۷۰۰ میلیون متر مکعب مصرف آب این بخش کاهش می‌یابد.

اصل ۳ از منظر عملیاتی، پیادهسازی راهکارهای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی، به دلیل ساختار نوع سومی کشاورزی حوضه ارومیه (یعنی نظام بهرهبرداری معیشتی، خردهمالکی، در معرض ریسک اقتصادی و عدم ثبات معیشت و رفاه خانوار، متنوع، پیچیده و مبتنی برتولیدات روستایی)، به شدت به پذیرش اجتماعی، مشارکت و ایفای نقش جوامع محلی وابسته است.

اصل ۴ از منظر اجتماعی– اقتصادی، مهمترین مؤلفه برای مشارکت پایدار کشاورزان در کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و تخصیص آن به دریاچه ارومیه، تضمین و بهبود درآمد خانوار و تثبیت معیشت کشاورزان در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب در بخش کشاورزی است. یعنی اقدامات مرتبط به کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در صورتی با پذیرش و مشارکت آگاهانهٔ کشاورزان همراه است که در آن معیشت و درآمد خانوار کشاورزان و ارزشهای اجتماعی حاصل از مالکیت و اشتغال در کشاورزی تثبیت شده باشد.

اصل ۵ تحقق مشارکت مردمی در برنامه احیاء دریاچه ارومیه در بخش کشاورزی، منوط به تثبیت معیشت در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب کشاورزی است. بنابراین، راه حل ممکن برای تثبیت معیشت، ازطریق

توانمندسازی ذینفعان در ارتقای بهرهوری اقتصادی در بخش کشاورزی (ارتقای سودمندی اقتصادی در واحد سطح همسو با مؤلفههای زیستمحیطی و اجتماعی) است.

اصل ۶ هنگامی که ظرفیت‌ها، ساختار متنوع، خردهمالکی و معیشتی بخش کشاورزی به صورت یکپارچه و منطقهای مورد تحلیل اقتصادی قرار میگیرد، ارزش اقتصادی تقریباً غیر قابل جایگزینی به دست میآید که این ارزش با هیچ یک از راهکارهای معیشت جایگزینِ خارج از حیطهٔ کشاورزی قابل جبران نخواهد بود؛ بنابراین فعالسازی ظرفیتهای بومی برای ارتقای درآمد، پایدارترین راه برای ارتقای معیشت در شرایط کاهش ۴۰درصدی مصرف آب بخش کشاورزی است.

اصل ۷ برای تثبیت درآمد کشاورزان در شرایط کاهش ۴۰درصدی مصرف آب، استقرار زنجیرههای ارزش فعالیتهای کشاورزی پایدار با تاکید بر ظرفیت‌های محلی ضروری است.

اصل ۸ در مبانی توسعهٔ پایدار کشاورزی و توسعهٔ پایدار روستایی، گردشگری کشاورزی به عنوان یکی از مؤلفههای مهم برای کمک به تثبیت اشتغال، افزایش درآمد، ارتقای سیستم عرضهٔ محصولات روستایی در بازار و افزایش اشتغال جدید در جهت کاهش فشار بر منابع تولید از جمله مصرف آب مطرح است. گردشگری روستایی و به تبع آن گردشگری کشاورزی دارای ابعاد وسیع و قابلتوجه در این صنعت و مؤلفه مهمی در جهت فقرزدایی از روستاها و جلـوگیری از مهاجرت به شهرها و مشکلات متعدد اقتصادی اجتماعی و نیز صیانت از فرهنگ بومی منطقه است.

اصل ۹ برای تحقق این هدف، طراحی نقشهٔ راه علمی و عملی در چارچوب اصول توسعه پایدار کشاوری و روستایی متناسب با ساختار و ظرفیت‌های محلی و اگرواکوسیستمی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، ضروری است تا بتواند به شکلی نظام‌مند موجب توسعهٔ ساده،کمهزینه، پایدار و مردمی این صنعت شود.

بر اساس این اصول نُهگانه، در این بخش فرایند پیادهسازی توسعه گردشگری کشاورزی در چارچوب اصول کشاورزی پایدار و توسعه پایدار روستایی با تاکید بر فعالسازی زنجیرههای ارزش اقتصادی محلی و با تاکید بر سازمان کار محلی برای کمک به معیشت خانوار کشاورزی در شرایط کاهش ۴۰ درصدی آب به صورت یک برنامه عملیاتی ارائه شده و سایتهای پایلوت آن در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نیز با هدف الگوسازی و ظرفیتسازی این برنامه پیشنهاد شد.

برنامه‌های گردشگری پایدار کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با توجه نتایج حاصل از ظرفیتسازیهای نهادی و میدانی صورتگرفته در سطح ذینفعان مختلف دولتی، غیر دولتی و بهرهبرداران محلی که در قالب برنامههای گوناگون در حوضه آبریز دریاچه اورمیه در موضوع ترویج و توسعهٔ کشاورزی پایدار و گردشگری کشاورزی صورت گرفته، طراحی شده است. از جمله این ظرفیتسازیها و نهادسازی میتوان به اقدامات صورتگرفته در برنامه جامع ترویج، آموزش ومشارکت کشاورزان مبتنی بر راهبرد IPCM در حوضه سیمینهرود و زرینهرود اشاره داشت که با پشتیبانی ستاد احیای دریاچه ارومیه، معاونت ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی و استانداری استانهای کردستان، آذربایجان غربی و شرقی در حوضه دریاچه ارومیه صورت گرفته و ظرفیت و نهادسازی مناسبی برای کمک به توسعه گردشگری کشاورزی در حوضه ایجاد شده است.

یک برنامهٔ عملیاتی (Action Plan) در ۶ گام برای تحقق گردشگری کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه توسط مرکز ملی مطالعات آب و کشاورزی (مهدوی دامغانی، ۱۳۹۷) در قالب زیر تدوین و صورت‌بندی شد:

۷) تدوین قوانین و ارائه ضوابط سیاستگذاری و حمایتی بالادستی
۸) زونبندی مناطق هدف برای تعیین سایتهای گردشگری کشاورزی بر پایهٔ زنجیرهٔ ارزش صنعت گردشگری کشاورزی
۹) سازماندهی افراد، گروهها، ذینفعان و نیروی انسانی در هر سایت، تعیین و شناسایی حلقههای زنجیرهٔ گردشگری در هر سایت و استقرار هستههای شتابدهندهٔ محلی
۱۰) توانمندسازی و ارتقای ذینفعان محلی از منظر فنی، اقتصادی، اجتماعی و دانش زیستمحیطی برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی
۱۱) تدوین طرح عملیاتی گردشگری کشاورزی بر اساس طرحهای مشارکتی در هستههای شتابدهندهٔ محلی، تصویب و پشتیبانی از اجرا در قالب شبکههای غیر دولتی
۱۲) نظارت و ساماندهی توسعه درسطح پایدار محلی.

هزینهٔ اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس جدول ۱۴ براورد شده است.

جدول ۱۴. جدول‌هزینه‌های اجرای هر سایت پایلوت گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه

شرح	هزینه (ریال)	درصد
۱) شناخت وضعیت، بهرسانی زنجیره، استقرار سامانه و پهنهبندی	۴۲۰/۰۰۰/۰۰۰	۴
۲) استقرار سیستم مدیریت یکپارچه و آگاهیبخشی و استقرار استارتاپها	۱/۸۰۱/۱۰۰/۰۰۰	۲۰
۳) تطبیق اطلاعات و ارتقای برنامه اقدام گردشگری	۶۶۳/۰۰۰/۰۰۰	۷
۴) برنامههای آموزشی در سطوح ۴ گانه	۳۱۸/۰۰۰/۰۰۰	۴
۵) فعالسازی سایتهای گردشگری کشاورزی	۵/۵۱۳/۰۰۰/۰۰۰	۵۷
۶) ارزیابی، سازماندهی محلی برای تثبیت و توسعه	۶۱۴/۰۰۰/۰۰۰	۶
۷) مشاوران و متخصصان	۲۱۵/۰۰۰/۰۰۰	۲
جمع کل هزینه	**۹/۵۴۴/۱۰۰/۰۰۰**	**۱۰۰**

منبع: مهدوی دامغانی (۱۳۹۷)

۸-۷ امکان‌سنجی بهره‌برداری از گیاهان دارویی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

گیاهان دارویی بهطور متوسط نسبت به سایر محصولات زراعی کمآببر هستند و میتوان با شناسایی گروههای کمآببر و متناسب با اقلیم آنها، از این گروه بهعنوان جایگزینی برای اشتغال و معیشت پرآببر در حوزه کشاورزی استفاده کرد. با توجه به شرایط ویژهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه و معیشت کشاورزان و جوامع روستایی و تلاش برای رفع موانع و شکستهای زنجیره، میتوان با تکیه بر مردم و کمک به بخش خصوصی و استفاده از توان و ظرفیت آنها، بهبود فرآیند تولید و سایر بخشهای زنجیره ارزش گیاهان دارویی به سمت تغییر کشت بخشی از اراضی تحت کشت محصولات پرآببر در این حوضه آبریز و حرکت به سمت گونهها و ارقام کمآببر گیاهان دارویی پیش رفت، بهویژه اینکه بازار روبه رشد گیاهان دارویی در داخل و خارج از کشور نشانهٔ مثبت و چشمانداز امیدوارکنندهای برای امکان و اقتصادی بودن توسعهٔ زنجیرهٔ تولید و زنجیرهٔ

بر اساس دادههای طرح ملی گیاهان دارویی، صادرات گیاهان دارویی ایران در سال ۱۳۹۶ از مرز ۴۵۰ میلیون دلار تجاوز کرده است که ۳۲۵ میلیون دلار آن متعلق به زعفران بوده است. پس از زعفران، شیرینبیان، پیاز و موسیر، گل محمدی و گشنیز مهمترین اقلام صادراتی گیاهان دارویی و معطر ایران را تشکیل دادهاند. بر اساس همین گزارش و طبق دادههای گمرک جمهوری اسلامی، ایران در سال ۱۳۹۶

کشور بیش از ۱۸۰ میلیون دلار واردات گیاهان و فراورده‌های دارویی داشته است که اسانس‌های روغنی و ادویه‌جات ۹۵٪ این واردات را به خود اختصاص داده‌اند. طبق همین طرح ملی، گیاهان دارویی اولویت‌دار کشور که بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی، تناسب اراضی، بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی و از همه مهم‌تر سود اقتصادی و ظرفیت‌های ایجاد زنجیره‌های تولید و ارزش برای گیاهان و فراورده‌های دارویی به این شرح است:

- ✓ گیاهان دارویی اولویت اول: زعفران، گل محمدی، زیره سبز، زیره سیاه، حنا، وسمه، گشنیز، شیرین‌بیان، چای ترش، رازیانه، گل‌گاوزبان ایرانی، آویشن شیرازی، بابونه، سیاهدانه و آنغوزه.
- ✓ گیاهان دارویی اولویت دوم: باریجه، سنجد، موسیر، پنیرک، تخم‌شربتی، قدومه شیرازی، سماق، خرفه، خاکشیر، بنفشه معطر، کاسنی، سنا، خارشتر و زغال‌اخته.

در طرح ملی گیاهان دارویی، گونه‌های منتخب در مناطق مختلف کشور جانمایی و امکان‌سنجی تولید، فراوری و ایجاد زنجیره‌های ارزش شده‌اند؛ بر این اساس، کشور از نظر اقلیمی و توانمندی‌های فنی و اقتصادی به ۹ قطب تقسیم شده است و گیاهان دارویی مناسب برای هر قطب شناسایی و تعیین شده است که بر این اساس گیاهان دارویی که مناسب حوضه آبریز دریاچه ارومیه شناسایی و تعریف شده‌اند عبارت است از: گل محمدی، کدوی تخم کاغذی، مرزه، ترخون، آویشن و بابونه.

۸-۸ توسعه کشت گلخانه‌ای در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

به باور بسیاری از صاحبنظران حوزه کشاورزی، توسعه کشت گلخانه‌ای یکی از مناسب‌ترین راهکارها برای غلبه بر چالش‌های بنیادین کشاورزی کشور است. این سامانه‌های مکانیزه برای کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و اهداف پروژه حاضر بسیار مناسب و کارآمدند، زیرا از یک طرف، کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ناگزیر از کاهش جدی «مقدار» مصرف آب است و از سوی دیگر برای پایداری اقتصادی و اجتماعی کشاورزی باید ضرورتاً «کارایی» اقتصادی آب مصرفی بالا باشد که هر دوی این قیود در سامانه‌های گلخانه‌ای محقق می‌شود. به عنوان نمونه، در حالی که تولید گوجه‌فرنگی در مزارع باز در کشور به طور متوسط با تولید هر کیلوگرم محصول ۲۳۴ لیتر آب مصرف می‌کند، این عدد در گلخانه‌های مکانیزه با

مدیریت مناسب به ۴۰ لیتر کاهش می‌یابد (سلطانی، ۱۳۹۷). سایر مزیت‌های مهم سامانه‌های گلخانه‌ای که آنها را گزینه‌ای پایدار و اگرواکولوژیک برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه مطرح می‌کند عبارتند از:

- ✓ ضریب اشتغال‌زایی آنها بالاست که می‌تواند چالش اصلی منطقه را حل کند
- ✓ به دلیل تولید بالا قابلیت ایجاد زنجیره‌های ارزش و تامین را دارند (برخلاف سامانه‌های پیش‌گفتهٔ سنتی و معیشتی منطقه که به دلیل بهره‌وری پایین و فقدان زیرساخت‌های ضروری فنی فاقد ظرفیت برای ایجاد زنجیره ارزش و زنجیره تامین هستند)
- ✓ آلایندگی محیط‌زیستی آنها پائین و آلایندگی موجود آنها با توصیه‌های فنی اگرواکولوژیک قابل مهار است و می‌توانند وضعیت اجتماعی و اقتصادی منطقه را به شکلی قابل توجه بهبود بخشند.

در همین زمینه، وزیر وقت جهاد کشاورزی در شهریور ماه ۱۳۹۸ ضمن اذعان به عقب‌ماندگی کشور در احداث گلخانه‌ها اظهار داشت با وجود رشد قابل توجه سطح گلخانه‌های کشور، در مقایسه با کشورهای رقیب راهبردی و منطقه‌ای، مانند ترکیه که ۶۰ تا ۷۰ هزار هکتار گلخانه دارد، نیاز به پیشرفت داریم. وی در همین زمینه تصریح دارد که آب و اشتغال دو چالش بزرگ کشور هستند و توسعه گلخانه‌ها راهکار حل سریع این دو چالش است. به باور وی در گلخانه‌ها، مصرف آب ۹۰-۸۵ درصد کاهش و تولید چند برابر افزایش می‌یابد، ضمن آن‌که به ازای احداث هر هکتار گلخانه، ۱۰ اشتغال مستقیم ایجاد می‌شود.

سخن پایانی

در فصل ششم و در بخش پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه، نتایج سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی این حوضه آبریز (جدول ۱۲ فصل ششم) به این شرح بود:

	فعلی	کاهش ۴۰٪ مصرف آب	تغییر (٪)
سطح زیر کشت (هکتار)	۳۸۷۸۹۵	۲۲۳۹۰۷	-٪۴۲
سود خالص (هزار دلار)	۶۴۷۹۰۶	۴۳۶۲۲۶	-٪۳۳
بهره‌وری اقتصادی آب (USD/m^3)	۰/۲۴۳	۰/۲۷۳	+٪۱۲
اشتغال (نفر)	۱۹۹۰۰۰	۱۲۶۶۰۷	-٪۳۷

این نتایج حاکی از آن است که با در نظر گرفتن قیودِ ۱) کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، ۲) بیشینه‌سازی سود خالص، ۳) بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب، و ۴) بیشینه‌سازی اشتغال، چنانچه مقرر باشد مصرف آب بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۴۰ درصد کاهش یابد این امر در پهنه‌بندی اگرواکولوژیک و با یک الگوی کشت مبتنی بر اصول اگرواکولوژی مستلزم کاهش ۳۳ درصدی سود خالص، کاهش ۱۲ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب و کاهش ۳۷ درصدی اشتغال بخش کشاورزی همراه خواهد بود.

مطالعات و آنالیزهای گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک در این قرارداد برای جبران این کاهش سود خالص و اشتغال در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد رویکرد به گزینه‌های پیشنهادی در این گزارش می‌تواند موجب جلوگیری از کاهش سود خالص و کاهش اشتغال در این منطقه شود. بر اساس آنچه در این گزارش آمده است و مفروضات موجود در مورد گزینه‌های پیشنهادی، با توسعه کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی و زنجیره ارزش آنها، با توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای در منطقه و با راه‌اندازی و توسعه گزینه‌های کشاورزی چندکارکردی، که در اینجا مشخصاً از گردشگری کشاورزی نام برده شده است، می‌توان کاهش سود خالص و اشتغال را به طور کامل جبران کرد:

	اشتغال پایدار مستقیم (نفر)
۳۰۰۰ هکتار گلخانه	۳۰۰۰۰
۱۲۰ هزار گردشگر کشاورزی	۱۵۰۰۰
۱۵۰۰۰ هکتار گیاهان دارویی	۳۰۰۰۰
جمع کل اشتغال‌زایی	۷۵۰۰۰ نفر

اگر بپذیریم هر هکتار گلخانه ۱۰ اشتغال مستقیم ایجاد می‌کند (با صرف‌نظر کردن از اشتغال غیر مستقیم)، و با در نظر گرفتن این که هر ۸-۶ گردشگر موجب ایجاد ۱ شغل مستقیم پایدار می‌شود (بدون در نظر گرفتن این واقعیت که هر شغل مستقیم در صنعت گردشگری موجب ایجاد ۱/۵ شغل غیر مستقیم نیز می‌شود؛ مجمع جهانی اقتصاد، ۲۰۱۹) و ظرفیت فعلی گردشگری کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با کمترین براوردها ۱۲۰ هزار نفر بدانیم (در حال حاضر و بدون در نظر گرفتن گردشگران میلیونی تبریز و ارومیه، سالانه فقط به طور میانگین ۷۰-۶۰ هزار نفر گردشگر داخلی و ۵ هزار نفر گردشگر خارجی با هدف بازدید از تختسلیمان به تکاب وارد می‌شوند) و اگر هر هکتار کشت گیاهان دارویی به همراه زنجیره‌های ارزش آن فقط ۲ شغل ایجاد کند (براورد سطح پائین)، آنگاه با احداث ۳ هزار هکتار گلخانه، ۱۵ هزار هکتار کشت گیاهان دارویی و سرمایه‌گذاری برای توسعه گردشگری کشاورزی می‌توان کل کاهش اشتغال ناشی از کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را جبران کرد.

ذکر سه نکته در این جا ضروری است. یکم، هم توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای، هم گسترش گردشگری کشاورزی و روستایی و هم توسعه کشت گیاهان دارویی سازگاری کامل و بالایی با اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌های ستاد احیاء دریاچه ارومیه و برنامه‌ها و سیاست‌های کلان نظام جمهوری اسلامی دارند که بارها مورد تاکید مسئولان بوده است. دوم، هر ۳ حوزهٔ مورد اشاره (سامانه‌های گلخانه‌ای، گردشگری کشاورزی و کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی) کاملاً مورد استقبال سرمایه‌گذاران بخش خصوصی است؛ در این زمینه کافی است ستاد احیا و سایر نهادهای حاکمیتی و قانون‌گذاری شرایط را برای ورود سرمایه‌گذاران و ذینفعان به این عرصه فراهم کنند.

یه عنوان مثال در مورد گسترش سطح گلخانه‌ای که در قسمت نتایج و جمع‌بندی پیشنهاد شده است لازم است به تاکید وزیر وقت جهاد کشاورزی در این مورد اشاره شود. حجتی (وزیر وقت جهاد کشاورزی) در شهریور ماه سال ۹۸ و در هفتمین گردهمایی سراسری کشت محصولات زراعی سال ۹۹-۹۸ با اشاره به عقب‌ماندگی کشور در احداث گلخانه‌ها اظهار کرد توسعه گلخانه‌ها به عنوان راهکار حل سریع دو چالش آب و اشتغال کشور است. وی اشاره می‌کند وسعت گلخانه‌های کشور با رشد ۲۵ درصدی از ۱۲ هزار هکتار در سال ۹۶ به ۱۵ هزار هکتار در سال ۹۷ افزایش یافته است اما با این وجود، در مقایسه با کشورهایی مانند ترکیه که ۶۰ تا ۷۰ هزار هکتار گلخانه دارد، نیاز به پیشرفت داریم. وی با تاکید بر این که آب و خاک با هم مفهوم پیدا می‌کند و در بخش کشاورزی موضوعیت می یابد، تصریح کرد: آب و اشتغال دو چالش بزرگ کشور و توسعه گلخانه‌ها راهکار حل سریع این دو چالش است. وی با اشاره به این که بازار مصرف محصولات گلخانه‌ها در منطقه وجود دارد، بر لزوم بازاریابی محصولات گلخانه‌ای کشور تاکید کرد و افزود: برای اجرای برنامه توسعه ۵۸۰۰ هکتاری گلخانه‌ها در سال جاری از آقای نوبخت رئیس سازمان برنامه و بودجه کشور درخواست ۲۰ هزار میلیارد تومان تسهیلات کرده‌ام. وی با بیان این که ۲۳ درصد اشتغال کشور پارسال در روستاها بوده و ۶۵ تا ۷۰ درصد تسهیلات طرح اشتغال پایدار روستایی و عشایری در شاخه‌های بخش کشاورزی جذب شده است، بر ضرورت تسهیل‌گری در دادن مجوز گلخانه‌ها تاکید کرد (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت جهاد کشاورزی). با توجه به این سخن وزیر وقت و چنانچه مقرر است دولت طی ۵ سال آینده از احداث ۳۰ هزار هکتار گلخانه در کشور حمایت کند و گلخانه‌ها را طبق نظر مدیران ارشد و سیاست‌های کلان و بالادستی کشور راه حل رفع چالش کمبود آب و اشتغال بخش کشاورزی بدانیم، در نظر گرفتن ۳۰۰۰ هکتار (یک‌دهم عدد پیش‌بینی‌شده برای کل کشور) گلخانه برای حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه که با هر دو مسالهٔ فوق (بحران آب و اشتغال) روبروست عدد نامتناسب یا غیر قابل دستیابی‌ای نیست.

نکته سوم که اهمیتی فراتر و فزون‌تر از ۲ نکته پیشین دارد این که هر ۳ راهکار پیشنهادی مورد پذیرش و خواست کامل جامعه محلی و ذینفعان بخش کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه است و بی‌تردید کاربست این راهکارها، به شرط در نظر گرفتن مصالح و منافع جوامع محلی، با کمترین مقاومت و اصطکاک اجتماعی روبرو خواهد بود.

در زمینه نتایج به دست‌آمده در این طرح و نقدی که احتمالاً به قابلیت اجرا، پذیرش اجتماعی و مقبولیت سیاسی آنها و توصیه‌های ارائه‌شده وارد است باید به یک نکتهٔ دیگر هم توجه داشت. به هر حال

کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضه یک جراحی جدی و عمیق است و پیامدهای قابل‌توجهی هم به دنبال خواهد داشت. نمی‌توان انتظار داشت مصرف آب را ۴۰ درصد کاهش دهیم و درآمد، سطح زیر کشت و تولید کاهش نیابد. مهم آن است که ما با بهره‌گیری از دانش فنی به سمت کمینه‌سازی پیامدهای منفی و بهینه‌سازی گزینه‌های جایگزین و پیشنهادی بپردازیم. موضوع کاهش تولید و درآمد و حتی افزایش وابستگی به دلیل کاهش مصرف آب در سطح کلان کشوری هم بررسی و مورد تایید قرار گرفته است؛ به عنوان نمونه، در مقیاس کلان‌تر کشوری هم همین مساله حوضه به چشم می‌خورد: سلطانی (۱۳۹۷) در ظرح مدل‌سازی و تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۲۰۵۰ که به سفارش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کشورانجام شد و نتایج آن به طور رسمی مورد تایید وزارت جهاد کشاورزی بوده است چنین می‌آورد:

«مقایسه برداشت فعلی آب برای کشاورزی در کشور (۸۶ میلیارد متر مکعب در سال) و حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی (۶۲ میلیارد متر مکعب در سال) که توسط وزارت نیرو مشخص شده است، نشان می دهد به طور متوسط ۲۸٪ اختصاص فعلی، اضافه برداشت است؛ این اضافه برداشت در استان‌ها بین ۲ تا ۵۳٪ متغیر است... اما، در الگوی جایگزین ۱۸ درصد از سطح زیر کشت آبی کاسته خواهد شد و همچنین وابستگی به واردات برنج، روغن، قند و شکر و محصولات علوفه‌ای (یا دامی) افزایش خواهد یافت که با توجه به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی حاصله، قابل تحمل خواهد بود.... بخش قابل توجهی از کاهش تولیدات علوفه با کشت دیم این گیاهان در اراضی آبی آزادشده (۱۸ درصد)، قابل جبران خواهد بود».

بنابراین، موضوع کاهش سطح زیر کشت و تشدید وابستگی به واردات محصولات راهبردی در سطح کلان کشور با کاهش اجباری مصرف آب بخش کشاورزی نیز وجود خواهد داشت که وظیفهٔ طرح حاضر و پژوهش‌هایی از این دست، تدبیر برای کمینه‌سازی پیامدهای منفی است که به نظر می‌رسد در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با پهنه‌بندی اگرواکولوژیک، جایگزینی محصولات کم‌آب‌بر و اشتغال‌زا نظیر گیاهان دارویی و اتخاذ راهبردهایی همچون توسعهٔ کشت گلخانه‌ای، که همگی همسو با سیاست‌های بالادستی و مورد تایید مدیران ارشد نظام در این حوزه‌هاست می‌توان به گذار پایدار به کشاورزی موفق در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه دست یافت. در مورد پذیرش اجتماعی این تغییرات جدی نیز باید توجه داشت نخست، باید به موازات فعالیت‌های سیاست‌گذارانه، تلاش‌های فنی و نوآوری‌های سخت‌افزارانه، در زمینهٔ افزایش مقبولیت اجتماعی

و پذیرش جامعه محلی و ذینفعان به اقدامات نرم‌افزاری توجه کرد؛ دوم، بی‌تردید موفقیت این گزینه‌ها و اثرات مثبت آنها بر درآمد تولیدکنندگان و اشتغال منطقه راه را برای پذیرش اجتماعی آنها باز خواهد کرد.

پیوست ۱

روش‌های آماری محاسبه همبستگی میان متغیرهای اقلیمی و گندم دیم

۱. همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و گندم دیم با روش من کندال

سالانه

	Stations						
	Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
Weather Variables	Mann-Kendall values						
Min Temperature	*-0.467	-0.257	-.505**	-0.162	-0.010	-0.029	-0.124
Max Temperature	*-0.467	-0.238	-.619**	-0.314	-0.029	0.010	-0.067
Mean Temperature	*-0.486	-0.276	-.600**	-0.295	-0.010	0.010	-0.105
Precipitation	0.086	0.010	0.200	0.181	0.238	0.143	-0.067

فصلی

Seasons	Weather Variables	Stations						
		Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
		Mann-Kendall values						
Winter	Min Temperature	-0.257	-0.143	*-0.429	-.448*	0.143	0.067	-0.181
	Max Temperature	-0.314	-0.181	**-0.543	-0.333	0.067	0.086	-0.143
	Mean Temperature	-0.257	-0.181	*-0.486	-.390*	0.124	0.105	-0.181
	Precipitation	0.105	-0.010	0.352	0.143	0.01	0.276	0.219
Spring	Min Temperature	-0.333	*-0.390	-0.162	0.086	-0.219	-0.105	-0.238
	Max Temperature	*-0.448	-0.219	-0.314	-0.124	-0.181	-0.295	-0.257
	Mean Temperature	*-0.467	*-0.429	-0.295	-0.029	-0.181	-0.238	-0.276
	Precipitation	0.181	0.067	0.124	0.249	0.314	-0.105	-0.162
Summer	Min Temperature	*-0.390	-0.086	*-0.448	-.581**	0.048	0.162	0.162
	Max Temperature	-0.257	0.105	*-0.448	-0.371	0.067	0.219	0.219
	Mean Temperature	-0.295	0.029	**-0.505	-.448*	0.048	0.2	0.219
	Precipitation	**-0.600	-0.257	0.000	-.486*	-0.249	-0.048	-.410*
Fall	Min Temperature	-0.048	0.086	-0.371	-0.352	-0.295	-0.124	-0.048
	Max Temperature	-0.124	-0.029	*-0.467	-0.143	-0.124	-0.238	-0.143
	Mean Temperature	-0.067	0.086	*-0.410	-0.276	-0.314	-0.219	-0.105
	Precipitation	0.333	-0.105	0.086	0.295	0.295	0.276	0.219

ماهانه

Months	Weather Variables	Stations						
		Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
		Mann-Kendall values						
Jan	Min Temperature	-0.333	-0.238	-.467*	0.029	0.134	-0.162	-.486*
	Max Temperature	-0.314	-0.238	-.486*	-0.162	0.01	-0.143	-.467*
	Mean Temperature	-0.314	-0.238	-.486*	-0.048	-0.029	-0.2	-.467*
	Precipitation	-0.067	-0.172	-0.067	0.067	0.019	-0.038	0.352
Feb	Min Temperature	-0.238	-0.105	-0.333	0.162	0.238	0.257	-0.105
	Max Temperature	-0.23	-0.105	-.543**	-0.086	0.124	0.314	-0.029
	Mean Temperature	-0.276	-0.086	-.505**	-0.029	0.162	0.295	-0.105
	Precipitation	-0.172	0.2	0.314	0.162	0.077	-0.019	0.029
Mar	Min Temperature	-0.162	-0.124	-0.276	0.048	0.124	0.219	-0.105
	Max Temperature	-0.257	-0.2	-.410*	0.029	0.029	0.029	0.029
	Mean Temperature	-0.181	-0.181	-0.352	-0.01	0.029	0.143	-0.086
	Precipitation	0.143	0.048	0.219	0.181	0.086	0.172	0.096
Apr	Min Temperature	-0.219	-0.181	-0.238	-.390*	-0.086	0.01	-0.029
	Max Temperature	-0.295	-0.314	-0.295	-0.352	-0.2	-0.181	-0.143
	Mean Temperature	-0.333	-0.238	-0.295	-.467*	-0.124	-0.105	-0.143
	Precipitation	-0.143	0.219	0.067	0.314	.429*	0.124	0.029
May	Min Temperature	-0.333	-.410*	-0.238	-.410*	-0.276	-0.181	-.562**
	Max Temperature	-.390*	-0.352	-0.314	-.410*	-0.352	-0.124	-0.295
	Mean Temperature	-.543**	-0.352	-0.314	-.429*	-0.333	-0.162	-.390*
	Precipitation	0.333	0.029	0.086	0.067	0.219	-0.086	-0.162
Jun	Min Temperature	-0.181	-0.257	-0.219	-.486*	-0.2	-0.029	-0.162
	Max Temperature	-0.352	-0.143	-0.295	-0.295	-0.257	-0.124	-0.067
	Mean Temperature	-0.295	-0.143	-0.219	-0.352	-0.333	-0.124	-0.096
	Precipitation	0.163	-0.077	0.135	0.077	0.125	-0.143	-0.124
Jul	Min Temperature	-0.143	0.01	-0.086	-0.067	-0.181	0.067	0.276
	Max Temperature	-0.086	0.314	-0.048	0.067	-0.077	0.295	0.238

	Mean Temperature	-0.143	0.2	-0.124	-0.01	-0.048	0.23	0.219
	Precipitation	0.031	0.116	-0.064	-0.342	-0.19	0.193	-.459*
	Min Temperature	-.638**	-0.162	-.448*	-.410*	-0.23	0.029	-0.219
Aug	Max Temperature	-.600**	-0.2	-0.352	-.429*	-0.2	-0.029	-0.257
	Mean Temperature	-.638**	-0.219	-.467*	-.410*	-0.295	0.067	-0.238
	Precipitation	-0.265	-0.153	0.166	-0.182	-0.016	0.01	0.115
	Min Temperature	-0.211	0.105	-.524**	-0.2	0.105	0.191	0.202
Sep	Max Temperature	0.162	0.257	-0.276	0.181	0.219	0.333	0.371
	Mean Temperature	0.029	0.257	-.410*	0.067	0.143	0.276	0.295
	Precipitation	-.792**	-.511*	0.167	-.451*	-0.225	-0.247	-.387*
	Min Temperature	0.086	0.238	-.524**	-0.029	-0.086	0.181	-0.181
Oct	Max Temperature	0.105	0.2	-.429*	-0.048	0.029	-0.01	-0.162
	Mean Temperature	0.124	0.219	-.524**	-0.105	-0.086	0.029	-0.162
	Precipitation	0.01	-0.086	0.325	0.162	-0.087	0.048	-0.106
	Min Temperature	0.067	0.238	-0.048	0.086	-0.314	-0.238	-0.124
Nov	Max Temperature	0.067	0.181	0.086	-0.124	-0.162	-0.153	-0.2
	Mean Temperature	0.086	0.295	0.048	0.2	-.390*	-0.2	-0.257
	Precipitation	0.371	-0.134	0.01	0.105	0.371	0.295	0.067
	Min Temperature	-0.238	-0.219	-0.086	-0.371	-0.143	-0.01	0.067
Dec	Max Temperature	-0.333	-0.238	-0.105	-0.333	-0.333	-0.238	-0.067
	Mean Temperature	-0.276	-0.257	-0.105	-0.364	-0.257	-0.162	-0.01
	Precipitation	-0.231	0.295	0.124	0.181	0.124	0.124	.383*

۲. همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و گندم دیم با روش اسپیرمن

سالانه

Weather Variables	Stations						
	Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
	Spearman values						
Min Temperature	0.257	0.282	0.393	0.229	0.275	0.336	-0.014
Max Temperature	0.525*	0.457	0.457	0.311	0.082	0.211	0.154
Mean Temperature	0.404	0.332	0.514*	0.325	0.164	0.111	0.093
Precipitation	-0.271	-0.139	-0.014	-0.275	0.186	-0.379	-0.264

فصلی

Seasons	Weather Variables	Stations						
		Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
		Spearman values						
Winter	Min Temperature	0.479	-0.196	⁎-0.611	-0.489	0.171	0.136	-0.261
	Max Temperature	0.507*	-0.214	⁎⁎-0.736	-0.471	0.111	0.111	-0.246
	Mean Temperature	0.511*	-0.218	⁎⁎-0.664	-0.479	0.164	0.161	-0.268
	Precipitation	0.064	-0.007	0.461	0.164	0.057	0.371	0.361
Spring	Min Temperature	-0.021	⁎-0.593	-0.243	0.146	-0.279	-0.129	-0.286
	Max Temperature	0.064	-0.407	-0.393	-0.168	-0.296	-0.357	-0.279
	Mean Temperature	-0.021	⁎-0.625	-0.407	-0.007	-0.264	-0.3	-0.314
	Precipitation	-0.093	0.125	0.136	0.407	⁎0.596	-0.157	-0.193
Summer	Min Temperature	0.268	-0.121	⁎-0.621	⁎⁎-0.746	0.032	0.164	0.289
	Max Temperature	0.514*	0.129	⁎-0.575	⁎-0.539	0.068	0.368	0.336
	Mean Temperature	0.568*	0.057	⁎⁎-0.671	⁎⁎-0.654	0.018	0.264	0.304
	Precipitation	-0.143	-0.361	0.059	⁎⁎-0.657	-0.329	-0.089	⁎-0.546
Fall	Min Temperature	-0.443	0.054	⁎-0.586	⁎-0.529	-0.354	-0.089	-0.082
	Max Temperature	-0.179	0	⁎-0.632	-0.275	-0.229	-0.264	-0.175
	Mean Temperature	-0.293	0.086	⁎-0.632	-0.461	-0.346	-0.186	-0.161
	Precipitation	-0.132	-0.079	0.15	0.439	0.393	0.364	0.364

ماهانه

Months	Weather Variables	Stations						
		Ahar	Tabriz	Maragheh	Mianeh	Urmia	Khoy	Makou
		Spearman values						
Jan	Min Temperature	-0.479	-0.339	**-0.646	0.071	0.082	-0.246	**-0.646
	Max Temperature	-0.414	-0.329	**-0.639	-0.243	-0.011	-0.207	**-0.646
	Mean Temperature	-0.468	-0.307	**-0.654	-0.071	-0.079	-0.314	*-0.618
	Precipitation	-0.114	-0.257	-0.136	0.029	0.014	-0.011	0.468
Feb	Min Temperature	-0.275	-0.161	-0.504	0.071	0.35	0.311	-0.189
	Max Temperature	-0.279	-0.104	**-0.718	0.239	0.186	0.382	-0.086
	Mean Temperature	-0.311	-0.157	**-0.686	-0.086	0.211	0.368	-0.179
	Precipitation	-0.252	0.321	0.361	-0.004	0.097	0.009	0.061
Mar	Min Temperature	-0.257	-0.139	-0.425	*0.618	0.196	0.314	-0.164
	Max Temperature	-0.425	-0.261	*-0.579	0.246	-0.021	0.096	0.004
	Mean Temperature	-0.336	-0.236	-0.482	0.107	-0.011	0.207	-0.111
	Precipitation	0.214	-0.011	0.311	-0.071	0.104	0.282	0.054
Apr	Min Temperature	-0.304	-0.361	-0.343	-0.064	-0.168	0.032	-0.05
	Max Temperature	-0.432	-0.468	-0.386	0.25	-0.368	-0.282	-0.164
	Mean Temperature	-0.439	-0.454	-0.389	0.25	-0.246	-0.164	-0.157
	Precipitation	-0.196	0.343	0.014	*-0.546	*0.629	0.161	0.025
May	Min Temperature	-0.436	*-0.604	-0.368	*-0.514	-0.375	-0.293	**-0.768
	Max Temperature	*-0.596	*-0.539	-0.443	*-0.629	-0.382	-0.146	-0.482
	Mean Temperature	**-0.739	*-0.55	-0.454	*0.511	-0.443	-0.218	*-0.625
	Precipitation	0.5	-0.036	0.079	*0.511	0.282	-0.089	-0.236
Jun	Min Temperature	-0.254	-0.368	-0.321	*-0.575	-0.261	-0.039	-0.168
	Max Temperature	-0.446	-0.204	-0.436	*-0.611	-0.375	-0.146	-0.007
	Mean Temperature	-0.4	-0.214	-0.318	*-0.607	-0.418	-0.175	-0.079
	Precipitation	0.236	-0.129	0.229	0.093	0.148	-0.218	-0.171
Jul	Min Temperature	-0.25	0.064	-0.121	0.118	-0.339	0.025	0.357

	Max Temperature	-0.129	0.396	-0.1	*-0.604	-0.166	0.411	0.364
	Mean Temperature	-0.257	0.271	-0.15	-0.379	-0.182	0.371	0.318
	Precipitation	0.105	0.186	-0.09	-0.421	-0.211	0.333	-0.617
Aug	Min Temperature	**-0.821	-0.179	-0.571	0.066	-0.411	0.086	-0.204
	Max Temperature	**-0.8	-0.286	-0.486	0.066	-0.332	-0.057	-0.361
	Mean Temperature	**-0.836	-0.343	-0.618	-0.079	-0.479	0.068	-0.304
	Precipitation	-0.377	-0.189	0.202	0.043	-0.008	-0.014	0.111
	Min Temperature	-0.318	0.143	-0.732	-0.007	0.143	0.281	0.257
Sep	Max Temperature	0.189	0.396	-0.35	-0.433	0.254	0.468	*0.521
	Mean Temperature	-0.021	0.375	-0.579	-0.433	0.171	0.389	0.446
	Precipitation	**-0.925	**-0.696	0.17	*-0.521	-0.269	-0.384	-0.502
	Min Temperature	0.154	0.329	-0.707	*-0.618	-0.061	0.246	-0.271
Oct	Max Temperature	0.193	0.293	-0.625	*-0.557	0.036	-0.014	-0.193
	Mean Temperature	0.232	0.286	-0.714	-0.277	-0.079	0.089	-0.179
	Precipitation	0.025	-0.129	0.406	-0.277	-0.088	0.125	-0.166
	Min Temperature	0.082	0.368	-0.057	-0.343	-0.446	-0.346	-0.214
Nov	Max Temperature	0.121	0.25	0.111	0.261	-0.189	-0.254	-0.279
	Mean Temperature	0.111	0.4	0.086	0.043	-0.457	-0.296	-0.279
	Precipitation	0.5	-0.145	0.018	*-0.629	*0.55	0.389	0.132
	Min Temperature	-0.368	-0.325	-0.136	*-0.629	-0.254	0.021	0.096
Dec	Max Temperature	*-0.529	-0.393	-0.161	-0.036	-0.457	-0.271	-0.082
	Mean Temperature	-0.454	-0.375	-0.129	-0.068	-0.404	-0.161	-0.014
	Precipitation	0.5	0.414	0.139	-0.125	0.257	0.204	*0.508

۳. همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و گندم دیم با روش پیرسون

سالانه

Stations	min temperature-Yield		max temperature-Yield		Daily mean temperature-Yield		precipitation-Yield	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Ahar	-0.511	0.052	-0.509	0.053	-0.521	0.047	-0.011	0.968
Tabriz	-0.274	0.322	-0.246	0.377	-0.263	0.344	-0.08	0.776
Maragheh	0.455	0.088	0.494	0.061	0.481	0.069	-0.104	0.711
Myaneh	-0.288	0.298	-0.445	0.097	-0.387	0.155	0.308	0.265
Urmia	-0.107	0.704	-0.089	0.751	-0.095	0.752	-0.08	0.753
Khoy	0.059	0.758	-0.028	0.759	0.02	0.76	0.168	0.761
Makou	-0.441	0.766	-0.439	0.767	-0.443	0.768	-0.155	0.769

فصلی

Stations	Season	Minimum -Yield		Maximum –Yield		Daily-Yield		Precipitation-Yield	
		r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Ahar	Winter	-0.363	0.184	-0.385	0.157	-0.379	0.163	0.052	0.855
	Spring	-0.462	0.083	-0.518	0.048	-0.519	0.047	0.312	0.257
	Summer	-0.587	0.021	-0.355	0.194	-0.469	0.078	-0.647	0.009
	Fall	-0.11	0.697	-0.113	0.689	-0.115	0.684	0.068	0.81
Tabriz	Winter	-0.185	0.508	-0.238	0.393	-0.219	0.434	-0.13	0.645
	Spring	-0.504	0.055	-0.409	0.13	-0.454	0.089	0.082	0.771
	Summer	-0.086	0.76	0.12	0.671	0.02	0.943	-0.297	0.283
	Fall	-0.002	0.994	-0.015	0.959	-0.01	0.972	-0.118	0.676
Maragheh	Winter	-0.498	0.059	-0.532	0.041	-0.524	0.045	-0.037	0.896
	Spring	0.286	0.302	0.35	0.201	0.33	0.229	-0.2	0.474
	Summer	0.485	0.067	0.411	0.128	0.458	0.086	-0.119	0.672
	Fall	0.138	0.623	0.167	0.552	0.153	0.585	-0.011	0.949
Myaneh	Winter	-0.438	0.102	-0.479	0.071	-0.469	0.078	-0.018	0.949
	Spring	0.098	0.729	-0.116	0.68	-0.025	0.93	0.523	0.046
	Summer	-0.73	0.002	-0.645	0.009	-0.686	0.005	-0.513	0.05
	Fall	-0.339	0.141	-0.264	0.341	-0.341	0.214	0.431	0.108
Urmia	Winter	0.097	0.73	-0.024	0.933	0.015	0.958	0.085	0.763
	Spring	-0.25	0.368	-0.224	0.423	-0.234	0.4	0.464	0.081
	Summer	0.151	0.592	0.447	0.072	0.391	0.15	-0.315	0.252
	Fall	-0.359	0.189	-0.479	0.071	-0.477	0.072	0.38	0.162
Khoy	Winter	0.174	0.535	0.121	0.667	0.15	0.594	0.294	0.287
	Spring	-0.076	0.787	-0.263	0.345	-0.135	0.632	-0.201	0.473
	Summer	0.149	0.595	0.374	0.169	0.274	0.323	-0.063	0.822
	Fall	-0.115	0.682	-0.294	0.228	-0.244	0.382	0.353	0.196
Makou	Winter	-0.367	0.179	-0.289	0.297	-0.333	0.225	0.338	0.219
	Spring	-0.324	0.239	-0.243	0.383	-0.282	0.309	-0.299	0.278
	Summer	0.283	0.307	0.376	0.167	0.349	0.203	-0.421	0.118
	Fall	-0.155	0.581	-0.182	0.515	-0.173	0.538	0.201	0.472

ماهانه

Stations	Climate variability	Month											
		January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Ahar	Minimum temperature	-0.485	-0.215	-0.19	-0.265	-0.468	-0.26	-0.245	-0.641**	-0.33	0.186	0.108	-0.31
	Maximum temperature	-0.413	-0.268	-0.344	-0.308	-0.525*	-0.338	-0.12	-0.742**	0.162	0.165	0.146	-0.437
	Mean temperature	-0.451	-0.25	-0.289	-0.308	-0.552*	-0.333	-0.178	-0.736**	-0.025	0.187	0.135	-0.386
	Precipitation	-0.09	-0.226	0.164	-0.189	0.483	0.305	-0.062	-0.506	-0.697**	-0.029	0.169	0.608*
Tabriz	Minimum temperature	-0.355	-0.002	-0.112	-0.356	-0.494	-0.369	-0.02	-0.268	0.149	0.305	0.105	-0.203
	Maximum temperature	-0.286	-0.131	-0.22	-0.459	-0.353	-0.167	0.137	-0.245	0.377	0.354	0.125	-0.285
	Mean temperature	-0.327	-0.076	-0.178	-0.421	-0.415	-0.265	0.057	-0.26	0.303	0.354	0.123	-0.254
	Precipitation	-0.321	0.253	-0.103	0.223	-0.104	0.008	0.112	-0.14	-0.482	-0.374	-0.195	0.426
Maragheh	Minimum temperature	-0.659**	-0.538*	-0.475	-0.327	-0.407	-0.314	-0.216	-0.571*	-0.726**	-0.648**	-0.022	-0.091
	Maximum temperature	-0.67**	-0.723**	-0.58*	-0.367	-0.465	-0.436	-0.063	-0.543*	-0.371	-0.626*	0.033	-0.105
	Mean temperature	-0.672**	-0.657**	-0.542*	-0.356	-0.463	-0.395	-0.152	-0.57*	-0.521*	-0.642**	0.014	-0.091
	Precipitation	-0.111	0.315	0.439	0.046	0.199	0.21	-0.25	0.358	0.209	0.499	-0.025	0.264
Myaneh	Minimum temperature	-0.047	0.255	0.127	-0.501	-0.542*	-0.7**	0	-0.525*	-0.219	0.005	0.001	-0.516*
	Maximum temperature	-0.183	-0.055	-0.068	-0.572*	-0.548*	-0.489	-0.085	-0.562*	0.202	-0.031	-0.117	-0.457
	Mean temperature	-0.116	0.076	-0.001	-0.58*	-0.564*	-0.591*	-0.052	-0.549*	0.014	-0.016	-0.091	-0.528*
	Precipitation	-0.193	-0.005	0.128	0.54*	0.197	-0.041	-0.224	-0.554*	-0.385	0.172	0.257	0.303
Urmia	Minimum temperature	-0.071	0.239	0.026	-0.183	-0.402	0.041	-0.221	-0.458	0.504	0.02	-0.56*	-0.206
	Maximum temperature	-0.105	0.093	-0.055	-0.185	-0.397	0.17	-0.014	-0.32	0.586*	0.104	-0.468	-0.451
	Mean temperature	-0.091	0.162	-0.025	-0.186	-0.401	0.132	-0.111	-0.416	0.57*	0.077	-0.542*	-0.36
	Precipitation	-0.099	0.04	0.169	0.541*	0.313	0.112	-0.222	-0.294	-0.104	0.055	0.319	0.174
Khoy	Minimum temperature	-0.135	0.348	0.346	-0.018	-0.047	-0.161	0.051	0.002	0.344	0.201	-0.389	-0.061
	Maximum temperature	-0.186	0.263	0.186	-0.302	-0.092	-0.099	0.324	0.034	0.502	0.035	-0.26	-0.254
	Mean temperature	-0.165	0.308	0.259	-0.195	-0.029	-0.127	0.214	0.021	0.478	0.128	-0.326	-0.172
	Precipitation	-0.08	0.076	0.307	0.071	-0.187	-0.315	0.099	0.042	-0.232	0.191	0.266	0.292
Makou	Minimum temperature	-0.617*	-0.217	-0.079	0.02	-0.676**	-0.199	0.314	-0.366	0.361	-0.242	-0.287	0.068
	Maximum temperature	-0.678**	-0.128	0.002	-0.08	-0.439	-0.015	0.357	-0.406	0.422	-0.16	-0.12	-0.115
	Mean temperature	-0.654**	-0.174	-0.035	-0.038	-0.544*	-0.086	0.343	-0.394	0.404	-0.209	-0.193	-0.025
	Precipitation	0.629*	0.138	0.051	0.072	-0.363	-0.298	-0.496	0.143	-0.488	-0.236	0.082	0.455

فهرست منابع

آینه‌بند، ا. ۱۳۸۴. تناوب زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی، ۴۷۰ ص.

ابراهیمی، ح. ۱۳۸۹. تغییر مصرف آب کشاورزی با توجه به تغییر اقلیم. پژوهش در علوم زراعی، ۳ (۹)، ۱۲۰-۱۰۹.

ابراهیمی سرین‌دیزج، ا.، م. ضرغامی. ۱۳۹۶. مقایسه تاثیر سیاست‌های احیاء تحت تاثیر تغییر اقلیم به کمک پویایی سیستم‌ها؛ مطالعه موردی زیست‌بوم دریاچه ارومیه. تحقیقات منابع آب، سال سیزدهم، شماره ۴: ۱۸۹-۱۸۴.

احترامیان، ک.، محمدنیا قرایی، س.، معتمدی، م.، قرایی، ش.، رفیعی، م. و زابل عباسی، ف. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان خراسان شمالی. مجله علوم جغرافیایی ۸: ۳۴-۹.

احراری، ا.ح. ۱۳۹۵. پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی در سنجش از دور ابرطیفی. تهران، ۶۶ صص.

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. شناخت و ارتقای بهره وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. سوم و چهام دی ماه سال ۱۳۸۲.

احسانی، م، دشتی، ق، حیاتی، ب، قهرمان‌زاده، م. ۱۳۹۱. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید جو در شبکه آبیاری دشت قزوین. نشریه دانش آب.(۱)۲: ۲۷-۱۴.

احمدی، م. ۱۳۸۷. پیش‌بینی نمو فنولوژیک در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۹۹ ص.

ادب، ح. ۱۳۸۵. مدلسازی برآورد عملکرد محصول کلزای پاییزه با استفاده از روش رگرسیون چند متغییره در محیط GIS ، مطالعه موردی شهرستان سبزوار، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.دانشکده علوم زراعی. ۱۲۰ ص.

ادب، ح.، فلاح قالهری، غ.، میرزا بیاتی، ر. ۱۳۸۷. ارزیابی روش‌های میان‌یابی کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه DEM در تهیه نقشه هم‌بارش سالانه در استان خراسان رضوی. همایش ژئوماتیک ۸۷. ۲۲ و ۲۳ اردیبهشت. دانشگاه شهید بهشتی تهران.

اسدی، ه.، سلطانی، غ.ر. و ترکمانی، ج . ۱۳۸۶. قیمت‌گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی اراضی زیر سد طالقان. فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۸: ۹۰-۶۱.

ایوبی، س. ح. و جلالیان، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی زمین (کشاورزی و منابع طبیعی). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۶۹ ص.

بازگیر، س. ۱۳۷۸. بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم (مطالعه موردی کردستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.

برزگری، س. و خلیلی، ع. ۱۳۸۰. پهنه‌بندی آگروکلیماتیک گندم دیم کردستان. سازمان هواشناسی کشور.

بلیانی، ی.، حجازی زاده، ز.، فرجی، ع.، و بیات، ع. ۱۳۹۱. پهنه بندی اقلیم کشاورزی کشت گندم دیم با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: استان فارس. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی. ۵(۱۵): ۵۰-۳۳.

بهدانی، م. ع.، کوچکی، ع.، رضوانی، پ و جامی احمدی، م. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی اگرواکولوژی و تعیین پتانسیل عملکرد زعفران در خراسان. مجله علوم زیستی ۸(۲): ۳۰۵-۲۹۸.

بیات. م. ۱۳۹۰. ارزیابی تناسب اراضی گندم، جو، یونجه و گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های پاکدشت، شهریار، هشتگرد و ورامین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده علوم زراعی. ۱۰۰ ص.

بیدادی، م.ج.، کامکار، ب.، و عبدی، ا. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت سویا در حوزه قره سو با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). نشریه تولید گیاهان زراعی. ۷(۲): ۱۸۷-۱۷۵.

پروین، ن. ۱۳۹۰. الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه. تحقیقات جغرافیایی، ۱۰۰: ۹۰.

پیرمرادی، ر.، نخعی، م. و اسدیان، ف. ۱۳۸۹. تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیر زمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت ملایر در استان همدان) جغرافیای طبیعی ۳(۸): ۵۱-۶۶.

جعفربیگلو، م. مبارکی، ز. ۱۳۸۷. سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۶۶: ۱۱۹-۱۰۱.

جلالیان، ا.، بازگیر، م.، گیوی، ج. و ایوبی، ش. ۱۳۸۵. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی اراضی دیم‌زارهای منطقه تالان‌دشت استان کرمانشاه برای محصولات مهم منطقه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۴): ۹۱-۱۰۶.

جهان‌بخش، س.، گریگوریان، و. و امام قلیزاده، م. ۱۳۸۸. بررسی شرایط آب و هوایی شمال استان آذربایجان غربی. جغرافیا و توسعه ۱۴: ۲۶-۵.

حسین‌زاد، ج. ۱۳۸۳. تعیین روش مناسب قیمت‌گذاری آب در بخش‌کشاورزی (مطالعه موردی‌سد و شبکه علویان). رساله دوره دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی.

حمیدی، ر. ۱۳۹۵. تحلیل زنجیره ارزش انگور و بسته‌های سیاست‌گذاری توسعه آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. پژوهشکده سیاست‌گذاری علم و فناوری و صنعت، دانشگاه صنعتی شریف.

حیدری ساربان، و.، ع. مجنونی توتاخانه. ۱۳۹۵. نقش تنوع معیشتی در تاب‌آوری خانوارهای روستایی پیرامون دریاچه ارومیه در برابر خشکسالی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴: ۷۰-۴۹.

خواجه‌پور، م .ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی .چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ ص.

خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۷۴. اصول اولیه زراعت. انتشارات واحد صنعتی اصفهان، ۴۱۲ ص.

خوشاخلاق، ف. سلطانی، م.۱۳۹۰. پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت توت فرنگی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه مهندسی نقشه برداری، دورسنجی و علوم جغرافیایی ۷۸(۲۰): ۳۲-۱.

خیراندیش، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر طول فصل رشد در چند نمونه اقلیمی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

دادگر، م.، محمودی، ش.، مسیح‌آبادی، م.ح. و شهسوار، ا.م. ۱۳۸۸. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت گلرنگ و سویا در منطقه دماوند به روش کشت فاریاب. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم ۸: ۱۰۱-۹۰.

دارابی، ع. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژی و واکاوی رشد نژادگان‌های جدید سیب‌زمینی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۸: ۲۸۶-۲۷۱.

دماوندی، ع.، طاهری، م.، اسماعیلی، م و خلفی، ج. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق مناسب کشت گندم دیم در استان زنجان با استفاده از GIS. فنآوری‌های نوین کشاورزی ۱(۴):. ۱۰۱-۸۱.

ذوالفقاری، ح. مرادی، ف. ۱۳۸۳. بررسی آسایش حرارتی در استان کرمانشاه. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای ۳: ۸۹-۴۳.

رجایی، ع. ۱۳۸۲. کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی روستایی و شهری (چاپ اول). انتشارات سمت. ۲۲۲ ص.

رجبی، ا. ۱۳۹۱. برنامه‌ریزی آرمانی، رویکردی اثربخش در بودجه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع مالی (مطالعه موردی: تخصیص بودجه وزارت بهداشت و درمان به استانهای کشور). فصلنامه حسابداری سلامت، سال اول، شماره‌های دوم و سوم، شماره پیاپی (۲)، ۱۶-۱.

رسولی، ج. قائمی، ع. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی کشت کلزا براساس نیازهای دمایی اقلیمی با استفاده از GIS در استان‌های خراسان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۱(۳): ۱۳۸-۱۲۱.

رسولی، ع.، قاسمی گلعذانی، ک و سبحانی، ب. ۱۳۸۴. نقش بارش وارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعه استان اردبیل) جغرافیا وتوسعه ۵(۳): ۲۰۰-۱۸۳.

رکن‌الدین افتخاری، ع.، م. موسوی، م. پورطاهری، م. فرجزاده اصل. ۱۳۹۳. تحلیل نقش تنوع معیشتی در تاب‌آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشکسالی؛ مطالعه موردی: مناطق در معرض خشکسالی استان اصفهان. فصلنامه پژوهش‌های روستایی، ۵: ۶۶۲-۶۳۹.

زارع فیض‌آبادی، ا.، ع .کوچکی و نصیری محلاتی، م .۱۳۸۵ . بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش بینی وضعیت آینده .مجله پژوهشهای زراعی ایران ۱(۴): ۶۹-۴۲.

ساری صراف، ب.، س . بازگیر. ، غ. محمدی. ۱۳۸۸. پهنه بندی پتانسیل‌های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی. جغرافیا و توسعه ۱۳: ۵-۲۶.

سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، ۱۳۹۱. مطالعه تدوین الگوی کشت شهرستان بناب. جلد اول. وضعیت بخش کشاورزی شهرستان.

سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۳. جداول فواصل انواع واحدهای دامداری ، آب مورد نیاز و ضریب واحدهای دامی.

سردقی، م. ۱۳۹۱. بررسی تغییر کاربری اراضی زراعی شهرستان گرگان با استفاده از تکنیک سنجش از دور در فواصل سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۵ ص.

سرچشمه‌پور، م.، م. حجازی، و.ر. جلالی، ف. مولایی. ۱۳۹۵. مروری بر شاخص‌های کیفیت، سلامت و امنیت خاک. دومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست؛ ۱۷ و ۱۸ شهریور، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

سعیدی، ع. حسینی، ص. ۱۳۸۸. شالوده مکان‌یابی و استقرار روستاهای جدید(چاپ اول). انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. ۲۵۵ ص.

سلطانی، ا. ۱۳۹۷. مدل‌سازی و تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۲۰۵۰. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

شریفی عاشورآبادی، ا.، ز. جم‌زاد، م.ح. لباسچی، ا. اکبری‌نیا، ل. صفایی، م. لارتی، ر. حبیبی، گ. گریوانی، ص. صفری، و. صمدی اصل، م. مکی‌زاده تفتی. ۱۳۹۶. استفاده از شاخص حرارتی در پیش‌بینی مراحل فنولوژیک رشد آویشن (*Thymus*) در رویشگاه‌های طبیعی. طبیعت ایران، ۲(۶): ۴۴-۳۴.

شیروانی، ح. ۱۳۶۹. تناوب و تقویم زراعی مناطق مختلف کشور. وزارت کشاورزی.

شیریان، ر. ۱۳۸۰. تهیه نقشه پوشش گیاهی پارک ملی گلستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های ماهواره‌ای TM لندست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. دانشکده مرتعداری. ۹۸ ص.

صلاحی، ب.، م. گودرزی، ا. حسینی. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳۷: ۵۷-۴۷.

ضیاییان فیروزآبادی، پ.، خالدی، ش.، خندان، س. و علیزاده، ا. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی آگروکلیمایی مرکبات در استان لرستان با استفاده از مدل هم‌پوشانی شاخص و منطق فازی و مقایسه مدل‌ها. فصلنامه جغرافیایی آمایش ۸(۳): ۲۹-۶۴.

عبداللهی، ج.، باغستانی، ن.، ثواقبی، م.ح. و رحیمیان، م.ح. ۱۳۸۷. تعیین درصد پوشش گیاهی مناطق خشک با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ندوشن). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۴(۱۲): ۳۱۳-۳۰۱.

عسگری.، م.ص.، ف.سرمدیان.، م.خدادادی.، ع. ا. نوروزی. ۱۳۸۸. پهنه بندی اکولوژیکی کشاورزی با استفاده از سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی در منطقه تاکستان. تحقیقات آب و خاک ایران ۲(۴۰): ۱۰۴-۹۳.

علیبیگی، ا.ح.، غ. برزو. ۱۳۹۲. کشاورزی چندکارکردی (MFA) از دیدگاه متخصصان توسعهٔ کشاورزی و روستایی ایران. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران؛ ۴۴: ۵۱۱-۵۰۱.

علیجانی، ب. و دوستان، ر. ۱۳۸۶. تعیین نواحی مستعد کشت زرشک در استان خراسان جنوبی با استفاده از GIS. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای ۸: ۱۳-۳۳.

علیزاده، ا.، غ.ع. کمالی. ۱۳۸۱. اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۷ (۲ و ۳)، ۲۰۱-۱۸۹.

علیقلی‌نیا، ت.، ح. رضایی، ج. بهمنش، م. منتصری. ۱۳۹۶. مطالعه شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری. نشریه دانش آب و خاک؛ جلد ۲۷، شماره ۴: ۴۸-۳۷.

فرجزاده، م و تکلوبیغش، ع. ۱۳۸۰. ناحیه‌بندی اگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تاکید بر گندم دیم. مجله پژوهش‌های جغرافیایی ۴۱(۳۳): ۱۰۵-۹۳.

فرجزاده، م. ۱۳۸۶. تکنیک‌های اقلیم‌شناسی (چاپ اول). انتشارات سمت. ۲۴۸ ص.

فرجنیا، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید چغندرقند در دشت یکانات مرند. مجله چغندر ۱(۲۳): ۵۴-۴۳.

فرجی، ع.، زاهدی، غ.، رسولی، ع.ا. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی درجه- روزهای نیاز به گرمایش و سرمایش منطقه آذربایجان در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی ۶۶: ۸۵-۷۱.

فلاح‌میری، ح.، پیردشتی، ه. ضیا، تبار احمدی، م. و قلیچ نیا، ح. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی حوزه‌ی معرف کسیلیان با سامانه اطلاعات جغرافیایی. محیط شناسی ۴۸(۳۴): ۱۱۵-۱۲۶.

قالیباف، م.ب.، ج. اطاعت، ح. محمدی، ز. موسوی. ۱۳۹۶. برنامه‌های توسعه در ایران و مشکلات زیست‌محیطی دریاچه ارومیه. مجله پژوهش‌های جغرافیای سیاسی، (۱)۲: ۲۹-۱.

قائمیان، ن.، برزگر، ع.، محمودی، ش. و عماری، پ. ۱۳۸۱. ارزیابی تناسب اراضی)برای گندم، چغندر قند و یونجه به روش پارامتریک در اراضی منطقه پیرانشهر. علوم خاک و آب ۱۶(۱): ۸۳-۹۴.

قلی‌پور، م.، ا. سلطانی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه گندم زمستانی در شرایط دیم و فاریاب تبریز با استفاده از شبیه‌سازی. دانش کشاورزی، ۱۵ (۳)، ۱۷۶-۱۶۳.

کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه. ۱۳۹۵. راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه رودخانه‌های زرینه رود و سیمینه‌رود. گزارش وضع موجود کشاورزی و برنامه پیشنهادی. مهندسین مشاور یکم.

کاظمی پشت مساری، ح. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی توان زراعی-بوم‌شناختی استان گلستان به منظور تدوین الگوی کشت مناسب. رساله دکتری رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۸۰ ص.

کاظمی، ح. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی زراعی-بوم شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت جولخت بر اساس منطق بولین. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۴): ۱۸۶-۱۶۵.

کاظمی‌راد، مظفر. ۱۳۷۷. تعیین زمان و منطقه‌ی مساعد کشت گندم دیم در آذربایجان غربی بر اساس توزیع دما و بارش، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران. دانشکده جغرافیای طبیعی. ۱۲۰ ص.

کامکار، ب.، ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کامکار، ب.، زاهد، م.، گلچین، ا. و غدیریان، ر. ۱۳۸۹. اصول طراحی الگوهای کاشت (کلیات و مطالعات موردی). یازدهمین کنگره علمی زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید بهشتی.

کبیری، ن. ۱۳۹۷. بررسی آثار اقتصادی سیاست‌های منتخب حفاظت از دریاچه ارومیه بر بخش کشاورزی دشت میاندوآب. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

کرم، ع. ۱۳۸۴. تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب تبریز با استفاده از رویکرد چند معیاری MCE در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۹۳:۵۴-۱۰۶.

کشاورز، ع.، دهقانی سانیج، ح.، بیکی، ا.، رفیعی، ح.، نژند علی، ع.، بخشایش، م.، و زارع‌زاده، م. ۱۳۹۴. تحلیلی بر منابع، مصارف، چشم‌انداز و راهبردهای آب ایران. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران (ارائه شده در فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، ۲۰ خرداد ۱۳۹۴).

کمالی، غ.، ع. صدقیانی پور.، ع. صداقت کردار.۱۳۸۷. بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در آذربایجان شرقی. مجله آب و خاک ۲۲(۲):۴۸۳-۴۶۷.

کمالی، غ.ع.، ملائی، پ. و بهیار، م.ب. ۱۳۸۹. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS. نشریه آب و خاک، ۲۴: ۵، ۹۰۷-۸۹۴.

کوچکی، ع.، ا. سلطانی، ح.ر. شریفی. غ.ع. کمالی. ۱۳۸۰. اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشد، نمو و عملکرد آفتابگردان و نخود آبی و دیم در شرایط تبریز. علوم و صنایع کشاورزی، ۱۵ (۱)، ۱۶۴-۱۵۵.

کوچکی، ع.، غ.ع. کمالی. ۱۳۸۹. تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران. پژوهش‌های زراعی ایران، ۸ (۳)، ۵۲۰-۵۰۸.

کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی، ل. جعفری. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: ۱- پیش‌بینی وضعیت اگروکلیماتیک آینده. پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳ (۴)، ۶۶۴-۶۵۱.

کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: ۲- پیش‌بینی تولید محصولات زراعی و راهکارهای سازگاری. پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۴ (۱)، ۲۰-۱.

مادح خاکسار، س.، آینه‌بند، امیر.، معزی، عبدالامیر.، و یزدی پور، عبدالرحمان. ۱۳۸۸. ارزیابی تناسب اراضی برای دو روش آبیاری سطحی و تحت فشار در دشت گرگر خوزستان، مجله پژوهش در علوم زاعی،(۵)۲: ۳۵-۲۷.

محقق، پ.، م. نادری، ج. محمدی. ۱۳۹۵. تعیین شاخص‌های موثر برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف حوضه آبریز چغاخور. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۳): ۷۱-۵۵.

محمدجانی، ا. و یزدانیان، ن. ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصلنامه روند، ۲۱(۶۵ و ۶۶): ۱۱۷ – ۱.

محمدزاده، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص‌های اگرواکولوژیک و تعیین الگوی کشت مناسب محصولات زراعی استان آذربایجان‌شرقی: مطالعه موردی دشت مراغه-بناب. رساله دکتری. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

محمدزاده، ا.، ع. مهدوی دامغانی، ج. وفابخش، ر. دیهیم‌فرد. ۱۳۹۷. کارایی بوم‌شناختی- اقتصادی تولید یونجه و ذرت علوفه‌ای: مطالعهٔ موردی، دشت مراغه- بناب، استان آذربایجان شرقی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳)۸۹۵-۸۷۵.

محمدی، ا. ۱۳۸۲. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای محصولات عمده زراعی در منطقه جنوب غرب گنبد کاووس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. دانشکده علوم خاک. ۱۰۰ ص.

محمدی، ح.، م. کاظمی و ن. گودرزی. ۱۳۸۶. کاربرد GIS در امکان سنجی کشت زیتون در استان اصفهان. زراعت و باغبانی ۷۴: ۱۳۳-۱۲۳.

محمدی یگانه، ب.، م. ولائی، م. چراغی. ۱۳۹۲. اثرات کاهش سطح آب دریاچه اورمیّه در اقتصاد کشاورزی روستاهای پیرامون (مطالعه موردی: دهستان مرحمت‌آباد شمالی، شهرستان میاندوآب). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۵: ۷۱-۵۵.

محمودان، س.، کامکار، ب.، عبدی، ا.، و باقرانی، ن. ۱۳۹۳. ارزیابی مدلهای کریجینگ جهانی در میان یابی بارش و دماهای اصلی و تعیین تنا سب اقلیمی ارا ضی زراعی ا ستان گل ستان به منظور ک شت گندم و باقلای پاییزه با ا ستفاده از GIS. ف صلنامه پژوهش در اکوسیستمهای زراعی ۱(۴): ۳۰-۱۳.

مخدوم، م. ۱۳۸۴. شالوده آمایش سرزمین (چاپ ششم). انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ ص.

مداحی، ز.، لندی، ا. و زارعیان، غ.ر. ۱۳۸۶. تهیه الگوی کشت مناسب و بهبود مدیریت اراضی با تکیه بر ارزیابی تناسب اراضی در دشت سپیدان (استان فارس). مجمعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و بوم‌شناختی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۶-۲۵ مهرماه.

مرادی، ح.ر. و ش. احمدی پور. ۱۳۸۵. بررسی نقش مرفولوژی و خاک بر پوشش گیاهی با استفاده از GIS. پژوهش های جغرافیایی ۵۸: ۱۷-۳۲.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۲. http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=1668

مسعودیان، ا.، م. دارند. ۱۳۹۳. شناسایی و تحلیل تغییرات شاخص‌های اقلیمِ کشاورزی در ایران. تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره دوم: ۵۰-۳۹.

مطیعی لنگرودی، ح. ۱۳۸۴. جایگاه کشاورزی در روستاهای دره‌ای غرب شهرستان مشهد: تنگناها و راهکارها. جغرافیا و توسعه ۵(۳): ۵-۱.

مقدادی، ن.، ا. سلطانی، ب. کامکار، ا. حجارپور. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در استان زنجان. مجلهٔ الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۷ (۴)، ۲۲-۱.

موسوی، ق.، م.ا. آسودار، پ. پورمحمدی. ۱۳۹۲. بررسی اثر روش‌های خاک ورزی، الگوی کاشت و مدیریت بقایا بر کارایی مصرف آب کلزا (*Brassica napus* L.). هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون. مشهد، دانشگاه فردوسی.

مهسافر، ح.، ر. مکنون، ب. ثقفیان. ۱۳۹۰. اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه. تحقیقات منابع آب ایران، سال هفتم، شماره یک: ۵۸-۴۷.

مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۴. مطالعه پایداری اکولوژیکی برخی نظام‌های کشاورزی در استان خراسان با استفاده از رهیافت سیستمی. پایان‌نامه دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۹۷. بررسی ظرفیت‌ها و مکانیسم‌های سرمایه‌گذاری در حوزهٔ گردشگری کشاورزی در ایران (نمونه اجرایی: حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه). مرکز مطالعات راهبردی آب و کشاورزی، تهران.

مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۹۷. مبانی، اصول و استانداردهای کشاورزی ارگانیک. کارگاه آموزشی تولید گیاهان دارویی ارگانیک؛ وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ۲۰ آبان ۱۳۹۷.

مهدی‌نیا، ت.، عادل، س. و اجتهادی، ح. ۱۳۸۵. بررسی همبستگی متغییرهای فیزیوگرافی و بارندگی با جوامع گیاهی موجود در حوزه آبخیز بابل‌رود با استفاده از سیستم از اطلاعات جغرافیایی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳(۱): ۹۹-۱۰۷.

مهربان، ا.، غفاری، ع.، قنبری بنجار، ا و جلالی، ن. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی اقلیم برای گندم زمستانه دیم در مناطق مغان و اردبیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. دانش کشاورزی ۴(۱۵): ۱۵-۱.

میرداودی، ح.ر.، زاهدی‌پور، ح.، مرادی، ح.ر. و گودرزی، غ.ر. ۱۳۸۶. بررسی و تعیین توان اکولوژیک استان مرکزی از نظر کشاورزی و مرتع‌داری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۲(۱۵): ۲۴۲-۲۲۵.

میرزا بیاتی، ر. ۱۳۸۳. بررسی نواحی مستعد کشت زعفران در دشت نیشابور با استفاده از GIS وRS . پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی. ۱۱۰ ص.

میرموسوی، ح.، غ. بابایی، س. کریمی. ۱۳۸۹. براورد سطح پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه آنها با شاخص جهانی NDVI در حوضه قشلاق- سنندج. اندیشه جغرافیایی، ۴ (۷): ۸۸-۶۶.

نصرالهی، ن. ۱۳۹۳. امکان‌سنجی اجرای لی‌فارمینگ (غله - مرتع) در شهرستان آق‌قلا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱۲ ص.

نصیری محلاتی، م. کوچکی، ع. ۱۳۸۸. پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی گندم در استان خراسان (برآورد پتانسیل و خلأ عملکرد). پژوهش‌های زراعی ایران ۲(۷): ۷۰۹-۶۹۵.

نصیری محلاتی، م. کوچکی، ع. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی گندم در استان خراسان (آنالیز ریسک). پژوهش‌های زراعی ایران ۲(۸): ۳۰۷-۲۹۸.

نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، غ. کمالی، ح. مرعشی. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ش ۷: ۸۲-۷۱.

وزرات جهاد کشاورزی. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۳. جلد اول. ، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۵۸ ص.

وزرات جهاد کشاورزی. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷. جلد اول. ، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۸۷ ص.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. گزارش بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور . وزارت نیرو، تهران.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. گزارش مطالعات بهنگام‌سازی بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز دریاچه ارومیه منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران.

یزدان‌پناه، م. ۱۳۹۷. پارادایم کشاورزی چندکارکردی؛ گردشگری روستایی، کلیدی برای توسعه اشتغال پایدار در مناطق روستایی. نشریه کارآفرینی در کشاورزی؛ ۵ (۱): ۲۹-۱۷.

Ababaei, B. Mirzaei, F. and Sohrabi, T. 2011. Performance evaluation of LARS-WG model in 12 coastal stations in Iran, Journal of Water Research. 5: 217-222. (In Persian)

Abbaspour, M., Mahiny, A.S., Arjmandy, R., and Naimi, B. 2011. Integrated approach for land use suitability analysis. International Agrophysic, 25: 311-318.

Abdo, K. S. Fiseha, B M. Rientjes T. H. M. Gieske, A. S. M. and Haile, A.T. 2009. Assessment of climate change impacts on the hydrology of Gilgel Abay catchment in Lake Tana Basin. Ethiopia. Hydrological Processes. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/hyp.7363.

Alipour, S. 2006. Hydrogeochemistry of seasonal variation of Urmia Salt Lake, Iran. Saline Systems, 2:9.

Al-mashreki, M.H., Juhari, B.M.A., Sahibian, A.R., Kadderi, M.D., Zulfahmi, A.R. 2010. Remote sensing and GIS application for assessment of land suitability potential for agriculture in the IBB in the Governorate, the Republic of Yemen. Pakistan Journal of biological sciences, 13 (23): 1116-1128.

Amgain, L.P. 2011. Agro-meteorological in relation to phenology of promising rice cultivars in Chitwan, Nepal. Nepal Agr. Res. J. 1(11):52-59.

Amini Fasakhodi, A., Nouri, S.H., Amini, M., 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. Water resources management 24, 4639-4657.

Badini, O., Stocle, C.O., Franz, E.H. 1997. Application of crop simulation modeling and GIS to agro climatic assessment in BurkinaFaso. Agriculture ecosystems and environment. 64(3): 233-244.

Bagat, M. R., Sharda, S., Sood, C., Rana, R. S., Kalia, V., Pradhan, S., Immerzeel, W., Shrestha, B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. J: Indian Soc. Remote sens. 37: 233-240.

Bagli, S., Terres J. M., Gallego, J., Annoni, A., Dallemand, J.F. 2003. Agro-pedo-climatological zoning of Italy, European commission directorate general joint research centre Ispra.234.

Baudry, J., and C. Thenail. 2004. Interaction between farming system, riparian zones, and landscape paterns: A Case Study in western France. Landscape and Urban Planning. 67, 121-129.

Bera, J. and Suparn, P. 2001. A remote sensing and GIS based application 17th World congress of soil science, Thailand. 579.

Bhan, S.K., Saha, S.K., Pande, L.M., and Prasad, J. 1992. Use of remote sensing and GIS technology in sustainable agricultural management and development. Indian institute of remote sensing, NRSA Dehradun-248001, India. 10.

Bigman, D., Srinivasan, P., 2002. Geographical targeting of poverty alleviation programs: methodology and applications in rural India. Journal of Policy Modeling 24, 237-255.

Bin, Q., He-Jian, Z., Song-Lin, C., Romkens, M. J. M. and Bi-Cheng, L. 2007. Land Suitability Assessment and Land Use Change in Fujian Province, China. Pedosphere, 17(4):493-504.

Bobade, S. V., Bhaskar, B. P., Gaikwad, M. S., Raja, P., Gaikwad, S. S., Anantwar, S. G., Patil, S. V., Singh, S. R. and Maji, A. K. 2010. A GIS-based Land use Suitability Assessment in Seoni District, Madhya Pradesh, India. Tropical Ecology, 51(1):41-45.

Bontkes, T.S., van Keulen, H., 2003. Modelling the dynamics of agricultural development at farm and regional level. Agricultural Systems 76, 379-396.

Bootsma, A. 1994. Long term (100 years) climate trends for agriculture at selected locations in Canada. Climatic Change, 26: 65–88.

Burrough, P.A. 1993. Principles of Geographical Information Systems For Land resources AssEssment , Oxford, Clarendon, 333.

Caldiz, D. O. 2001. Agro- ecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina and Forest Meteorology. 109: 311-320. Available online: www. Elsevier. Com.

Carlos M.F., Carlos, S., Lannac, A.C., Freitas, J.A. 2005. Wandere conference on international agricultural research for development, October 11-13.

Cengiz, T. and Cengiz, E. 2009. Application of analytical hierarchy process and geographic information systems in land-use suitability evaluation: a case study of Dumrek village (Canakkale, Turkey), International journal of sustainable development & World ecology. 16: 4, 286-294.

Chaudhari, S., F. Felfelani, S. Shin, Y. Pokhrel. 2018. Climate and anthropogenic contributions to the desiccation of the second largest saline lake in the twentieth century. Journal of Hydrology; 560: 342–353.

Chen, H.S., Liu, G.S., Yang, Y.F., Ye, X.F., and Shi, Z. 2010. Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agricultural Sciences in China. 9: 583-592.

Chikodzi, D., and Mutowo, G. 2012. Agro-Ecological zonation of Masvingo province: Land suitability classification factoring in climate change, variability swings and new technology. 1:318. doi:10.4172/scientificreports.318.

Croissant, R.L., Peterson, G.A., and Westfall, D.G. 2008. Dryland cropping systems. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin No. 516.

Crookston, R. K. 1984. The rotation effect, what causes it to boost yields. Crops and Soils Magazine, 36:12-14.

de Wrachien, D. 2003. Land use planning: A key tosustainable agriculture. In: Torres, G et al. Sustainable agriculture (eds.). Kluwer academic publishers, p: 471-484.

Draper. A. J., Jenkins, M.W., Kirby, K.W., Lund, J.R., Howitt, R.E. 2003. Economic-engineering optimization for California water management. Journal of water resources planning and management 129(3): 155-164.

Ebtekar, M. 2013. Note, Reviving the Iran's Environment. Iran Newspaper, 9 November (in Persian).

Eitzinger, J., S. Thaler, S. Orlandini, P. Nejedlik, V. Kazandjiev, V. Vucetic, T.H. Sivertsen, D.T. Mihailovic, B. Lalic, E. Tsiros, N.R. Dalezios, A. Susnik, K. Kersebaum, N. M. Holden, R. Matthews. 2008. Agroclimatic indices and simulation models. In: Nejedlik, P., S. Orlandini (eds.). Survey of agrometeorological practices and applications in Europe regarding climate change impacts. ESF.

Ekins, P. 2000. Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth. Routledge, Landon/New York .

Esa, E. 2014. Land suitability assessment for sorghum and maize crops using a SLA and GIS approach in Dera Wereda, ANRS, Ethiopia. Ethiopian Renaissance Journal of Social Sciences and the Humanities. 1(1): 119-139.

FAO. 2006. Faostat. http://faostat.fao.org/site/408/default.aspx.

FAO. 1976. A Framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. Rome, Italy.

FAO. 1981. Report on the Agro-ecological Zones Project (1978 1981), Vol. 1: Methodology and results for Africa. World soil resources report 48/1. Rome, Italy.

FAO. 1985. Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. Soils Bulletin, 55. Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy

FAO.1993. Guidelines: Agro-ecological assessment for national planning: the example of Kenya. FAO Soils Bulletin 67. Rome, Italy.

FAO. 1995. Planning for a sustainable use of land resources. Towards a new approach. Rome, Italy.

FAO.1996. Guidelines: Agro-ecological zoning. FAO Soils Bulletin 73. Rome, Italy.

FAO. 2002. Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century. Land and water digital media series 21. Rome, Italy.

Feizizadeh, B., and Blaschke, T. 2013. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. Journal of Environmental Planning and Management. 56(1): 1-23.

Fischer, G., Shah, M., Van Velthuizen, H.2001. Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st Century. IIASA and FAO Publication, International Institute for Applied Systems Analaysis, Schlossplatz 1, Laxenburg, Austria, 1–44.

Frich, P, Alexander, LV, Della-Marta, P, Gleason, B, Haylock, M, Klein Tank, AMG, Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century. Climate Res, 19: 193–212.

Ghadimi, S.A., Fami, H.S., Asadi, A., 2015. Organic Potato Farming Adoption in Iran. Sustainable Agriculture Reviews. Springer, pp. 353-370.

Ghaffari, A. 2000. Application of GIS and crop simulation modeling to assess crop suitability and production potential under current and climate change scenarios in the Stour Catchment, Kent, UK. Ph.D. Thesis, Wyle College. University of London. 225 p.

Godfrey, B. R. 1999. Delineation of agroclimate zones in Idaho. MSc. Thesis. University of Idaho. 223 p.

Gopala Krishna, G.V.T., and Regil, R. 2014. Agricultural land suitability analysis of a river basin area using Remote Sensing and GIS. International Journal of Geospatial Engineering and Technology. 1(1): 37-42.

Halder, J.C. 2013. Land suitability assessment for crop cultivation by using remote sensing and GIS. Journal of geography and Geology. 5(3): 65-74.

Harou, J. J., Pulido-Velazquez, M. Rosenberg, D, E., Medellin-Azuara. J., Lund, J.R. Howitt, R.E. 2009. Hydro-economic models: Concepts, design, applications and future prospects. Journal of hydrology, 375: 627-643.

Harou, J., Pinte, D., Hansen, K., Rosenberg, D., Tilmant, A., Medellin-Azuara, J., Pulido-Velazquez, M., Rheinheimer, D., Matrosov, E., Reynaud, A., Kock, B., and Vicuna, S., (2009). HydroPlatform.org – an open-source generic software interface and web repository for water management models. In: International Symposium on Environmental Software Systems, ISESS 2009, and Venice, Italy.

Hassanzadeh, E., M. Zarghami, Y. Hassanzadeh. 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. Water Resource Management; 26: 129-145.

He, L., Tyner, W.E., Doukkali, R., Siam, G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt. Water International, 31, 320–337.

Hildén, M., Jokinen, P., & Aakkula, J. (2012). The sustainability of agriculture in a northern industrialized country—From controlling nature to rural development. Sustainability, 4(12), 3387-3403.

Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain. 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resources Management; 21: 35–48.

Hoekstra, A.Y., P.Q. Hung. 2005. Globalization of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change; 15:45-56.

Howitt, R.E., (1995). Positive mathematical-programming. American Journal of Agricultural Economics 77 (2), 329–342.

Iglesias, A., Rosenzweig, C., and Pereira, D. 2000. Agricultural impacts of climate change in Spain: Developing tools for a spatial analysis, Global environmental change. 10: 69-80.

IPCC. 1995. Climate change, the science of climate change. In: Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K (eds). IPCC, Cambridge, UK.

IPCC. 1996. Climate change 1995: Impacts, adaptations, and mitigation of climate change: Scientific– technical analyses. In: Watson, R. T., Zinyowera, M. C., and Moss, R. H. (eds.). Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 880.

IPCC. 1998. The regional impacts of climate change: An assessment of vulnerability. In: Watson, R. T., Zinyowera, M. C., and Moss, R. H. (eds.). Special Report of IPCC Working Group II, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 517.

IPCC. 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. In: McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J. and White, K. S. (eds.). Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 1032.

Jafari, S., and Zaredar, N. 2010. Land suitability analysis using multi attributedecision making approach. International journal of environmental science and development. 1(5): 441-445.

Jones, PD, Briffa, KR. 1995. Growing season temperatures over the former Soviet Union. Int. J. Climatol, 15: 943–959.

Kalogirou, S. 2002. Expert system and GIS: an application of land suitability evaluation. Computers environment and urban system. 26: 89-112. Avalable online: www. Elsevier.com.

Kamkar, B., Dorri, M.A., and Teixeira da Silva, J.A. 2014. Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.) –soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 17: 95–104.

Kandari, A., Baja, S., and Ala, A. 2013. Agroecological zoning and land suitability assessment for maize (*Zea mays* L.) development in Button regency, Indonesia. Agriculture, Forestry and Fisheries. 2(6): 202-211.

Karlen, D. L., Berry, E. C., Colvin, T. S. and Kanwar, R. S. 1991. Twelve-year tillage and crop rotation effects on yields and soil. Chemical properties in northeast Iowa. Commun. Soil Sci, Plant Annal, 22:1985-2003.

Kubelaborbir, H., and Yarangga, K. 2010. Zona Agroekologi Kabupaten Keerom Provinsi Papua Berdasarkan Pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Agrikultura. 21(1): 77-84.

Kumar, A., Pandey, V., Shekh, A. M. and Kumar, M. 2008. Growth and Yield Response of Soybean (*Glycine max* L.) In Relation to Temperature, Photoperiod and Sunshine Duration at Anand, Gujarat, India. American-Eurasian Journal of Agronomy, 1(2):45-50.

Kushwaha, S.P.S., Mukhopadhyay, S., Prasad, V.H., and Kumar, S. 2010. Sustainable development planning in Pathri Rao sub-watershed using geospatial techniques. Current science. 98(11): 1479-1486.

Lahu, K.D., Dhanaji, K.N., 2010. Crop Concentration in Sindhudurg District: A Geographical Analysis. Geoscience Research 1, 28-33.

Landau, S., Mitchell, R. A. C., Barnett, V., Colls, J. J., Craigon, J., Payne, R. W. 2000. A Parsimonious, Multiple- regression model of Wheat yield response to environment. Agric for Meteorol.101: 151-166.

Lefkoff, l. j. and goreclick. 1990. Benefits of an irrigation water rental market in a saline stream-aquifer system. Water resources research. 26(7): 1371-1381.

Liu, X, Yin, Z, Shao, X and Qin, N. 2006. Temporal trends and variability of daily maximum and minimum, extreme temperature events, and growing season length over the eastern and central Tibetan Plateau during 1961–2003. J Geophys Res, 111: D19109.doi:10.1029/2005JD006915.

Liu, B, Henderson, M and Yandong, Z. 2009. Spatiotemporal change in China's climatic growing season: 1955–2000, Climatic change, DOI 10.1007/s10584-009-9662-7.

Maddahi, Z., Jalalian, A., Zarkesh, M.M.K., and Honarjo, N. 2014. Land suitability analysis for rice cultivation using multi criteria evaluation approach and GIS. European Journal of Experimental Biology. 4(3): 639-648.

Maji, A.K., Krishna, N.D. and Challa, R. 1993.Geography information system in analysis and interpretation of soil resources data for land use planning, Journal of the Indian soil sci. 46(2):260-263.

Maneta, M. P., Torres, M.O., Wallender, W.W. Vosti, S., Howitt, R., Rodrigues, I., Bassoi, I. H., Panday. S. 2009. A specially distributed hydro-economic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agriculture employment, Water resource research.

Maniyunda, L.M., and Gwari, M.G. 2014. Soil suitability assessment of Haplustalfs for maize and groundnut in sub-humid environment of Nigeria. International Journal of Development and Sustainability. 3(2): 393-403.

Marenco, R. A. and Santos, M. B. 1999. Crop rotation reduced weed competition and increased chlorophyll concentration and yield of rice. Pesq Agropec Bras, Brasilia, 34:1881-1887.

Martínez-Casasnovas, J.A., Martín-Montero, A., Casterad, M.A., 2005. Mapping multi-year cropping patterns in small irrigation districts from time-series analysis of Landsat TM images. European Journal of Agronomy 23, 159-169.

Mavi, H. S. and Mahi, G. S. 1998. Agroclimatic Regions of Punjab bassed on summer season moisture stress, proceedings of the symposium on land and water management in the Lndus basin (India), volii, PAU, Ludiana: 27-38.

McKinney. D. C., Cai, M., Rosegrant, M.W., Ringler, C., Scott. 1999. Modeling water resources management at the basin level: review and future directions. SWIM paper 6. Colombo, Sri Lanka: international water management institute.

Medellín-Azuara, J., Howitt, R.E., MacEwan, D.J. 2011. Lund Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. Clim. Chang., 109 (Suppl. 1): pp. S387-S405

Midmore, D.J. and D. D. poudel. 1996. Asian vegetable production systems for the future. Agricultural Systems. 50, 51-69.

Mohammadzadeh, A., A. Mahdavi Damghani, J. Vafabakhsh, R. Deihimfard. 2017. Assessing energy efficiencies, economy, and global warming potential (GWP) effects of major crop production systems in Iran: a case study in East Azerbaijan province. Environmental Science Pollution Research; 24 (20): 16971-16984.

Mohammadzadeh, A., A. Mahdavi Damghani, J. Vafabakhsh, R. Deihimfard. 2018. Environmental and economic analysis of saffron and canola production systems in East Azerbaijan Province of Iran. International Journal of Plant Production. https://doi.org/10.1007/s42106-018-0008-0.

Mosleh, Z., Salehi, M. H., Fasakhodi, A. A., Jafari, A., Mehnatkesh, A., and Borujeni, I. E. (2017). Sustainable allocation of agricultural lands and water resources using suitability analysis and mathematical multi-objective programming. Geoderma 303, 52-59.

Mujumdar, P.P. Vedula, S. 1992. Performance evaluation of an irrigation system under some optimal operation policies. Hydrological Sciences Journal, 37(1): 13-26.

Mustafa, A.A., Singh, M., Sahoo, R.N., Ahmed, N., Khanna, M., Sarangi, A., and Mishra, A.K. 2011. Land suitability analysis for different crops: a multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. Researcher 3(12): 61-84.

Muthuwatta, L., and Y. Chemin. 2003. Vegetation growth zonation of Sirlanka for improved water resources planning. Agricultural Water Management. 58,123-143.

Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G. A., Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change on rainfed Wheat production in Iran. Archives of agronomy and soil science. 52:1, 113-124.

Nazeri-Tahroudi, M., F. Ahmadi, K. Khalili. 2018. Impact of 30 years changing of river flow on Urmia Lake basin. AUT Journal of Civil Engineering; 2: 115-122.

Neamatollahi, E., Bannayan, M., Jahansuz, M.R., Struik, P., and Farid, A. 2012. Agro-ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.15 (1): 99-112.

Nilsson, E. and Svensson, A.2005. Agro-ecological assessment of phonxay district, Louang Phrabang Province, Lao PDR, Physical Geography and ecosystems analysis Lund university.130.

Noel, J. E. and Howitt, R. E. 1982. Conjunctive multibasin management: An optimal control approach. Water resources research. 18(4): 753-763.

Norwood, C. 2000. A dry land winter Wheat as affected by previous crop. Agronomy Journal. 92:1, 108-115.

Nurmiaty, and Baja, S. 2013. Using fuzzy set approaches in a raster GIS for land suitability assessment at a regional scale: case study in Maros Region, Indonesia. Modern Applied Science. 8(3): 115-125 .

Olson, K.R., S.A. Ebelhar, J.M. Lang. 2013. Effects of 24 years of conservation tillage systems on soil organic carbon and soil productivity. Applied and Environmental Soil Science, 1-10.

Ozcan, H. 2006. GIS Based Land Evaluation of The High Land in East Mediterranean Region, Turkey. J. Agric. Fac. HR. U, 10(1/2):17-27.

Papadakis, J. 1966. Climates of the world and their agricultural potentialities. Published by the author, Buenos-Aires.

Perry, C.J., 2001. Charging for irrigation water: The issues and options, with a case study from Iran. International Water Management Institute, Research Report No. 52. 34.

Pourkhabbaz, H.R., Javanmardi, S., and Faraji Sabokbar, H.A. 2014. Suitability analysis for determining potential agricultural land use by the multi-criteria decision making models

SAW and VIKOR-AHP (Case study: Takestan-Qazvin plain). Journal of Agricultural Science and Technology.16 (5): 1005-1016.

Pourshahbazi Farrashbandi, J., Solhi, M., Solhi, S., and Zaree, A. 2013. Land suitability of potato cultivation using fuzzy logic in Esfahan province. International Journal of Agriculture. 3(4): 814-821.

Power, J. F. and Follett, R. F. 1987. Monoculture. Scientific American, 256: 57-64.

Preston, R.L., 2015. 2015 Feed Composition Tables | Know the nutritional value of your feed. Beef Magazine.

Rabia, A.H., Figueredo, H., Huong, T.L., Lopez, B.A.A., Solomon, H.W., and Alessandro, V. 2013. Land suitability analysis for policy making assistance: A GIS based land suitability comparison between surface and drip irrigation systems. International Journal of Environmental Science and Development. 4(1): 1-6.

Rabia, R.A., and Harb, A. 2012. A GIS based land suitability assessment for agricultural planning in Kilte Awulaelo district, Ethiopia. The 4th International Congress of ECSSS, EUROSOIL 2012 Bari, Italy: 1257pp.

Rahman, R. and Saha, S. K. 2008. Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area. J. Spatial Sci. 53:161-177.

Rasouli, A. A. Rezaei banafsheh, M. Msah Bovany, AR. Khorshiddoust, A. M. and Qermzcheshmeh, B. 2014. Investigation Impact of Morpho-Climatic Parameters on Aaccuracy of LARS-WG Model, Journal of Science and Watershed Engineering. 8(24): 9-18. (In Persian).

Razzaghi, E. 1997. Introduction to Iranian Economy. Tehran, Ney Publication (in Persian).

Rehman, A. 2007. Zero tillage technology for rice and wheat crops. Quoted from www.archives.dawn.com.

Rehman, A. 2007. Zero tillage technology for rice and wheat crops. Quoted from www.archives.dawn.com.

Robeson, SM. 2002. Increasing growing season length in Illinois during the 20th century. Climatic Change, 52: 219-238.

Rota, J.A., Wandahwa, P., and Sigunga, D.O. 2006. Land evaluation for soybean (*Glycine max* L. Merrill) production based on kriging soil and climate parameters for the Kakamega district, Kenya. Journal of Agronomy. 5: 142-150.

Sadeghi, R., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Khalili, D. and Zand-Parsa, Sh. 2002. Regional Classification for Dryland Agriculture in Southern in Southern Iran. 50(2):333-341.

Saha, S.K., Pande, L.M. 1996. Agro-ecological zoning using satellite remote sensing and GIS based on integrated approach - a case study of Doon Valley, India. Proc. INDO-US symposium- workshop on remote sensing and its applications, IIT, Bumbai.

Salahi, B. 2013. Assessment of Climate Change in Urmia Lake Using MAGICC SCENGEN, thirty-second meeting of the First International Congress on Earth Science. 7 P. (In Persian).

Sarker, R.A., Talukdar, S., Haque, A.A., 1997. Determination of optimum crop mix for crop cultivation in Bangladesh. Applied Mathematical Modelling 21, 6: 621-632.

Sayta, P. 1999. GIS- based spatial crop yield modeling. www.GIS development.Net.

Sepaskhah A., A. Tavakoli, S. Mousavi. 2006. Principles and Applications of Low Irrigation. Publication of Iran's National Irrigation and Drainage Committee.

Serageldin. I. 1995. Water Resources Management: A New Policy for a Sustainable Future. International Journal of Water Resources Development 11(3):221-232.

Shen, SSP, Yin, H, Cannon, K, Howard, A and Chetner, S. 2005. Temporal and Spatial Changes of the Agroclimate in Alberta, Canada, from 1901 to 2002. Journal of applied meteorology, 44: 1090-1105.

Sicat, R. S., Carranza, E. M., Nidumola, U. B. 2005. Fuzzy modeling of farmers knowledge for land suitability classification. Agriculture systems. 83: 49-75. Available online: www. Elsevier. Com.

Singh, D., Jaiswal, C., Reddy, K., Singh, R., Bhandarkar, D. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management 50, 1-8.

Siosemarde, M., and Sakine, A. 2014. Prediction of rainfed wheat yield using meteorological parameters in Khoy County at West Azarbaijan province. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 4(1): 47-50.

Skaggs, RH, Baker, DG. 1985. Fluctuations in the length of the growing season in Minnesota, Climatic Change, 7: 403–414.

Sujatha, P., Punithavathi, J., Tamilenthi, S., Baskaran, R., 2011. Land Use Pattern and Cropping Pattern of Orthanadu Block, Thanjavur District, Tamil Nadu using GIS. Journal of Experimental Sciences 2.

Suriadikusumah, A., and Herdiansyah, D.G. 2014. Study on Land Resources Based on Agro-Ecological Zones in Bandung District, West Java-Indonesia.International Journal of Applied Science and Technology. 4(4): 212-220.

Sys, C. 1991. Land evaluation. Part I to III, international training center for post Graduate soil scientists, Stare university of Ghent, Ghent, Belgium.

Tao, F, Yokozawa, M, Xu, Y, Hayashi, Y, Zhang, Z. 2006. Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981–2000. Agric for Meteorol, 138: 82–92.

Thi Dieu, N., and Van Canh, T. 2014. An integration of GIS and AHP techniques for land use suitability analysis in Hoa Vang district, Danang city, The Vietnam. Japan-Vietnam Geoinformatics Consortium. Danang, Vietnam, 6-9 December.

Tienwong, K., Dasananda, S., and Navanugraha, C. 2009. Integration of land evaluation and the analytical hierarchical process method for energy crops in Kanchanaburi, Thailand. ScienceAsia. 35: 170-177.

Todoroic, M., Steduto, P., Caliandro Angelo, C., Rusco Ezio, Q. 1993. Development at a GIS database for agro- ecological characterization, Apulia Region Southern Italy. http://gis. Esri. Com/ library/ userconf/ Karoproc 98/Id htm1.

Unal, Y., Kindap. T., Karacab, M. 2003. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis, Int. J. Climatol. 23: 1045-1055.

Vaheddoost, B., H. Aksoy. 2018. Interaction of groundwater with Lake Urmia in Iran. Hydrological Processes; 32:3283–3295.

Valizadeh, J. Ziaei, S.M. and Mazloumzadeh, S.M. 2014. Assessing climate change impacts on wheat production (a case study), Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 13: 107-115.

Van Ittersum, M.K., Rabbinge, R., 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input–output combinations. Field crops Res. 52: 197–208.

Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., H.S. Swartz, T.E. 2011. Downing Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: a hydro-economic modeling framework. Glob. Environ. Chang. 21: 604-619

Vaux, H. J. & Howitt, R. (1984). Managing water scarcity: an evaluation of interregional transfers. Water Resources Research.20 (7): 785–792.

Vaux, H.J., and Howitt, R.E. (1984). Managing Water Scarcity: An Evaluation of Interregional Transfers, Water Resources Research, 20:785-792.

Vedula, S., and Mujumdar, P.P. 1992. Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops. Water resources research, 28(1): 1-9.

Veron, S.R. 2004. International variability of Wheat yield in the navigating pampas during the 20th Century. Agricultural ecosystem and environment. 103: 94-112.

Vilis, K. 2014. Theories and development experiences. (H., Imani Jajarmi & P., Pourrajab, Trans.). Tehran: Pejvak. (In Persian)

Visher, S. 1955. Comperative agriculture potential of the world regions, ecom. Geography. 31: 12-86.

Walker, R.T., and A. Homma. 1996. Land use cover dynamic in the Brazilian Amazon: an a review. Ecological Economice. 18, 67-80.

Wood, S.R., and P.G. Pardy. 1998 Agroecological dimensions of evaluating and prioritizing research from a regional perspective: Latin America and the Caribbean 14-78.

World Bank. 2012. MENA development report: Adapting to a changing climate in the Arab countries (a case for adaptation governance and leadership in building climate resilience. Washington, D.C.

World Bank. 2016. High and dry: Climate change, water and the economy. International Bank for Reconstruction and Development.

World Economic Forum. 2019. Tourism and Job Creation; Advancing the 2030 Development Agenda. Report available online at: https://reports.weforum.org/travel-and-tourism-competitiveness-report-2017/tourism-and-job-creation-advancing-the-2030-development-agenda/

Worthington, C.M. and C.M. Hutchinson. 2005. Accumulated growing degree days as a model to determine key developmental stages and evaluate yield and quality of potato in Northeast Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118: 98-101.

Wright, D. L., Ramsey, J. D., Baker, R., Philip Rasmussen, D. V. 2003. A comparison of two Geospatial technologies in Non- Uniform Wheat Field. Yield monitors and remote sensing. Annual conference, Anchorage, Alaska, Proceedings.

Wulandari, W.S., Darusman, D., and Cecep Kusmana, W. 2014. Land suitability analysis of biodiesel crop kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) in the province of West Java, Indonesia. Journal of Environment and Earth Science. 4(21): 27-37.

Yatez, F. 1954. The analysis of experments containing different crop. Biometrics, 10:324-326.

You, L, Rosegrant, M.W, Stanley, W and Dongheng, S. 2009. Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 1009–1014.

Zabihi, H., Ahmad, A., and Said, M.N. 2014. Zoning of the agro-ecological potential in Ramsar basin with geographical databases. Middle-East Journal of Scientific Research, 21(10): 1751-1756.

Zarghami, M. Abdi, A. Babaeian, I. Hassanzadeh, Y. and Kanani, R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran, Global and Planetary Change. 78: 137-146.

Zhou, D., Khan, S., Abbas, A., Rana, T., Zhang, H., Chen, Y. 2009. Climatic regionalization mapping of the Murrumbidgee irrigation area, Australia, Progress in Natural Science, 19 (12): 1773-1779.

Zhou, H., Jingai W., Jinhong W., and Huicong J. 2018. Resilience to natural hazards: A geographic perspective. Nat Hazards, DOI 5145111/s55128- 118- 8211.

Agroecological Zoning of Urmia Lake Watershed (Phase I)

Abstract

It is now well known that the solution to the problem of Urmia Lake, which has numerous and complex economic, social, cultural, agricultural and political dimensions, cannot be achieved by using reductionist approaches. Accordingly, the present project aims to study the agroecological of this watershed with two priorities: 1) Adequate production (achieving food security as the most important mission of agriculture), and 2) maintaining the sustainability of resources, especially water. The results of studies of climate fluctuations and their effects on agricultural watershed showed that the effects of climate fluctuations can be minimized by changing the cultivars and crop management (planting date, using resistant cultivars and replacing new crops). The results of economic studies showed that in terms of higher policy goals, namely economic profitability, economic productivity of water and agricultural employment among the various crops of onion and fodder corn has the highest priority and in contrast to the lowest collective rank is about barley, wheat and corn. According to the summary of the results of economic studies, in the scenarios of reduced water supply in the agricultural sector, the greatest reduction in the level is due to crops such as cereals, forage plants, corn and sugar beet. For agroecological zoning, optimization of cultivation pattern and land suitability of crops and orchards in Urmia Lake watershed area, cultivation level information and yield of common crops during the last 30 years were evaluated and the amount of change in crop composition was calculated. In order to evaluate the suitability of lands for the production of each of the agricultural and horticultural products, different soil, climatic and plant indices were calculated and based on that, very suitable, suitable, relatively suitable and unsuitable areas for the production of products were identified. The weighted ideal programming method was used to optimize the cultivation pattern; The objectives of cultivation pattern optimization in this study included minimizing water consumption (maximum 40%), maximizing net profit and maximizing water economic efficiency. Accordingly, and for 29 crops and horticultural crops (wheat, barley, canola, alfalfa, beans, carrots, peas, cucumbers, garlic, fodder corn, onions, potatoes, sugar beets, sunflowers, tomatoes, watermelons, saffron, almonds, Apples, apricots, grapes, nectarines, peaches, pears, pistachios, plums, sour cherries, cherries and walnuts) area under cultivation, water consumption, net profit, water productivity and employment were calculated in 9 scenarios. The results showed that if the cultivation pattern of the region with the aim of maximizing the net income of farmers and economic productivity of water and minimizing water consumption, is optimized so that the total cultivation area remains unchanged, then

the cultivation area with high net income and Low water demand, including barley, cucumber, sorghum, rapeseed, watermelon, carrot, cherry, pistachio, saffron and chickpea increased, the level of grape, apricot, apple, tomato, fodder corn and wheat decreased and other crops were removed from the pattern. The results of agroecological zoning of the Urmia Lake watershed area under the scenario of a 40% reduction in water consumption in the agricultural sector of this basin are shown in the table. These results indicate that by considering the criteria of a) reduction of water consumption by 40%, b) maximization of net profit, c) maximization of water economic efficiency, and d) maximization of employment, if we have to reduce, water consumption of the agricultural sector in the lake watershed area Urmia 40%, this will be accompanied by agroecological zoning and a cultivation pattern based on agroecological principles that will require a 33% reduction in net profit, a 12% reduction in water economic productivity and a 37% reduction in agricultural employment. Studies and analyzes of sustainable agroecological options in this contract to compensate for this decrease in net profit and employment in the watershed area of Lake Urmia show that going toward the options proposed in this report can prevent the reduction of net profit and employment in this region. Based on what is stated in this report and the assumptions made about the proposed options, by developing the cultivation and exploitation of medicinal plants and their value chain, by enlargement greenhouse systems in the region and by launching and expansion of multifunctional agricultural options, which here we can name agrotourism specifically, the decrease in net profit and employment can be fully compensated.

Islamic Republic of Iran

Planning and Resource Mobilization Unit
Urmia Lake Restoration program

Agroecological Zoning of Urmia Lake Watershed (Phase I)

October 2020

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)

گزارش نهایی

مجری: دانشگاه شهید بهشتی (پژوهشکده علوم محیطی)

تهیه‌کننده: عبدالمجید مهدوی دامغانی

خرداد ۱۳۹۹

داوری دور اول

نظرات داور اول و پاسخ مجری به آن

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

	عنوان قرارداد: پهنه بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه	
	عنوان گزارش: پهنه بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)	
	کارفرما: ستاد احیا دریاچه ارومیه	**مجری: دانشگاه شهید بهشتی**
	تاریخ تهیه گزارش: فروردین ۱۳۹۹	**تاریخ ارسال نظرات:**
	ناظر/داور:	**درصد پیشرفت:**

ردیف	صفحه/ بخش	ارائه نظر فنی
۱	فصل اول	پیشنهاد شده بود به جای مدل اقلیمی MPI-ESM-MR از روش‌های پیشنهاد شده IPCC جهت کاهش عدم قطعیت این مدل‌ها مانند روش اجرای گروهی مدل ها (Ensemble Performance) استفاده شود که متاسفانه اعمال نشده است. همان‌طور که در جلسه نیز اشاره شد، مدل‌های IPCC شامل ۳۳ مدل اقلیمی است که یکی از آنها، همین مدل MPI-ESM-MR می‌باشد. برای کاهش عدم قطعیت، ضروری است که از چند مدل اقلیمی استفاده شود که با توجه به حجم و زمان مورد نیاز آن، از شرح خدمات این قرارداد خارج است. لازم به ذکر است این توضیح در جلسهٔ ... مورد پذیرش دکتر وظیفه‌دوست و دکتر مساح قرار گرفت
۲	فصل اول	تأثیر سیاست کاهش حجم منابع آب تخصیص داده شده به بخش کشاورزی طی سه سناریوی کاهش مصرف آب چرا صرفاً در میاندوآب مورد بررسی قرار گرفته است؟ بر اساس قرارداد و شرح خدمات مقرر شد که اطلاعات و داده‌ها از سوی ستاد احیا در اختیار مجری قرار بگیرد. برای این بخش صرفا اطلاعات میاندواب که توسط مهندسین مشاور یکم انجام شده بود در اختیار مجری قرار گرفت که شاخص‌ها نیز برای این منطقه بررسی و تحلیل شده است.
۳	فصل اول	مناطق پهنه‌بندی شده برای کشت گیاهان دارویی گل محمدی، کدوی تخم کاغذی، مرزه، ترخون، آویشن و بابونه مشخص نشده است. پیش‌تر هم توضیح داده شد با توجه به این که ضرایب گیاهی و معادلات رشدی برای این گیاهان اساساً وجود ندارد، پهنه‌بندی تفصیلی آنها مقدور نیست. پهنه‌بندی تفصیلی این گیاهان نیازمند استخراج ضرایب

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

		فوق‌الذکر برای این گیاهان و انجام آنالیزهای رشدی آنها در قالب کلاسیک آنالیزهای گیاهان زراعی است و در مرحله بعد می‌توان پهنه‌بندی کمّی دقیقی از آنها ارائه کرد.
۴	فصل اول	در فصل اول (بند ۱-۱: مشخص نمودن مهمترین شاخص های گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک که بتوانند به طرزی جامع نگر وضعیت تغییرات هر یک از این بخش ها را تبیین کنند) صرفاً به معرفی شاخص ها پرداخته است و هیچ کدام از این شاخص ها باتوجه به پارامترهای اقلیمی برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه محاسبه نشده است. همان‌طور که پیش‌تر نیز در جلسات ارائه و در گزارش‌های قبلی و توضیحات مجری اشاره شد، هدف از ۲ فصل نخست این قرارداد، بر اساس مذاکرات متعدد میان کارفرمای محترم و مجری، ارائهٔ یک بستهٔ جامع از مبانی، تعاریف و اصول اگرواکولوژی بوده است. این مطالب در واقع با هدف تبیین مفاهیم و شاخص‌ها ارائه شده است.
۵	فصل اول	در فصل اول (بند ۱-۳: انتخاب کاراترین شاخص های اقلیمی-کشاورزی) بهترین شاخص های اقلیمی-کشاورزی برای حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشخص نشده است و بیشتر مباحث بر اساس کل کشور بحث شده است درحالی که مبنای مطالعات حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد. داور محترم به توضیح بند پیشین (بند ۵) مراجعه فرمایند.
۶	فصل اول	در فصل اول (بند ۱-۴: تعیین محدوده شاخص های اقلیمی و وزن دهی به آنها با در نظر گرفتن فنوفازهای مختلف گیاه زراعی با تکیه بر روش های پیشرفته آماری و مدل سازی) در این بند نیز صرفاً اقدام به ارائه مباحث پایه و بررسی سابقه تحقیق اکتفا شده است و هیچ گونه نتایجی از کار تحقیقی که پاسخگوی این بند شرح خدمات باشد ارائه نشده است. داور محترم به توضیح دو بند پیشین (بند ۵ و ۶) مراجعه فرمایند.
۷	فصل اول	در فصل اول (بند ۱-۵: تعیین توابع ارزیابی شاخص های ارائه شده بر مبنای تلفیق شاخص های اقلیمی، گیاهی، خاکی و هیدرولوژیک) در این بخش نیز صرفاً سابقه تحقیق کارهای انجام شده در گذشته ارائه شده است و شاخص های مورد نظر برای پهنه بندی و لایه های آن جهت انجام پهنه بندی ارائه نشده است. داور محترم به توضیح بند ۵ مراجعه فرمایند.
۸	فصل اول	در فصل اول (بند ۱-۶: بررسی تناسب اقلیمی (آب و هوایی) به منظور پیش بینی سال های با احتمال دستیابی به عملکرد پتانسیل و سال های همراه با ریسک اقلیمی در تولیدات کشاورزی) صرفاً سابقه

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

		تحقیق در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است توسط مجری محترم چه کار خاصی در راستای رسیدن به اهداف این بند انجام شده است؟ داور محترم به توضیح بند ۵ مراجعه فرمایند.
۹	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۴: بررسی پتانسیل های کشاورزی اکولوژیک در منطقه با توجه به محدودیت منابع تولید(آب، اراضی، و)...و شناسایی خلأ بهره وری موجود در مقایسه با بهره وری واقعی در منطقه) از گزارش "پیش‌بینی امکان توسعهٔ کشاورزی تا افق ۱۴۲۰ زیرحوضهٔ ارومیه (به‌هنگام سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس، سفیدرود بزرگ، بین سفیدرود و هراز، هراز -قرهسو، گرگانرود - قرهسو، اترک، ارومیه)" مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده شده است که قدیمی می‌باشد. آیا گزارش جدیدتری در دسترس نبود؟
۱۰	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۵: بررسی وضعیت کشاورزی حوضه در شرایط فعلی و میزان انطباق آن با شاخص‌های اگرولولوژیک) مباحث ارائه شده در این بند صرفاً محدوده مطالعاتی میاندواب را در بر گرفته است و سایر مناطق حوضه آبریز دریاچه ارومیه نادیده گرفته شده است. بر اساس قرارداد و شرح خدمات مقرر شد که اطلاعات و داده‌ها از سوی ستاد احیا در اختیار مجری قرار بگیرد. برای این بخش صرفا اطلاعات میاندواب که توسط مهندسین مشاور یکم انجام شده بود در اختیار مجری قرار گرفت که شاخص‌ها نیز برای این منطقه بررسی و تحلیل شده است.
۱۱	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۶: آسیب شناسی (چالش ها، نقاط قوت و ضعف) سیستم فعلی کشاورزی حوضه از دیدگاه اصول و شاخص‌های اگرواکولوژیک) بسیار کلی و جامع است و سطح حوضه به‌صورت مشخص مورد بررسی قرار نگرفته است. نظر داور محترم صحیح است. به هر روی، هدف از این بخش هم یک تحلیل کلی و جامع از آسیب‌ها، قوت‌ها و چالش‌های نظام کشاورزی موجود حوضه بوده است.
۱۲	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۸: اولویت بندی محصولات مختلف حوضه از دیدگاه بهره‌وری منابع آب و خاک) بهتر است به جای ارائه نتایج تحقیقات علیقلی نیا و همکاران (۱۳۹۶) در گزارش، مجری محترم اقدام به انجام کار بر طبق داده‌های جدید نموده و پهنه‌بندی حوضه مطابق با زیرحوضه‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه باشد.

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

		ضمن احترام به نظر داور محترم، در این بخش ضمن ارائه نتایج تحقیقات و دستاوردهای علیقلی‌نیا و همکاران، یک جمع‌بندی نهایی در بخش پایانی نیز توسط مجری در قالب یک تحلیل کلی صورت گرفته است.
۱۳	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۹: بررسی روش‌های عملیاتی برای ارتقای بهره وری منابع آب و خاک کشاورزی با توجه به کاهش ۴۰ درصدی آب در دسترس، شامل روش‌های بهبود باروری زمین نظیر خاک ورزی حفاظتی، کشت بقولات در تناوب و اصلاح کننده‌های خاک به منظور کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در منطقه) صرفاً اقدام به ارائه مطالب و مباحث پایه شده است و هیچ‌گونه نتیجه کاربردی و منطبق با شرایط حوضه آبریز دریاچه ارومیه انجام نشده است که بتوان به‌صورت کاربردی از آن استفاده نمود. همان‌طور که پیش‌تر نیز در جلسات ارائه و در گزارش‌های قبلی و توضیحات مجری اشاره شد، هدف از ۲ فصل نخست این قرارداد، بر اساس مذاکرات متعدد میان کارفرمای محترم و مجری، ارائهٔ یک بستهٔ جامع از مبانی، تعاریف و اصول اگرواکولوژی بوده است. این مطالب در واقع با هدف تبیین مفاهیم و شاخص‌ها ارائه شده است.
۱۴	فصل دوم	در فصل دوم (بند ۲-۱۰: بررسی و ارائه برنامه عملیاتی با رویکرد کشاورزی اکولوژیک برای ارتقای بهره وری و تناسب اراضی) صرفاً مفاهیم پایه کشاورزی اکولوژیک ارائه شده است و هیچ‌گونه برنامه مشخصی جهت بهبود وضعیت کشاورزی حوضه با توجه به رویکرد کشاورزی اکولوژیک به چشم نمی‌خورد. نظر داور محترم صحیح است. برنامه‌ها و راهبردهای مشخص مجری در فصل هشتم (نتیجه‌گیری و جمع‌بندی دستاوردها، از صفحه ۱۰۲۸ الی ۱۱۱۰) ارائه و تلفیق شده است.
۱۵	فصل پنجم	در فصل پنجم (بررسی شرایط اجتماعی و اقتصادی و سیاستگذاری در حوزه کشاورزی و آب و تعیین شرایط بهینه) فقط به محدوده مطالعاتی میاندوآب اکتفا شده است! داور محترم به توضیحات بند ۱۰ مراجعه فرمایند
۱۶	فصل ششم	در فصل ششم (ارائه الگوی کشت متناسب با کاهش چهل درصدی مصرف اب کشاورزی) کیفیت نقشه‌های پتانسیل یابی بسیار پائین است بهتر مورد بازنگری قرار گیرد. همان‌طور که پیش‌تر هم اشاره شد فایل‌های رستری و shp. کار در اختیار وزارت محترم جهاد کشاورزی است که به دلیل مالکیت معنوی بر این فایل‌ها در اختیار مجری قرار نگرفته است.

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

		مجری ضمن تشکر از حمایت بی‌دریغ وزارت جهاد کشاورزی، به ویژه معاونت امور زراعت و دفتر الگوی ملی کشت که با عنایت کامل و بدون هیچ گونه چشمداشت مادی و صرفاً برای انجام رسالت ملی و علمی خود به یاری مجری در اجرای طرح آمد، اعلام می‌کند همان طور که کارفرمای محترم نیز واقف است هزینه یک نقشه از این فایل‌ها از کل هزینه این طرح با این شرح خدمات گسترده بیشتر است. به علاوه، طبق مذاکرات متعدد مجری با کارفرمای محترم، یک توافق دوجانبه صورت گرفت که بر اساس آن کارفرمای محترم مستقیماً این فایل‌ها را از وزارت جهاد کشاورزی مطالبه نماید.

ارائه نظر جمع بندی با توجه به شرح خدمات
بررسی گزارش نهایی نشان داد که جمع‌بندی خوبی ارائه شده است و بصورت خلاصه و کاربردی از سایر فصول می باشد.. عموماً مطالب تکراری و سوابق تحقیق اضافی و غیر کاربردی حذف شده است. لازم است در فصل ابتدای گزارش نقشه‌ای از موقعیت منطقه و کاربری اراضی ارائه شود. همچنین بیشتر بندهای شرح خدمات (بجز موراد اشاره شده در فوق)، صورت جلسه (بجز بندهای ۱۴، ۱۵ و ۲۳) و نظرات داوری مرحله قبل (بجز موراد اشاره شده در فوق) در گزارش نهایی مدنظر قرار گرفته است. از حسن نظر داور محترم سپاسگزاری می‌شود. در مورد بندهای ۱۴، ۱۵ و ۲۳ در بندهای قبلی توضیح داده شد.

نظرات داور دوم و پاسخ مجری آن

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیای دریاچه ارومیه

عنوان قرارداد: پهنه‌بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه	
عنوان گزارش: پهنه‌بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)	
کارفرما: ستاد احیا دریاچه ارومیه	**مجری: دانشگاه شهید بهشتی**
تاریخ تهیه گزارش: اسفند ۹۸	**تاریخ ارسال نظرات: ۱۳۹۹/۰۲/۱**
ناظر/داور:	**درصد پیشرفت:**

ردیف	صفحه	ارائه نظر فنی
۱	۲۳	جدول ذکر شده در این صفحه نه عنوان دارد نه شماره و نیاز به بازنویسی دارد. نظر داور محترم صحیح است؛ اصلاح شد
۲	۲۴	جدول ذکر شده در این صفحه نه عنوان دارد نه شماره و نیاز به بازنویسی دارد. نظر داور محترم صحیح است؛ اصلاح شد
۳	۲۸	اشاره شده که از مطالعات گذشته ستاد احیا استفاده شده و برخی پژوهشها در صورت نیاز انجام شده اما مشخص نیست کدام بخش ها در این قسمت نیاز بوده و انجام شده است؟ مورد خاصی در گزارش ملاحظه نشد. نظر داور محترم صحیح است؛ اصلاح شد و در همین بخش اشاره شد که از کدام مطالعات پیشین ستاد استفاده شده است
۴	۳۲ تا ۴۱	تمام فرمول ها نیاز به منبع دارند. منبع فرمول‌ها در متن اشاره شد.
۵	۸۲	بیان شده که کمتر از ۳۰ سال است که GIS در دسترس محققان علوم زمین قرار گرفته است اما در خطوط بالاتر گفته شده بود ۴۰ سال و این بخاطر رفرنس های قدیمی استفاده شده است در حالی که این روش حداقل ۵۰ سال است که رواج دارد. نظر داور محترم اعمال شد و اعداد در صفحات ۸۱ و ۸۲ تصحیح گردید.
۶	۹۷	منابع عمدتاً قدیمی اند و جمع بندی از مطالعات مشاهده نمی شود. آن چه در این بخش آمده ا ست اشاره به پیشینهٔ کاربرد این رهیافت در ایران است و به همین خاطر به منابع گذشته اشاره شده است تا مخاطبان از سابقهٔ پژوهشی موضوع در ایران آگاه شوند.
۷	۱۴۶	بیان شده که "پیگیری نگارندگان نشان میدهد مجموعه‌ای مانند IKEA که قریب به ۱۱٪ مبلمان چوبی جهان را تامین میکند، آمادهٔ خرید محصول چوب ما در این حجم و سطح است." یعنی آیا

		/حاضر است طی کشاورزی قراردادی وارد یک قرار داد پیش خرید شود؟ اگر خیر چالش همچنان برقرار خواهد بود. بله، همان‌طور که در متن به صراحت اشاره شده است (ص ۱۴۶)، پیگیری شخصی اینجانب (مهدوی دامغانی) نشان داد IKEA اشتیاق کامل برای عقد قرارداد طولانی مدت ۱۵ و ۳۰ ساله برای خرید محصول چوب ما، به شرط تامین کیفیت موردنظر آنها، که کاملاً از نظر فنی و اقلیمی برای ما سازگار و دست‌یافتنی است، دارد. این آمادگی، حتی با تولید چوب ارگانیک، به گونه‌ای است که می‌توان آن را با قیمت بالاتر و با منابع آب نامتعارف (پساب تصفیه‌شده که هم اکنون در حوضهٔ آبریز در اختیار است) تولید کرد.
۸	۱۴۶	بیان شده تولید چوب با پساب و در ادامه به زراعت چوب ارگانیک اشاره شده است اما آبیاری با پساب و کشت ارگانیک؟ توضیح لازم دارد. بر اساس استانداردهای آیفوم (مهم‌ترین مرجع استانداردهای ارگانیک جهان)، استانداردهای ارگانیک اتحادیهٔ اروپا (۲۰۹۲/۹۱) و سازمان بهداشت جهانی: امکان استفاده از پساب تصفیه‌شده که بار میکربی آن در حد مجاز باشد، برای تولید محصولات صنعتی (مانند روغن‌های گیاهی با مصرف صنعتی یا چوب) و محصولاتی که مستقیم توسط انسان مصرف خوراکی نمی‌شود مجاز است. بنابراین زراعت چوب ارگانیک با مصرف پساب تصفیه‌شده که استانداردهای سه‌گانهٔ بالا را رعایت کند، امکان‌پذیر است.
۹	۱۴۶	در خصوص تجارت کربن، آیا بازار برای آن دیده شده؟ بازار بالقوه برای تجارت کربن برای همهٔ کشورها وجود دارد. نکته‌ای که نباید فراموش شود این است که ایجاد، دسترسی، تسهیل ورود و حمایت از طرف ایرانی در تجارت جهانی کربن نیازمند قوانین بالادستی، ارادهٔ سیاسی و تصمیم‌سازی مجموعه‌ای از تصمیم‌گیران در کشور است. آنچه مجری مشخصاً می‌تواند به آن اشاره کند، همکاری مجری با صندوق ملی محیط زیست در طراحی و تدوین «برنامه ملی توسعهٔ بازار تجارت کربن برای ایران» بوده است.
۱۰	۱۵۶	در این صفحه از پسته به عنوان محصول ارگانیک ایران نام برده شده اما آیا پسته ارگانیک است در ایران؟ این محصول که مشکل سم آفلاتوکسین را همیشه داشته؟ بر اساس آخرین آمار رسمی منتشرشده از سوی آیفوم و فیبل، به عنوان مرجع رسمی اعلام آمار جهانی ارگانیک که در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است، سطح زیر کشت پستهٔ ارگانیک ایران ۵۴۷/۶ هکتار بوده است (بر اساس اطلاع مجری در زرندیه استان مرکزی، رفسنجان و کرمان استان کرمان). بله، ما در ایران پسته ارگانیک داریم؛ آفلاتوکسین بیشتر مساله‌ای مربوط به ضعف فراوری پس از برداشت پسته، و نه مساله‌ای ناشی از مثلاً مصرف مفرط سموم شیمیایی یا کودهای شیمایی (که ناقض تولید ارگانیک هستند) است.

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیای دریاچه ارومیه

۱۱	۱۵۶	در انتهای این صفحه بیان شده کشت سنتی با ارگانیک همخوانی دارد و قبل از آن هم تجربیاتی از جهان بیان شده اما آیا کشت ارگانیک در جهان بصورت سنتی است که در این مطالعه برای حوضه پیشنهاد این کشت در کشاورزی سنتی می شود؟ در متن اشاره شده است که کشاورزی ارگانیک و کشاورزی سنتی از یک ریشه برخوردارند و آن، سازگاری با محیط و طبیعت و توجه به پایداری درازمدت است. کشاورزی ارگانیک در همهٔ جهان (آسیا، اروپا: مثلاً آلمان و سوئیس و فرانسه)، آمریکای شمالی، اقیانوسیه و آفریقا برگرفته از کشاورزی سنتی آنجاست و هنوز هم در بسیاری از موارد حتی در توسعه‌یافته‌ترین کشورها به شکل سنتی است. در کنار آن، سامانه‌های ارگانیک کاملاً پیشرفته با جدیدترین ماشین‌آلات و فناوری‌های بوم‌سازگار نیز در جهان داریم. در ایران از هر دو نوع کشاورزی ارگانیک پیش‌گفته داریم. برای حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه هم این قاعده برقرار است: هم می‌توان سامانه‌های ارگانیک سنتی و هم می‌توان سامانه‌های ارگانیک نوین ایجاد کرد
۱۲	۱۵۹	در کشت ارگانیک نکاتی لیست شده اما ابتدا باید مشخص شود کدام محصول و بر چه اساسی برای تولید ارگانیک انتخاب شود و بعد شناخت مناطق. قطعاً نظر داور محترم صحیح است. در یک پروژهٔ جداگانه باید امکان‌سنجی توسعهٔ کشت ارگانیک مدنظر قرار بگیرد. اما می‌توان گفت: بسیاری از محصولات ارگانیک ایران (میوه‌های هسته‌دار، زعفران، گیاهان دارویی) در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس پهنه‌بندی قابلیت کشت دارند و می‌توان در مناطقی که تناسب کشت آنها بر اساس نتایج این طرح اثبات شده است تولید ارگانیک آنها را انجام داد.
۱۳	۱۵۹	محصول سالم با محصول ارگانیک متفاوت است نظر داور محترم کاملاً صحیح است. محصول سالم کاملاً از ارگانیک، ولی هم‌ریشه و دارای اشتراک‌های فراوانی هستند. مجری در هیچ کجا اشاره نکرده که ارگانیک و سالم متفاوت نیستند.
۱۴	۱۷۰	در بخش ۳-۲، تنها روش آمده واگر همین مورد نظر است عنوان شرح خدمت باید تغییر کند و در ابتدای آن "تدوین شاخص های کمی سازی" بیان شود و نه کمی سازی شاخص. چون کمّی‌سازی انجام نشده است. منظور از این بند شرح خدمات، تدوین و گردآوری شاخص‌هایی است که به شکل کمّی برای ارزیابی اگرواکولوژیک استفاده می‌شوند.
۱۵	۱۷۲ و ۱۷۵	تمام روابط نیاز به منبع دارند. در هر دو قسمت، منابع برای تمام روابط ارائه‌شده ذکر شده است که با رنگ آبی مشخص گردید
۱۶	۱۸۱	نیازی به تیترهای اضافه نیست و تمام روابط نیاز به منبع دارند.

		نظر داور محترم صحیح است؛ اصلاح شد
۱۷	۱۸۲	جدول ۴ برای چه ذکر شده؟ این یک استاندارد است، برای منطقه در مجموع انرژی ورودی و خروجی چه وضعی داشته؟ اگر قرار نیست برای منطقه بیان شود، ذکر آن چه فایده ای دارد؟ همان‌طور که پیش‌تر نیز در جلسات ارائه و در گزارش‌های قبلی و توضیحات مجری اشاره شد، هدف از ۲ فصل نخست این قرارداد، بر اساس مذاکرات متعدد میان کارفرمای محترم و مجری، ارائهٔ یک بستهٔ جامع از مبانی، تعاریف و اصول اگرواکولوژی بوده است. این مطالب در واقع با هدف تبیین مفاهیم و شاخص‌ها ارائه شده است. جدول ۴ در صفحهٔ ۱۸۲، کلیهٔ سنجه‌ها و معادل‌های انرژی ورودی و خروجی یک سامانه کشاورزی را ارائه داده است.
۱۸	۱۸۴	جدول ۵ ستون آخر پرانتز اسامی لاتین درست تایپ شود. اصلاح شد.
۱۹	۱۸۶	در بند ۴-۲ گفته شده به خلا بهره‌وری می پردازد اما اصلاً پرداخته نشده. حق با داور محترم است. خلأهای کشاورزی منطقه در بخش پایانی گزارش و در قالب بررسی کل گزارش ارائه شده است.
۲۰	۱۸۶	در خصوص منبع ارائه شده، این طور منبع نویسی معمول نیست. همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، بخش‌هایی از گزارش، طبق شرح خدمات، بر پایهٔ اطلاعات و گزارش‌های ستاد تهیه شده است. در این قسمت، این منبع (دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. ۱۳۹۱. گزارش پیش‌بینی امکان توسعهٔ کشاورزی تا افق ۱۴۲۰) به این خاطر در ابتدای بخش آمده است که تاکید شود در این قسمت از گزارش از اطلاعات موجود در ستاد استفاده شده است.
۲۱	۲۱۶	جدول ۱۰ مشخص نیست برای چه سالی است. نظر داور محترم صحیح است. تصحیح و در جدول اعمال شد.
۲۲	۲۱۹	در جدول ۱۲ در عنوان جدول گفته شده تا سال ۱۳۹۳ اما در متن جدول تا سال ۹۲ است. نظر داور محترم صحیح است. تصحیح و در جدول اعمال شد.
۲۳	۲۱۹-۲۲۰	حداکثر تا سال ۱۳۹۳ است. چرا این قدر قدیمی؟ چه فایده‌ای دارد برای آینده دریاچه این مطالعات قدیمی این داده‌ها و اطلاعات تصویری کلی از وضعیت منطقه را در اختیار مخاطب قرار می‌دهد
۲۴	۲۲۵	الگوی SWOT که تنها بیان این مسائل نیست باید استراتژی از دل آن استخراج شود. حق با داور محترم است. با استفاده از اطلاعات این SWOT و جمع‌بندی نتایج سایر بخش‌های گزارش، استراتژی‌های گزارش نهایی استخراج و در پایان گزارش ارائه شده است.

۲۵	۲۲۵	احساس می شود بین نقاط قوت و فرصت تمایز لازم وجود ندارد. همچنین بین ضعف و تهدید. مثلا راندمان پائین آبیاری در منطقه ضعف است یا تهدید؟! ضعف نظام کشاورزی منطقه است و بسیاری موارد دیگر به نظر می‌رسد راندمان پائین آبیاری یک تهدید باشد و برطرف شدن آن نیز یک فرصت به شمار می‌رود. و همان‌طور که داور محترم اشاره فرموده‌اند، این تهدید می‌تواند برآمده از یک ضعف اساسی، که ناپایداری نظام کشاورزی منطقه است باشد.
۲۶	۲۲۵	در این صفحه بیان شده، نوسانات بازار خرید و فروش جزو تهدیدها ارائه شده اما نوسانات در مورد چه؟ قیمت یا مقدار؟ مگر در نقاط قوت گفته نشد بازارهای مناسب وجود دارد؟ این دو نکته جمع‌ناپذیر نیست: در حالی که در منطقه بازارهای مناسب وجود دارد (که یک قوت به شمار می‌رود)، اما این بازارها دچار نوسان‌هایی در قیمت، عرضه و تقاضا هستند که یک تهدید دائمی برای محصول (در اغلب بازارهای ما) و بازار به شمار می‌رود.
۲۷	۲۲۷	اشاره شده "با توجه به چالشهای بیان شده در توسعه فعالیتهای کشاورزی در منطقه راهبردهای زیر به عنوان عوامل تاثیرگذار بر بیلان آب در منطقه برای کاهش مصرف آب و بهبود بهره‌وری کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه راهبرد زیر پیشنهاد شده" اما این پیشنهاد راهبرد بر چه اساسی ارائه شده است؟ این راهبرد بر اساس ویژگی‌های نظام کشاورزی منطقه و آنالیزی که از آن صورت گرفته است در قالب مجموعه‌ای از رهنمودها ارائه شده است. در عین حال، راهبردهای کلی در پایان گزارش بر اساس مجموعه نتایج گزارش ارائه شده است که نظر داور محترم را تامین می کند.
۲۸	۲۴۷	منبع جدول ۱۸؟ نظر داور محترم صحیح است. تصحیح و در جدول اعمال شد.
۲۹	۲۴۷	بیان شده که "براساس نظر لامل و همکاران (۱۹۹۰)، با تبدیل سامانه‌های رایج شخم به سامانه حفاظتی، معادل ۷-۳درصد کل انرژی مصارفی کشت‌بوم کاهش می‌یابد" اما آیا می توان مطالعه جهانی را به منطقه تعمیم داد؟ در برخی موارد دیگر نیز این مطالعات استفاده شده‌اند. بیان این موضوع توسط مجری قطعاً به معنای تعمیم نیست. به این معناست که توجه داشته باشیم تغییر رویکرد به سامانهٔ حفاظتی چنین دستاوردهایی دارد.
۳۰	۲۵۱	در جدول ۱۹ آیا می توان براساس مطالعه هالند، به استانداردهای ایران رسید؟. به نوع خاک مورد نظر و فسفر در دسترس فعلی بستگی ندارد؟ قطعاً اثرات انواع سامانه‌های خاک‌ورزی به نوع خاک، اقلیم، تناوب زراعی و سایر عوامل بستگی دارد؛ نتایج این جدول می‌گوید می‌توان انتظار داشت به طور کلی در هر منطقه، مزیت نسبی روش‌های

		خاک‌ورزی حفاظتی در برابر خاک‌ورزی رایج تا چه اندازه است. طبیعتاً اگر قرار باشد برای ایران استانداردی تهیه شود، باید ضمن توجه به این نتایج هالند، عوامل دیگر نیز با تفصیل بررسی شوند.
۳۱	۲۵۲ به بعد	در این صفحات، بیش از آن که بوم‌شناسی منطقه انجام گرفته باشد به بیان کلیات بوم شناسی پرداخته شده. انتظار می رود موارد ارائه شده برای منطقه بومی‌سازی شوند. قبلاً هم توضیح داده شد که هدف این قسمت تبیین مبانی بوم‌شناختی است. در فصل ششم که پهنه‌بندی انجام شده است تماماً بر اساس بوم‌شناسی منطقه صورت گرفته است که به درستی مورد نظر داور محترم بوده است.
۳۲	۲۶۶	بیان شده "اگر از این آب برای محصولاتی مانند هندوانه، سبزیجات گلخانهای و درختان میوه استفاده شود، درآمد اقتصادی قابل توجهی را نصیب کشاورز خواهد کرد" این نتیجه یک مطالعه بود اما آیا برای منطقه هم همینطور است؟ هندوان خود آب بر نیست؟ توضیه برای منطقه می شود؟ نظر داور محترم اعمال شد و هندوانه از متن حذف گردید. با این حال نتایج پهنه‌بندی نشان داد می‌توان در سطح (البته بسیار اندک) ۶۶ هکتار از کل حوضه هندوانه کشت کرد. هندوانه محصولی آب‌بر است؛ و البته قرار نیست صرف اب‌بر بودن موجب حذف محصول از الگوی کشت شود. ولی در نهایت، نظر داور محترم کاملاً صائب است و اعمال شد.
۳۳	۲۶۶ به بعد و کل گزارش	چرا اینهمه به مطالعات جهانی پرداخته شده است؟ آیا نباید بیش از آنکه به مطالعات جهانی و روشهای بهینه براساس مبانی پرداخته شود به شناخت روشهای بومی مناطق و یا نحوه اجرای این روشهای بهینه در چارچوب بوم شناسی منطقه پرداخته شود؟ نتایج جهانی چارچوبی را در اختیار کارفرما و مخاطب قرار داده است که به ما در فهم راهبردهای بهینه‌ای که در نهایت در گزارش استخراج شده است کمک می کند. این پرداختن به مطالعات جهانی و روش‌های بهینه، زیرساخت نظری راهبردهای استخراجی نهایی گزارش را تشکیل داده است.
۳۴	۲۶۷ به بعد	
۳۵	۲۷۳	"تخمین اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه" در مورد حوضه دریاچه ارائه نشده و صرفاً کلیات ارائه شده است. مثلاً شکل ۴، ۵ و ... چه ربطی به حوضه دریاچه دارد؟ چه لزومی دارد کشور بررسی شود؟ بررسی وضعیت کلی کشور برای ارائهٔ تصویری کلی از وضعیت تغییر اقلیم احتمالی و پیامدهای محتمل آن بر وضعیت کشاورزی کشور بوده است.
۳۶	۲۷۷	یا در انتهای صفحه ۲۶۹ به خراسان رضوی پرداخته شده. چرا؟ در این قسمت خراسان رضوی به عنوان یک پیشینه‌پژوهی استفاده شده است.

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیای دریاچه ارومیه

۳۷	۲۷۸	"اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی کشور" چرا کشور؟ موضوع حوضه دریاچه است از اطلاعات موجود در کشور برای ترسیم وضعیت کلی کشور و اثرات تغییر اقلیم احتمالی بر ساختار کلی کشاورزی کشور استفاده شده است.
۳۸	۲۸۶	اطلاعات در گزارش بطور ملی قدیمی است، به ویژه اینکه مثلا در شکل ۱۱ تا سال ۸۵ شکل ۱۳ تا ۲۰۰۷. ؟! فایده ای هم دارد این داده ها؟ شاید لازم به توضیح است. این داده‌ها به بررسی روندهای تاریخی پرداخته است تا نشان دهد در آن مقطع تاریخی و دیگر دوره‌ها وضعیت به چه شکل بوده است.
۳۹	۳۰۲ تا ۳۰۵	در شکل ۱۹، ۲۰ و ۲۱ اگر از مقاله ای در سایت sid هم استفاده شده، لا اقل عکس پشت صفحات پاک شود. طبیعتاً مقالات از سایت SID و دیگر پایگاه‌ها استخراج شده‌اند و مجری این موضوع را ایراد نمی‌داند.
۴۰	۳۰۷	آوردن کل مقالات که کمکی نمی کند. اطلاعات این بخش (۴-۳) مربوط به مقاله نیست و پس از دریافت داده‌ها از ستاد، آنالیز و تحلیل داده‌ها توسط مجری صورت گرفته است.
۴۱-	۳۵۲	قانون بازدهی نزولی اصلاح شود. قانون بازدهی نزولی در خصوص رشد تولید ناشی از مصرف سهم مشخصی نهاده مطرح می شود. وقتی رشد تولید ناشی از مصرف هر واحد نهاده کمتر از رشد تولید ناشی از مصرف قبلی نهاده باش. در این حالت تولید زیاد شده اما نه به اندازه قبل. این موردی که محقق اورده مربوط به این است که تولید وارد ناجیه سوم شده. نظر داور محترم صحیح است و تغییرات لازم در این پاراگراف اعمال گردید.
۴۲	۳۵۴	"خلاصه‌ای از وضعیت موجود کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه" مشخص نیست برای چه سالی است. نظر داور محترم صحیح است. سال در سطر نخست ذکر شد.
۴۳	۳۵۶	شکل ۳۵ برای چه سالی است؟ سال نمودار به توضیحات اضافه شد.
۴۴	۳۹۰	بیان شده که چغندر پاییزه از همه نظر بهتر از چغندر بهاره است. اما نقاط ضعفی ندارد؟ اگر اینطور است چرا کشاورزان همچنان چغندر بهاره کشت می کنند؟ آیا نکته ای در بازار دارد؟ مهم‌ترین دلیل عدم استقبال کشاورزان در حوضهٔ ابریز دریاچه ارومیه و سایر مناطق کشور (مانند خراسان رضوی و قزوین) از چغندر پائیزه، سازگاری آنها با کشت بهاره و مقاومت در برابر تغییر است. بازار

		محصولی مانند چغندر قند (که پیمان خرید پیش از کاشت محصول با کارخانه منعقد می‌شود) نقش چندانی ندارد. و البته اشاره شود که عدم استقبال کشاورزان از کشت پائیزه به معنای قصور کشاورزان نیست. باید سیاست‌های تشویقی کشت پائیزه در کنار برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای رونق کشت پائیزه اجرا و اعمال شود.
۴۵	۳۹۱	بیان شده " در ۱۰ سال گذشته در محدوده مورد مطالعه نشان میدهدکه سهم محصولاتی مانند چغندرقند و یونجه در ترکیب کشت به تدریج در حال افزایش بوده است." اما کدام سال‌ها منظور است؟ بهتر است با روند نشان داده شود. نظر داور محترم اعمال گردید. منظور دورهٔ زمانی ۹۵-۱۳۸۶ است.
۴۶	۳۹۱	در ادامه ذکر شده است که " وجود کارخانجات قند و درآمد نسبتاً بالای حاصل از کشت این محصولات از دلایل اصلی توسعه کشت این محصولات در محدوده مطالعاتی در سالهای پیش بوده است که بر اساس سیاستهای جدید باید مورد تجدیدنظر و بازنگری قرار گیرد" یعنی چه؟ بازنگری یعنی کارخانه چغندر را تخریب کنند؟ یعنی چه بازنگری شود؟ با نظر داور محترم، ابهام متن برطرف گردید. باری، منظور بازنگری در کاشت چغندر بهاره، بازنگری در سیاست‌های حمایتی یا انفعالی در برابر مقاومت کشاورزان از تداوم کاشت محصولات این چنینی است. مجری نظری در مورد تخریب سازه و ساختار کارخانه چغندرقند ندارد.
۴۷	۳۹۷ تا ۴۴۳	بسیار داده ها قدیمی اند. با این داده ها به چه برسیم؟ داده ها برای سال ۱۳۸۵!! است. این در حالی است که برای بسیاری از این موارد داده های جدیدتری در بانک مرکزی و مرکز آمار وجود دارد. حق با داور محترم است. این قسمت برای بررسی وضعیت کلی اقتصادی و کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچه بوده است. چنانچه داور مترم و ناظر گرامی صلاح بدانند داده‌های این بخش به‌روز خواهد شد.
۴۸	۴۶۰ و بعد از آن	مطالب و آمار مشخص شده در خصوص مساحت، هزینه و درآمد مشخص نیست برای چه سالی است. هرکسی که می خواند گمان میکند الان اینقدر کم است!! در صفحه ۴۵۷ سطر آخر (در بخش مبانی و شاخص‌های مورد محاسبه) ذکر شده است که کلیه محاسبات انجام شده در بند ۴-۱۰ بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۹۵ است.
۴۹	کل فصل چهار	در بخش اقتصاد کشاورزی کافی است فقط تولید محصولات باغی و زراعی؟ برخی محصولات زراعی مانند علوفه و جو برای دام تولید می شود. وضعیت دام در منطقه چگونه است؟ سایر زیربخش ها؟ بررسی بازار؟ بررسی بوم شناسی کشاورزی از بعد وضعیت بهره برداران و ...؟ تولید دام به لحاظ وابستگی به موضوع مطالعات، یک اثر ثانویه است و ضرورتا لازم نیست در طرح‌های منابع آب وارد شود، چرا که در جایی که محدودیت منابع آب و چالش‌های زیست محیطی ناشی از آن

		را داریم نباید اجازه داد چناتچه محصول علوفه‌ای سودآور نیست، سطح زیر کشت آن توسعه یابد. منظور از سایر زیر بخش‌ها چیست؟ ضمن آن که بررسی بخش دام در شرح خدمات مطالعات نبوده است
۵۰	۴۴۸ و صفحات بسیاری شبیه آن	چه نیازی به آوردن دقیقا نتایج سایر پژوهشگران آنهم با علامت sid پشت آن است؟ باید خلاصه و کاربرد این مطالعات لحاظ شوند وگرنه این مطالعات چه لزومی دارد صرفاً تکرار شوند؟ دقیقاً طبق نظر داور محترم، نتایج دیگر پژوهشگران به شکل خلاصه و به عنوان پیشینه‌پژوهی در گزارش ارائه شده است. چنانچه داور محترم و ناظر گرامی صلاح می‌دانند این جدوال (که با ذکر منبع هم در گزارش قید شده‌اند بازنویسی می‌شوند تا نشان SID از آن حذف شود.
۵۱	۴۵۴	جدول ۳۱ حتما با مطالعات جدید به روز رسانی شود. مطالعات خوبی در این زمینه انجام شده که به روزتر هستند. چنان‌چه ناظر محترم صلاح بدانند نظر داور گرامی اعمال شود و مطالعات دیگر نیز به این جدول اضافه شود.
۵۲	۴۵۶	بیان یک دهستان برخی جاها یک استان برخی جاها شهرستان .و ... یکپارچگی گزارش را گرفته و خواننده را سردرگم میکند. لازم است تجمیع مطالعات و تفاسیر نهایی برای حوضه ارائه شود. ناظر محترم دقت داشته باشند که در اینجا نتیجه مطالعات دیگران بیان شده است و نه نتایج مطالعه حاضر. ضمن اینکه همچنین باید توجه شود که انجام مطالعات در سطح کل حوضه نیازمند منابع مالی و زمان بسیار بالایی است که در حد یک پروژه پژوهشی نیست. آنچه از این دست پژوهش‌ها با بودجه و زمان محدود مورد انتظار است، انجام مطالعات در بخش‌های کوچک از حوضه و سپس تعمیم نتایج آن به کل حوضه است.
۵۳	۴۶۸	جدول۳۶ اولاً رفرنس داده شود و ثانیاً ضرب اهمیت چیست؟ زیرنویس شود. رفرنس جدول ۳۶ نتایج پژوهش است که البته بر اساس نتایج جداول قبل تهیه شده است. در رابطه با ضرایب اهمیت نیز در صفحه قبل (۴۶۷) در متن توضیح داده شده است.
۵۴	۴۷۱	اینجا داده های جدیدتری خیلی مختصر آمده که با نتایج بهره وری در صفحات گذشته کاملاً متفاوت است چون بخش بالایی از صفحات گذشته اختصاص به داده های قدیمی دارد. خواننده بالاخره چه کند؟ این شاخص های بهره وری را بپذیرد یا قبلی ها؟ اوصلا چرا قبلا داده های قدیمی تر را اینهمه به آن پرداختید وقتی داده جدیدتری بدست آوردید! جایی هم نگفتید که هدفتان بررسی روند بوده و بهره وری در طی روند زمان تغییر کرده! لطفا دقت بیشتری شود. به توضیحات بند ۴۷ مراجعه شود.

۵۵	۴۷۸	اینجا هدف بررسی زنجیره در حوضه است اما فقط محصول انگور پرداخته شده! یا تیتر حذف شود یا محصولات متنوع تری پرداخته شود. در ابتدای این بخش اشاره شده است که در این قسمت به انگور، به عنوان یکی از محصولات راهبردی حوضهٔ آبریز پرداخته شده است.
۵۶	۴۷۹	در شکل ۴۵ دقت کنید. گفته شده صادرات انکاور به اروپا و روسیه. مگر روسیه اروپا نیست؟ یا کفته شده به دبی، عربستان، کویت و امارات مگر دبی در امارات نیست؟ ضمنا کشش ارقامی مختلفی دارد که اگر هدف پرداختن به زنحیره است باید هر رقم مشخص باشد چه مسیری را طی میکند. در هر صورت پرداختن به انگور چه کمکی به مطالعه میکند؟ منظور از اروپا کشورهای عضو اتحادیه اروپاست و روسیه جزء این اتحادیه نیست. در این شکل امارات، در واقع کل امارات به غیر از دبی است و در واقع دبی جداگانه آورده شده است. همان طور که در بند ۵۵ اشاره شد به انگور، به عنوان یکی از محصولات راهبردی حوضهٔ آبریز پرداخته شده است.
۵۷	۴۸۰	در بند ۱۷-۴ که بررسی مشکلات برنامه ریزی منابع آب است، مشخص نیست چرا "سیاستهای بهبود و توسعه زنجیره ارزش انگور در حوضه آبریز" در ذیل آن آمده و چرا اینطور شتابزده آمده؟؟ یک مقدمه اولیه و پرا فقط انگور؟ متاسفانه باید عرض کنم بسیار حالت رفع تکلیفی این قسمتها نوشته شده است. این قسمت، بر اساس شرح خدمات در این فصل قرار دارد؛ بخشی از نتایج آن نیز حاصل پژوهش‌های ستاد احیا است و البته متوجه منظور داور محترم از شتابزدگی نشدم.
۵۸	۴۸۶	رفرنس جدول ۱ مشخص نیست رفرنس یافته‌های مطالعات است که به زیر جدول این موضوع اضافه شد.
۵۹	۴۸۷	بیان شده "هر چه شدت همبستگی بین سهم محصولات از الگوی کشت و هر یک از شاخصهای گرایش بیشتر باشد، نشان دهنده اولویت بالاتر آن هدف در تصمیم کشاورزان در انتخاب ترکیب کشت نسبت به سایر اهداف مورد تعقیب است." اما اولاً باید معنی داری بررسی شود. ثانیاً اینگونه تفسیر اصولاً اشتباه است. ضریب همبستگی میزان اثر و علیت را هم نشان نمی دهد یعنی الان مشخص نیست شاید سطح زیر کشت دارد شاخص گرایش به بازده اقتصادی را تحت تاثیر قرار می دهد و نه برعکس بیان ضریب همبستگی برای این تفسیر به هیچ عنوان نمی تواند درست باشد. در اینجا هدف بررسی علت و معلول نیست، ضمن ایت که باید توجه داشت که آنچه خروجی شاخص‌ها است خود را در تصمیم کشاورزان که الگوی کشت (سهم محصولات از کل کشت) است نشان می‌دهد، و نه بر عکس. در واقع، این تصمیم کشاورزان به انتخاب سطح زیرکشت است که تابعی از شاخص‌های گرایش است.

۶۰	۴۸۷	بیان شده "بیشترین همبستگی بین سهم محصولات در الگوی کشت و شاخصهای گرایش مربوط به شاخص گرایش به بازده اقتصادی آب است، بدین معنی که آنچه بیشتر محرک کشاورزان در انتخاب الگوی کشت در دشت میاندوآب است، مقدار بازدهی اقتصادی آب است. این موضوع مبتنی بر اصل اقتصادی بیشینه سازی بازده مربوط به نهاده کمیاب است" همانگونه که در مورد قبل هم اشاره شده نمی توان از این همبستگی به این نظریه رسید. ضمن اینکه چرا همبستگی سهم محصول و شاخص گرایش به سوداوری منفی شده؟ به نظر ایرادی در محاسبات وجود دارد. تفاوت بازده خالص با سودآوری چیست؟ دلیل منفی شدن سهم محصول با شاخص سودآوری این است که همان‌طور که در مطالب بیان شده است تصمیم کشاورزان مبتنی بر ارزش اقتصادی آب است و نه سود در هکتار. به عبارت دیگر، ضریب همبستگی منفی بین شاخص سودآوری (بر حسب نهاده زمین) با سهم محصول بیان می کند که لزوماً سهم محصولاتی که سودآوررری بالایی دارند در الگوی کشت بالا نبوده و سودآوری زمین مبنای تصمیم کشاورزان نیست، بلکه بازده اقتصادی آب ملاک تصمیم گیری است. منظور از سودآوری درآمد خالص در واحد سطح (هکتار است) اما منظور از بازده خالص، بازده اقتصادی آب است. در پارگراف بالای جدول ذکر شده است: بازده خالص اقتصادی آب علاوه بر این، لطفا پاسخ بند ۵۹ نیز ملاحظه شود.
۶۱	۴۸۹	مطالعات قدیمی اند. در صفحه قبل (۴۸۸) اگر دقت شود رفرنس سال ۱۳۹۷ نیز ارائه شده است.
۶۲	۴۹۶ تا ۵۰۹	بخش "بررسی مبانی نظری الگوهای اقتصادی تخصیص منابع آب در ارتباط با ارزش اقتصادی، هزینه و قیمت آب در بخشهای مختلف مصرف" چرا ارئه شده است؟ چه نیازی به ارائه اینهمه فرمول و رابطه بود؟ واقعا جرا اینهمه صفحه اضافه و کاملا بدون هدف برای منطقه؟ بیان مبانی نظری الگوی تخصیص منابع آب در اینجا از این دیدگاه مهم است که پایه الگوی هیدرو-اکونومی توسعه یافته برای محدوده مطالعات قرار گرفته است. داور محترم حتما با مجری هم‌عقیده‌اند که در ادبیات علوم اقتصادی، نمی‌توان مدل تجربی را بدون بیان پشتوانه‌های تئوری و نظری آن توسعه داد.
۶۳	۵۰۹ تا ۵۱۹	بخش " مدل هیدرولوژی-اقتصادی و پیشینه کاربرد آن" چرا ارئه شده است؟ چه نیازی به ارائه اینهمه فرمول و رابطه بود؟ مشابه پاسخ بند پیشین: بیان فروض، چارچوب مدل و کاربردهای آن در مطالعات پیشین ضروری است تا بتواند به انتخاب مدل مناسب برای پژوهش کمک نماید. چنانچه داور محترم دقت بفرمایند در انتهای این مطالب یک جمع بندی انجام شده است و از بیان مطالب مذکور به توجیه این موضوع پرداخته شده است که چرا مدل هیدرو-اکونومی یکپارچه برای این پژوهش انتخاب شده است و نه مدل مجزا.

۶۴	۵۱۹ تا ۵۲۸	بخش "روش شناسی تدوین ساختار الگوی تجربی پژوهش" اصلا مشخص نیست چه نیازی به ارائه بوده است؟ چه جمع بندی دارد؟ روش‌شناسی همان‌طور که از مفهوم آن مشخص است بیان روش مطالعه است. بر خلاف نظر داور محترم، قطعاً بیان روش مطالعه در این بخش ضروری است. چنانچه دقت شود مشخص است که در این بخش اولاً فروض مدل گفته است که از ضروریات هر مدل ریاضی است که خواننده بداند این مدل با چه فرضی توسعه یافته است؛ ثانیاً در این بخش گستره الگو، اجزای الگو و همچنین قیود هیدرولوژی و گره‌های رودخانه معرفی شده است که بدون بیان آنها درک معادلات ریاضی مدل برای هر خواننده‌ای بسیار مبهم خواهد بود.
۶۵	۵۲۲	جمع بندی پرداختن به این مطالعات قدیمی (مانند جدول ۵) چیست؟ مصارف آب برای سال ۱۳۹۰؟! حتما داده جدیدتر هم هست. بر اساس بررسی‌های مشاور، داده‌ای جدیدتر از آنچه در جدول ۵ ارائه شده (در مقطع زمانی مطالعه) وجود نداشته است.
۶۶	۵۲۹	بند ۵-۷ در یک صفحه و نیم و بسیار کلی گویی گفته شده. اصلا چه نیازی به حضور این بند بود؟ فقط چون در شرح خدمات آمده باید به هر طریقی بیان شود؟ چنانچه نظر داور گرامی و ناظر محترم بر حذف این بخش است می‌تواند حذف شود، اما آنچه هدف این بند بوده بیان این هشدار به سیاستگذار است که در تصمیم‌گیری در خصوص تخصیص نهاده‌ای مثل آب باید توجه داشت که اصول اقتصاد اکولوژی (کارایی اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی و مقبولیت اجتماعی) باید هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد
۶۷	۵۳۶ تا ۵۴۰	ذکر محض روش شناسی چه معنایی دارد در این مطالعات؟ انهم روشهایی که بسیار استفاده هم شده. لطفاً به پاسخ بند ۶۴ رجوع شود.
۶۸	۵۴۵	در جدول ۱۰ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۶۹	۵۴۹	در جدول ۱۲ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۰	۵۵۳	در جدول ۱۴ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟

		نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۱	۵۵۷	در جدول ۱۶ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۲	۵۶۰	در جدول ۱۸ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۳	۵۶۴	در جدول ۲۰ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۴	۵۶۷	در جدول ۲۲ اولاً نتایج برای چه سالی است و ثانیاً سال پایه کی بوده است؟ نظر داور محترم اعمال شد. نتایج این جدول برای سال ۱۳۹۵ (به عنوان سال پایه است). این موضوع در ستون دوم جدول مذکور اضافه شد.
۷۵	۵۶۸ تا ۵۶۹	رفرنس جداول چیست؟ مشخص نیست از کجا مطالب اخذ شده منبع جداول صفحات ۵۶۸ و ۵۶۹ یافته‌های مطالعه است و به گزارش افزوده شد.
۷۶	۵۷۰	با چه روشی ۱۵ درصد آبیاری بهتر شود؟ اگر هزینه بر است باید هزینه اش در تابع هدف الگوهای شما در نظر گرفته شود آنگاه حتماً نتایج این نخواهد شد. این که ۱۵ درصد راندمان آبیاری بهبود یافته است فرض است؛ اما به طور حتم افزایش راندمان از طریق تغییر روش آبیاری مستلزم هزینه‌های سرمایه‌گذاری است که با احترام به نظر داور محترم، مجری معتقد نیست هزینه سرمایه‌گذاری باید در تابع هدف الگو در نظر گرفته شود، بلکه آنچه الگو به دست می‌دهد منافع ناشی از این افزایش راندمان است و این منافع در خارج از مدل، باید با هزینه‌های انجام این روش در چارچوب تحلیل B/C مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین این موضوع در صفحه ۵۷۰ به صراحت مورد اشاره قرار گرفته است.
۷۷	۵۷۳	از منطقه به مطالعات جهانی وی روید و از مطعلات جهانی دوباره به مطالعات منطقه واقعا پیگیری این مطالعه دشوار است! بررسی منطقه ای مثل MENA چه کمکی به مطالعه شما می کند؟ اگر دنبال

		متدولوژی هستید باید خیلی خلاصه و جمع بندی شده بیان شود که در نهایت از این مطالعه برای حوضه ارومیه چه استفاده ای کردید. منافع ناشی از اجرای الگوهای پیشنهادی (که یکی از هدف‌های این بخش بر اساس سرتیتر بند بوده) در صفحات ۵۴۲ الی ۵۷۰ به طور مبسوط ارائه شد. اما آنچه در این بند بیان نشده بود بحث هزینه‌های اجرای هر یک از راهکارهاست که در اینجا به مطالعه‌ای معتبر از بانک جهانی که برای سازگاری با کم آبی آن هم در منطقه منا انجام شده، استناد شده است که می‌تواند برای کشور ما و همچنین حوضه ارومیه قابل استفاده باشد. یکی از نتایج بسیار مهم قابل کاربرد این روش برای کشور ما این موضوع است که امکان تامین ۶۰ درصد از کمبود آب از طریق بهره‌وری کشاورزی به عنوان گزینه‌ای با کمترین هزینه وجود دارد.
۷۸	۵۷۸	بازهم روش شناسی دیگر که بارها هم استفاده شده و ارتباط آن مشخص نیست با بوم شناسی کشاورزی منطقه چیست. لطفاً به پاسخ بند ۶۴ رجوع شود.
۷۹	۵۸۱	ارائه جدول ۲۶ چه کمکی به مطالعه میکند؟ جدول ۲۶روش تعیین وزن اهداف را نشان می دهد که از نتایج آن در جدول ۳۰ استفاده شده است.
۸۰	۵۸۲	در جدول ۲۷ از کشور چطور به حوضه می رسید و چه ارتباطی با گزارش می یابد؟ همچان که داور محترم آگاهند جداول داده-ستانده در کشور به صورت استانی یا در سطح حوضه‌های آبریز وجود ندارد که بتوان چنین تحلیلی را در سطح حوضه انجام داد؛ اما بر خلاف نظر داور محترم با توجه به فروض مبنایی جداول داده-ستانده و عدم وجود تفاوت معنی‌دار در تکنولوژی تولید بین فعالیت‌های اقتصادی حوضه با کشور، نتایج قابل تعمیم است. اتفاقا خروجی‌های این بخش از مطالعه کارکردهای کلان سیاست‌گذاری بسیار مهمی دارد که برای حوضه ارومیه هم می‌تواند راهنما باشد
۸۱	۵۸۴	کشور چه کمکی به مطالعه میکند؟ حوضه دریاچه مهم است نه کل کشور. لطفاً به پاسخ بند ۸۰ رجوع شود.
۸۲	۵۸۷	بررسی ردپای انتشار گازهای گلخانهای هر یک از بخشهای اقتصادی در کشور چه کمکی به مطالعه میکند؟ حوضه دریاچه مهم است. لطفاً به پاسخ بند ۸۰ رجوع شود.
۸۳	۵۸۸	"وزن معیارهای اقتصادی، کاهش مصرف آب و انتشار در فرایند توسعه کشور" چه کمکی به مطالعه میکند؟ حوضه دریاچه مهم است. لطفاً به پاسخ بند ۸۰ رجوع شود.

۸۴	۵۹۱	در جدول ۳۱، کشور چه کمکی به مطالعه میکند؟ حوضه دریاچه مهم است نه کل کشور. لطفاً به پاسخ بند ۸۰ رجوع شود.
۸۵	۵۹۲	در جدول ۳۲، کشور چه کمکی به مطالعه میکند؟ حوضه دریاچه مهم است نه کل کشور. لطفاً به پاسخ بند ۸۰ رجوع شود.
۸۶	۶۰۲	چه نیازی به تعریف های این چنینی مانند تعریف گیاه دارویی یا اسانس یا ... هست؟ این بخش از مطالعه با هم‌فکری با کارفرمای محترم مقرر شد یک بررسی جامع و کلی از وضعیت گیاهان دارویی در کشور و چشم‌انداز آن برای حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه صورت بگیرد. حسب نظر داور محترم . ناظر محترم امکان حذف یا خلاصه‌سازی آن وجود دارد. ولی به نظر مجری، این پیشینه‌پژوهشی جامع می‌تواند برای کارهای بعدی مفید واقع گردد.
۸۷	۶۰۳	این بخش بیشتر مربوط به بوم شناسی کشور است و نه حوضه لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۸۸	۶۰۹	در مورد ارائه طرح ملی گیاهان دارویی، واقعاً چه نیازی به پرداخت به این مسائل با اینهمه جزئیات است؟ لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۸۹	۶۱۵	در شکل ۶ منبع چیست؟ منبع طرح ملی گیاهان دارویی بود که اصلاح شد
۹۰	۶۰۱۷	اگر قرار به بررسی امکان تولید گیاهان دارویی است باید یک SWOT فنی، اقتصادی و زیست محیطی و یک ارزیابی اقتصادی از این فعالیت تهیه شود. لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۱	۶۲۰	بیان شده که "که البته از نظر گروه تحقیق و توسعه کاملاً مردود و موجب از بین رفتن منابع آب و خاک و در نهایت تهدید معیشت کشاورزان میشود" اما لطفاً یا یک نظری اعلام نشود و یا با دلایل اعلام شود. نظر داور محترم صحیح است. این بخش حذف گردید.
۹۲	۶۲۲	اینها به حوضه کمترین ارتباط را دارند. لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۳	۶۲۳	در توضیح بازار داخلی، این مطالب کلی گویی هستند و پرداختن به این شکل برازنده کار مهمی مانند این کار در حوضه نیست. لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۴	۶۲۵	پرداختن به مواردی از قبیل آیین نامه های گیاهان دارویی، چه لزومی دارد؟

		لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۵	۶۲۷	بیان شده "در مجموع میتوان گفت ریسک اصلی در تولید گیاهان دارویی عدم دسترسی به بازار جهانی و اندازهٔ کوچک بازار داخلی است" اما مشخص نیست چطور اثبات شد؟ با مطالب ارائه شده توسط محقق نمی‌توان اینگونه دقیق صحبت کرد. این نظر حاصل جمع‌بندی دیدگاه‌هایی است که در طرح ملی گیاهان دارویی نیز اظهار شده است.
۹۶	۶۲۷	تحلیل حکمرانی وزارت جهاد کشاورزی چه لزومی دارد؟ لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۷	۶۲۷ تا ۶۳۰	پرداختن به این مسائل چه لزومی دارد؟ اصلاً مشخص نیست. لطفاً به پاسخ بند ۸۶ رجوع شود.
۹۸	۶۳۱	بند ۶-۲ "بررسی تطابق و سازگاری محصولات جدید با شرایط اقلیمی، کمیت و کیفیت منابع آب و کیفیت اراضی" براساس کیفیت آب و حتی کمیت آب انجام نشده است. کمیت آب در این بخش در مدل‌های پهنه‌بندی بر اساس اطلاعات موجود لحاظ شده است
۹۹	۶۳۱	بند ۶-۳ "بررسی جنبه‌های اقتصادی (درآمد، هزینه و سودآوری نسبی) محصولات جایگزین در حوضه آبریز ارومیه" با داده‌های قدیمی انجام شده است. این بررسی در این بخش با استفاده از داده‌های موجود در اختیار مجری انجام شده است.
۱۰۰	۶۳۱	بند ۶-۴ "بررسی جنبه‌های زیست‌محیطی و فرهنگی-اجتماعی کشت محصولات جایگزین در منطقه" انجام نشده است. موارد مربوط به ملاحظات و جنبه‌های زیست‌محیطی و فرهنگی- اجتماعی در قسمت‌های مختلف این فصل ارائه شد و در جمع‌بندی هم تلاش شده بود به این جنبه‌ها توجه شود.
۱۰۱	۶۳۱	بخش ۶-۷ "بررسی اثربخشی کشت محصولات جایگزین پیشنهادی در مقایسه با کشتهای موجود در کمک به کاهش وابستگی به آب در سطح حوضه آبریز" پرداخته نشده است. در واقع با نتیجهٔ نهایی طرح که حضور محصولات جایگزین به جای محصولات پیشین و تغییر الگوهای مصرف آب بخش کشاورزی بوده است هدف نهایی که کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب است محقق شده است
۱۰۲	۶۳۲	چه نیازی است تعریف الگوی کشت و تناوب بیان شود قبلاً در موردش مطالب مختلفی در همین گزارش آمده است.

		در این بخش چون ورود به موضوع طراحی الگوی کشت و تناوب بوده و فرض بر این است ممکن است مخاطبانی وجود داشته باشند که فقط این بخش از گزارش را مطالعه کنند این تعاریف، به اختصار و ایجاز ارائه شده است.
۱۰۳	۶۳۵	بخش "لزوم بازطراحی الگوی کشت در ایران" واقعا نیازی به این بخش هست؟ هیچ کمکی به گزارش نمی کند. به حوضه پرداخته شود بطور تخصصی بهتر نیست؟ یکی از پرسش‌های کلیدی همین «ضرورت بازطراحی الگوی کشت» در کل کشور و به تبع آن در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه است. پاسخ به این پرسش کلید ضرورت انجام پهنه‌بندی و طراحی‌های بعدی الگوهای کشت است، ضمن آن که در ادامه موضوع به طور تخصصی برای حوضهٔ آبریز پرداخته شده است.
۱۰۴	۶۴۲	نیازی به اینهمه تحلیل در مورد روش برنامه ریزی آرمانی وزنی در این گزارش هست؟ لطفاً به پاسخ بند ۱۰۴ رجوع شود.
۱۰۵	۶۴۷	در بخش "الگوی کشت گذشته و فعلی حوضه آبریز ارومیه" منظور از الگوی فعلی سال ۱۳۸۲ است! رفرنس و منابع بسیار قدیمی هستند. این جا منظور الگوی کشت گذشته است
۱۰۶	۶۴۷ تا ۶۵۳	حتما نیاز به بازنگری دارد داده ها و نتایج برای سال ۱۳۸۲ و برخی بدون منبع و سال ست. اصلاحات انجام خواهد شد.
۱۰۷	۶۵۴ تا ۶۵۶	نمودارهای ارائه شده مشخص نیست برای چه سالی است و به ویژه در مورد درامد، سود و بهره وری نتایج با صفحات اولیه متفاوت است. چرا این جداول اینجا استفاده شده و جداولی دیگر در جای جای گزارش در صفحات قبل آمده. نظر داور محترم اعمال شد. شکل‌ها مربوط به سال ۱۳۹۵ بود که در توضیح شکل‌ها ارائه شد
۱۰۸	۶۶۳	از این گزارش قبلی احیا که در این قسمت ارائه شد، چه نتیجه ای گرفته شده؟ تکرار بیان این گزارشها نمی تواند کمک زیادی کند لازم است جمع بندی و تفسیر شوند. این جدول مربوط به یافته‌های پژوهش فعلی است و ارتباطی با گزارش قبلی (؟) احیا ندارد
۱۰۹	۶۷۳	شکل ۲۱ نباید قبل تر بررسی می شد؟ مطالعات خاک‌شناسی در این قسمت ارائه شده است
۱۱۰	۶۸۳	از این گزارش‌ها چگونه پتانسیل یابی (همانگونه که در تیتر اشاره شده است) انجام شده است؟

		مجموعهٔ این گزارش‌ها در کنار دیگر مستنداتی که در اختیار مجری بوده است، اطلاعات پایهٔ خاک منطقه را برای مجری جهت استفاده در مدل‌ها فراهم کرده است.
۱۱۱	۶۸۴ به بعد	منبع برای این مطالب ارائه شود. این قسمت، یافته‌های پژوهش هستند.
۱۱۲	۶۸۶ تا ۸۳۸	به جمع بندی مناسبی نیاز دارد. جمع‌بندی و تلفیق نتایج این بخش و سایر بخش‌ها در فصل ۸ انجام شده است.
۱۱۳	۸۴۶	الگوی کشت فعلی در جدول ۱ مربوط به چه سالی است؟ سال ۱۳۹۷ که مطالعه فعلی انجام شده است
۱۱۴	۸۴۶	چطور ذرت علوفه ای در سناریوی "توجه به نیاز منطقه ای" صفر می شود؟ پس نیاز دام چه؟ اساساً ذرت علوفه‌ای گیاهی نیست که با توجه به اقلیم منطقه و تناسب اراضی رای حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه قابل توصیه باشد؛ کما این که نتایج تناسب اراضی در همین جدول (ص ۸۴۶) نشان می‌دهد که حداکثر در کل سطح حوضه امکان کاشت ۳۲۱ هکتار از آن وجود دارد. طبیعتاً برای تامین نیاز دام باید از گیاهان دیگر و سناریوهای دیگر، با اولویت کاهش مصرف ۴۰ درصدی آب بخش کشاورزی بهره گرفت.
۱۱۵	۸۴۶	چرا سورگوم در دو سناریوی براوردی بیش از ۶۰۰ تا ۸۰۰ برابر سطح زیرکشت فعلی است؟ چه نیازی به این میزان تولید است؟ اگر نیاز منطقه ای این را می طلبد پس در الگوی کشت فعلی چرا توجه نشده؟ در راستای پاسخ به سوال پیشین، اگر قرار باشد در حوضه آبریز گیاه علوفه ای برای تامین نیاز دام کشت شود، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد سورگوم گیاهی علوفه‌ای است که در مقایسه با ذرت علوفه‌ای اولاً از نظر تناسب اراضی برای این منطقه مناسب‌تر است، ثانیاً، نیاز آبی بسیار کمتری دارد که برای سناریوی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی، گزینهٔ مناسبی به شمار می‌رود.
۱۱۶	۸۴۶	محصولاتی مانند یونجه، چطور در سناریوی تناسب منطقه ای صفر شده اما در سناریوی توجه همزمان به تناسب منطقه و نیاز منطقه ۷۱ هزار هکتار شده؟ تناسب منطقه ای که نباشد چطور این میزان کشت؟ ابته بسیاری از محصولات اینطور شده اند. وقتی نیاز منطقه هم لحاظ می‌شود یعنی مقدم بر تناسب اراضی است و با وجودی که تناسب اراضی حاکی از آن است که یونجه برای آن منطقه از نظر خاک و اقلیم مناسبت ندارد، از آنجا که منطقه باید علوفهٔ خود را تامین کند، پس یونجه (در کنار محصولات کم‌آب‌بری مانند سورگوم) در الگو پیشنهاد می‌شود. و البته باید توجه داشت ما در اینجا تصمیم گیر نهایی نیستیم، بلکه پیشنهاددهنده هستیم.

۱۱۷	۸۴۶	سود، هزینه و بهره وری در سناریوی الگوی تعیین شده با الگوی کشت فعلی مقایسه شود. این موضوع در جدول ۱۲ (صفحات ۶۵۹ الی ۶۶۲ قید شده است)
۱۱۸	۸۴۶	به هر حال بسیار سطحی به این مسئله پرداخته شده و کار اصلی در یک صفحه خلاصه شده بدون توضیح جامع. با احترام به زحمات تیم پژوهش، به نظر من بیشتر رفع تکلیف است. با احترام به نظر داور محترم، این بخش یک صفحه نیست، بلکه بخشی از تلفیق و جمع‌بندی مطالب از صفحه۶۸۶ تا ۸۳۸ است که اتفاقاً داور ارجمند اشاره کرده بودند باید جمع‌بندی شود. این جدول چکیدهٔ بخش تناسب اراضی این ۱۷۰ صفحه مطلب است.
۱۱۹	۸۴۸	بخش "جنبه های مختلف کشاورزی چندکارکردی" قبلا در داوری بیان شد که کلی گویی است و مربوط به حوضه نیست اما در این نسخه، تنها عنوان آن تغییر کرده و یک حوضه آبریز انتهای آن اضافه شده بدون اینکه متن کلّی گویی شده تغییری یابد. کارکردها و اصول کشاورزی چندکارکردی برای حوضه آبریز و دیگر مناطق یکسان است و جنبه‌های مختلف آن که در این بخش آمده است اصول موضوع را پوشش می‌دهد.
۱۲۰	۸۵۴ و ۸۵۵	چه نیازی به بیان جداول ۱ و ۲ در این صفحات است؟ در این دو جدول کارکردهای تولیدی و غیر تولیدی کشاورزی با هدف آشنایی مخاطب با مولفه‌های کشاورزی چندکارکردی و تجمیع این مولفه‌ها در دو جدول کوتاه ارائه شده است.
۱۲۱	۸۵۶	بخش "کشاورزی چندکارکردی " نیز مانند مورد قبلی تنها عنوان آن اصلاح شده بدون تغییر متن داخل آن لطفاً به توضیح بند ۱۲۰ رجوع شود.
۱۲۲	۸۵۹	بخش ۶-۷ در خصوص " ظرفیتهای گردشگری کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه "بخوبی پرداخته نشده و باید ظرفیتها از جنبه تعداد بازدیدکنندگان و منافع برای بخش خصوصی پرداخته شود. نه اینکه به ذکر تعاریف و مفاهیم بسنده شود. تعداد بازدیدکنندگان و منافع در ادامه متن مورد اشاره قرار گرفته است.
۱۲۳	۸۵۹	در خصوص " ظرفیتهای گردشگری کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه " واقعاً پرداختی انجام نشده است. از صفحه ۸۸۳ تا ۸۸۵ مواردی از ظرفیت‌های گردشگری کشاورزی حوضهٔ آبریز و مراسم و جشن‌های محلی که بالقوه امکان پذیرش و جذب گردشگر دارد اشاره شده است.
۱۲۴	۸۶۶	پرداخت مفصل به مفهوم "مزرعه فعال" چه لزومی دارد؟ مستقیماً به حوضه پرداخته شود.

		مفهوم مزرعه فعال یکی از مفاهیم کلیدی در گردشگری کشاورزی است که واحد تولیدی در گردشگری کشاورزی محسوب می‌شود و باید به خوبی تبیین گردد.
۱۲۵	۸۷۰	بخش "شباهتها و تفاوتهای گردشگری کشاورزی با اکوتوریسم و گردشگری روستایی" لزومی به پرداختن ندارد و مستقیماً به حوضه پرداخته شود. ضمن احترام به نظر داور محترم، برای ورود به بحث لازم بود این وجوه اشتراک و تفاوت بررسی و تبیین شود.
۱۲۶	۸۷۴	بخش " گردشگری کشاورزی و ارتباط آن با گردشگری روستایی و گردشگری غذا" لزومی به پرداختن ندارد و مستقیماً به حوضه پرداخته شود. لطفاً به بند ۱۲۵ رجوع شود.
۱۲۷	۸۸۶	در بخش ۷-۷ همچنان بجای کلی گویی لازم است مستقیماً به حوضه پرداخته شود. لطفاً به بند ۱۲۵ رجوع شود.
۱۲۸	۸۸۷	در جدول ۶ به جای پرداختن به رفرنس های خارجی بهتر است مستقیماً به حوضه پرداخته شود. پرداختن به این جدول چه فایده ای برای حوضه دارد؟ مثلا توجه به جنسیت کارافرینان گردشگری در نروژ چه کمکی به حوضه میکند؟ این قسمت پیشینه‌پژوهی موضوع برای مخاطب است.
۱۲۹	۸۸۸	در جدول ۷ به جای پرداختن به رفرنس های خارجی بهتر است مستقیماً به حوضه پرداخته شود. لطفاً به بند ۱۲۸ رجوع شود.
۱۳۰	۸۹۶	تحلیل SWOT برای یک نمونه خارجی چه فایده ای دارد؟ باید برای حوضه ارومیه انجام می شد. انجان این مورد که سخت نبود!! لطفاً به بند ۱۲۸ رجوع شود.
۱۳۱	۸۸۶ تا ۹۲۱	اگر از بیان مفاهیم و پرداختن به برخی کشورها هدفی دنبال میشود در یک جمع بندی مشخصی ارائه شود. به نظر این مطالب لزومی به ارائه نداشت. جمع‌بندی این موضوع در همین بخش و در ادامه ارائه شده است.
۱۳۲	۹۲۳	بهتر است بجای پرداختن به مسائل پراکنده از کشور، مستقیماً به حوضه پرداخته شود. لطفاً به بند ۱۲۸ رجوع شود.
۱۳۳	۹۲۵	بند بسیار خلاصه (ر یک صفحه و نیم) و کلی گویی شده لازم است مدل مفهومی گردشگری حوضه در قالب طرح کسب و کارهای مشخصی پیشنهاد شود.

		در ادامه این بخش، این موضوع مورد توجه قرار گرفته است
۱۳۴	۸۸۷ تا ۸۹۰	به جای پرداختن به اصول زنجیره تأمین گردشگری بهتر است مستقیماً به حوضه پرداخته شود.
۱۳۵	۹۲۸	ایتدا مدل مفهومی حوضه ارائه می شود و بعد مدل مفهومی کشور؟ مدل مفهومی گردشگری کشاورزی برای کشور در مورد این مطالعه به چکار میآید؟ هدف این مطالعه بوده؟ مدل مفهومی کشور برای تبیین مدل مفهومی حوضه ارائه شده است.
۱۳۶	۹۳۳	مواد و روشهای تدوین مدل گردشگری کشاورزی ایران، به چکار میآید؟ برای حوضه دریاچه ارائه شود. از همین مدل برای مدل گردشگری حوضه دریاچه استفاده شده است
۱۳۷	۹۳۵	چه لزومی به آوردن روش SWARA است؟ حداقل در نوشتن اندیس ها دقت کنید. روش SWARA برای وزن‌دهی شاخص‌ها و مولفه‌های مدل مفهومی استفاده شده است. منظور داور ارجمند از دقت در نوستن اندیس‌ها روشن نیست.
۱۳۸	۹۴۲ و ۹۴۳	جدول ۱۲ و شکل ۳۰ واقعا اگر این بخش مربوط به حوضه نیست نیازی نیست آورده شود و همان صفحات بعدی که به حوضه پرداخته شده کافی است. لطفاً به توضیحات بند ۱۳۶ رجوع شود.
۱۳۹	۹۷۸	در بیان نقشه راه گردشگری پایدار در حوضه متاسفانه بدیهیات بیان شده و کلی گویی شده است. از ص ۹۷۸ تا ۹۸۷ به تبیین مولفه‌های نقشه راه حوضه اختصاص دارد.
۱۴۰	۹۹۹	دو جدول ۱۷ در این فصل ذکر شده این باید ۱۸ باشد. حق با داور محترم است. اصلاح شد.
۱۴۱	۱۰۰۵	به گردشگری کشاورزی بیش از دید خصوصی دید دولتی شده است. چرا اینقدر این بخش پر رنگ است؟ جایگاه سرمایه‌گذار مشخص نیست به دلیل این که در این بخش سعی شده به نقش دولت در توسعه و گسترش گردشگری کشاورزی پرداخته شود. مادام که قوانین و نظر سیاست‌گذاران دولتی با توسعهٔ گردشگری کشاورزی همراه و موافق نباشد عملاً اتفاق خاصی در این حوزه رخ نخواهد داد
۱۴۲	۱۰۱۲	بیان شده "سهم اعتباری برنامه گردشگری کشاورزی، باید هر سال در بودجه‌های سنواتی به مدت ۵ سال از شروع برنامه، از محل اعتبارات ملی و یا استانی پیش‌بینی گردد" اما چرا بودجه؟ چرا ۵ سال؟ چرا جذب سرمایه گذار انجام نشود؟ ۵ سال از کجا آمده؟

		توسعهٔ گردشگری کشاورزی نیازمند توجه جدی دولت و تامین اعتبار برای گسترش آن باشد. در تمام دنیا، ضمن آن که گردشگری صنعتی متعلق به عمدتاً بخش خصوصی است ولی همواره از توجه و تخصیص اعتبارات و بودجه دولتی برخوردار است
۱۴۳	۱۰۱۲	در شکل ۱۹ این هزینه برای چه مساحتی از گردشگری کشاورزی است؟ به ازای چه منافعی؟ این جدول برای ۱ واحد گردشگری کشاورزی متعارف طراحی شده و مساحت آن در اولویت نبوده است.
۱۴۴	۱۰۱۳	در جدول ۲۰ به گردشگری کشاورزی به عنوان فعالیت سوداور نگاه نشده است و نگاه حمایتی به آن شده. لطفاً به توضیح بند ۱۴۲ مراجعه شود
۱۴۵	۱۰۲۰	در جدول ۲۲ چرا مدل سرمایه گذاری توسط بخش سرمایه گذار پیشنهاد نشود؟ چرا باید سرمایه گذار حق عضویت بدهد؟ لطفاً به توضیح بند ۱۴۲ مراجعه شود
۱۴۶	۱۰۲۵	در جدول ۲۳ به نظر خیلی پیچیده گردشگری کشاورزی دیده شده و سنگ بزرگ برداشته شده است. در حالی که همین الان در آذربایجان غربی گردشگری کشاورزی در حال انجام است و سرمایه گذار می داند باید چه کند و تنها نیاز به تسهیل فرایند دارد. لطفاً به توضیح بند ۱۴۲ مراجعه شود
۱۴۷	۱۰۴۵	در جمع بندی همان نوشتار قبل کپی شده اینطور جمع بندی کردن مناسب نیست. مثلا شکل ۷ همینطور شکل ۸ و .. در صفحه ۱۰۵۳ و ۱۰۵۵ و ... قبلا تکرار شده و متن هم دقیقا همان است مثلاً متن "نیاز آبی گندم و کلزا برای سال ۲۰۲۰" این فصل تلفیق و جمع‌بندی و خلاصه‌سازی مطالب پیشین برای سهولت بحث و یکپارچه‌سازی مطالبی است که در گزارش و در بخش‌های پیشین ذکر شده است.

ارائه نظر جمع بندی با توجه به شرح خدمات
۱-متاسفانه باید عرض کنم تقریبا هیچ یک از تصحیحاتی که بنده عرض نمودم اعمال نشده و تنها زحمت داوری مجدد با این همه صفحات بر دوش داوری افتاده است. با احترام به نظر داور محترم، بخش قابل توجه نظرات داوران و همچنین ناظر محترم طرح که طی صورت‌جلسه ۹۸/۱۰/۱۸ به مجری ابلاغ شد در گزارش نهایی تسلیمی در اسفند ۹۸ اعمال گردید که در آن گزارش با رنگ قرمز مشخص شده است. نظراتی را هم که داور ارجمند در این گزارش و در این نوبت ارائه کرده‌اند جداگانه و یک به یک پاسخ داده شده است. ۲- اگر قرار نیست داوری مد نظر محققین محترم قرار گیرد، چرا داور این همه زمان صرف داوری میکند؟ همان‌طور که در پاسخ به پرسش پیشین اشاره شد، نظرات همهٔ داوران محترم توسط مجری بررسی و پاسخ داده و اصلاحات بر پایهٔ موارد ضروری انجام شده است. ناظر محترم طرح گواه بر این ادعای مجری هستند. مجری مجدداً از این داور ارجمند و همهٔ داوران گرامی طرح صمیمانه سپاسگزاری می کند. ۳- مطابق صورت جلسه نیز حتی رفتار نشده و مواردی که مربوط به بحث اقتصادی بوده (مشابه بخش های دیگر) انجام نشده. طبق بند ۱۴صورت جلسه باید گندم آبی و دیم جدا می شد که نشد. طبق بند ۱۵ مشخص نشد که نقشه کاربردی چطور و با چه سهمی است؟ بخش های غیر باغ و زراعت چه سهمی در منطقه دارند؟ طبق بند ۱۷ باید یک روندی از وضعیت دام و مصارف علوفه بررسی می شد و پیش بینی روند جمعیتی دام و برآوردهای نیاز علوفه ای آنان مطابق الگوی پیشنهادی می شد. این در حالی است که ذرت علوفه ای در سناریوی نیاز منطقه در الگوی کشت، معادل صفر برآورد شده است (رجوع به جدول ۴ صفحه ۲۰ گزارش نهایی)! و .... بند ۱۴ اعمال گردیده است و از ص ۲۸۴ تا ۲۹۲ منحصراً در مورد گندم دیم است که بر اساس نظرات داور محترم تغییرات اعمال گردید. در مورد بند ۱۶ در نامه توضیحات اصلاحات نهایی در اسفند ماه ۹۸ هم اشاره شد که آنچه در این گزارش در مورد نیاز آبی و به عنوان «مقدار آب مصرفی محصولات کشاورزی حوضه در واحد سطح» در محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب و همچنین در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است، ارقامی است که از گزارش "راهکارهای اجرایی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود- گزارش بررسی‌های اقتصادی" اقتباس شده است که **مقادیر واقعی مصرف آب هستند و نه نیاز خالص آبیاری**. به طور طبیعی در محاسبه مقدار مصرف آب مشاور یکم، مقدار باران موثر نیز لحاظ شده است. از این رو مقادیر بهره‌وری به‌دست‌آمده بر اساس مصرف آب، مقادیر واقعی‌تری هستند، چرا که در صورت استفاده از نیاز آبی خالص در محاسبه شاخص بهره‌وری، هیچ تضمینی وجود ندارد که این مقدار

آب واقعاً مصرف شده باشد. از سوی دیگر، چنانچه این فرض پذیرفته شود که به اندازه نیاز خالص گیاه آب مصرف شده است، در این صورت عملکردهای موجود بسیار پایین خواهد بود و این امر محاسبه بهره‌وری آب را دچار انحراف خواهد ساخت.

در مورد بند ۱۷ نیز در توضیحات همراه با گزارش نهایی اصلاح‌شده در اسفند سال ۹۸ اعلام شد که در خصوص موضوع علوفه دو برخورد با آن می‌توان داشت. رویکرد اول که در این پژوهش منظور شده این است که فرض شود علوفه مانند هر محصول دیگر یک کالای قابل تجارت بین استانی است و لذا در صورت کمبود این محصول می‌توان آن را از سایر استان‌های کشور به محدوده طرح وارد کرد. در این صورت ارائه سناریوی کاهش ۵۰ درصد تولید یونجه معنی‌دار خواهد بود. رویکرد دوم این است که قیودی برای تامین علوفه مورد نیاز دام در منطقه به الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی وارد کنیم؛ بدین معنی که در هر صورت میزان عرضه علوفه در منطقه حداقل باید به اندازه نیاز و تقاضای علوفه باشد. این امر به لحاظ ریاضی با تحمیل یک قید تعادل عرضه و تقاضای علوفه به مدل برنامه‌ریزی ریاضی امکان‌پذیر است، اما در این صورت عملاً دیگر سناریوی کاهش ۵۰٪ سطح زیرکشت یونجه بی‌معنی خواهد بود، یعنی در راه حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی infeasibility حاصل می‌شود. بر این اساس، یا با توجه به نیاز علوفه‌ای منطقه باید عملاً گفت که امکان کاهش سطح محصولات علوفه‌ای وجود ندارد و سناریوی ۵۰٪ کاهش علوفه نیز از گزارش حذف شود و یا این که رویکرد اول را پیذیریم که با توجه به وضعیت کمبود منابع آب در حوضه، کاهش تولید محصولات علوفه‌ای نیز امکان‌پذیر است و کمبودهای علوفه را نیز می‌توان از سایر مناطق کشور که از وضعیت آبی بهتری برخوردارند وارد کرد.

۴- ضمن احترام به زحمات گروه پژوهشی، باید عرض کنم که این مطالعه از نظر بنده حاوی مطالب ارزشمند حداقل در زمینه اقتصاد حوضه نیست و اهداف این مطالعه را پوشش نمی دهد.

بر اساس نظر داور محترم، مجدداً بخش مطالعات اقتصادی با توجه به توضیحات و نظرات داور محترم، بازنگری شد و به عمدهٔ سوالات ایشان پاسخ داده شد و توضیحات لازم در موارد ضروری ارائه گردیده است.

نظرات داور سوم و پاسخ مجری به آن

فرم ارائه نظر بر گزارش‌های مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

	عنوان قرارداد: پهنه بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه	
	عنوان گزارش: پهنه بندی آگرواکولوژیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (فاز ۱)	
	کارفرما: ستاد احیا دریاچه ارومیه	**مجری: دانشگاه شهید بهشتی**
	تاریخ تهیه گزارش: اسفند ۹۸	**تاریخ ارسال نظرات: ۲۰ فروردین ۱۳۹۹**
	ناظر/داور:	**درصد پیشرفت:**

ردیف	صورتجلسه داوری	ارائه نظر فنی
۱	بند ۱۱	جمع‌بندی در خصوص تغیر اقلیم (نوسانات آب و هوایی) انجام نشده با احترام به نظر داور محترم، در چکیده اجرایی (صفحات ۸ الی ۱۰) جمع‌بندی اجرایی تغییر اقلیم و نوسانات آب‌وهوایی ارائه شده است. همچنین در پایان بخش ۴-۳ (صفحات ۳۴۹ و ۳۵۰) نیز یک جمع‌بندی ارائه شده است. همچنین در فصل ۸ گزارش که مربوط به جمع‌بندی و ارائه دستاوردهاست (صفحات ۱۰۶۳ تا ۱۰۶۵) این جمع‌بندی صورت گرفته است
۲	بند ۱۴	گندم دیم بررسی نشده گندم دیم در صفحات ۲۸۴ الی ۲۹۲ مورد بررسی قرار گرفته است.
۳	بند ۲۰	تلفیق بین بخش‌های مختلف گزارش انجام نشده با احترام به نظر داور محترم، مجری تلاش کرد با افزودن بخش جدیدی به گزارش، یعنی فصل ۸ (نتیجه‌گیری و جمع‌بندی دستاوردها، از صفحه ۱۰۲۸ الی ۱۱۱۰) تلفیق مناسبی بین بخش‌های مختلف گزارش ایجاد کند و با ارائهٔ نتایج بخش‌های گوناگون گزارش، یکپارچه‌سازی دستاوردها در این بخش و همچنین در بخش چکیده اجرایی صورت بگیرد. اصلاحاتی بر همین اساس در صفحات ۱۰، ۱۱ و ۱۵ صورت گرفت.
۴	بند ۲۲	سناریوهای برتر – کاربردی و مطابق با سیاست‌های کلی نظام ارائه نشده. با احترام کامل برای داور محترم، بر اساس آنچه در جلسات ارائه نتایج صحیت و تصمیم گیری شد؛ سناریوهای کاربردی که منطبق با سیاست‌های کلی نظام باشد در قالب الف) توسعهٔ کشت گلخانه‌ای،

		ب) توسعهٔ کشت گیاهان دارویی، پ) توسعهٔ گردشگری کشاورزی ارائه شد. مستندات همسویی این سناریوها با سیاست‌های کلی نظام و برنامه‌های ستاد احیا در هر ۳ حوزهٔ کشت گلخانه‌ای، کشت گیاهان دارویی و گردشگری نیز در متن گزارش ارائه شده است.
۵	بند ۲۳	نقشه پهنه بندی اگرواکولوژیک shp فایل ارائه نشده. فایل‌های رستری و shp. کار در اختیار وزارت محترم جهاد کشاورزی است که به دلیل مالکیت معنوی بر این فایل‌ها در اختیار مجری قرار نگرفته است. مجری ضمن تشکر از حمایت بی‌دریغ وزارت جهاد کشاورزی، به ویژه معاونت امور زراعت و دفتر الگوی ملی کشت که با عنایت کامل و بدون هیچ گونه چشمداشت مادی و صرفاً برای انجام رسالت ملی و علمی خود به یاری مجری در اجرای طرح آمد، اعلام می کند همان طور که کارفرمای محترم نیز واقف است هزینه یک نقشه از این فایل‌ها از کل هزینه این طرح با این شرح خدمات گسترده بیشتر است. به علاوه، طبق مذاکرات متعدد مجری با کارفرمای محترم، یک توافق دوجانبه صورت گرفت که بر اساس آن کارفرمای محترم مستقیماً این فایل‌ها را از وزارت جهاد کشاورزی مطالبه نماید.

ارائه نظر جمع بندی با توجه به شرح خدمات
۱- بررسی مجدد گزارش تنظیم شده پس از ارائه نقطه نظرات داوران با تخصص های مرتبط با بخش های مختلف گزارش و پیرو بحث و تبادل نظر در خصوص ابهامات ارائه شده از سوی داوران و تنظیم صورتجلسه تعهدات مجری طرح حاکی از اینست که بطور اجمال طرح مزبور: از انسجام لازم بین بخش‌های مختلف برخوردار نیست. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، مجری تلاش کرد با افزودن بخش جدیدی به گزارش، یعنی فصل ۸ (نتیجه‌گیری و جمع‌بندی دستاوردها، از صفحه ۱۰۲۸ الی ۱۱۱۰) تلفیق مناسبی بین بخش‌های مختلف گزارش ایجاد کند و با ارائهٔ نتایج بخش‌های گوناگون گزارش، یکپارچه‌سازی دستاوردها در این بخش و همچنین در بخش چکیده اجرایی صورت بگیرد. منجر به استخراج راهکارهای قابل توصیه و قابل اجرا نشده است. با احترام به نظر داور گرامی، راهکارهای ارائه شده در این گزارش، که به شکل فشرده در پایان بخش ۸ نیز ارائه شده است، هم قابل توصیه است و هم اجراشدنی. به عنوان نمونه، بر اساس گزارش‌های ستاد احیا، کشت گیاهان دارویی در سال‌های اخیر در منطقه

توسعه پیدا کرده است و با اقبال کشاورزان نیز روبرو بوده است و مجری هم توصیه‌ای مبنی بر توسعهٔ ۱۵۰۰۰ هکتاری برای کشت گیاهان دارویی داشته است که با توجه به کل سطح زیر کشت حوضهٔ آبریز و نیازهای داخلی و بین‌المللی و ظرفیت‌های بالقوه و بالفعل، توصیهٔ غیر عملیاتی محسوب نمی‌شود.

بطور مشخص،

بخش‌های اصلی این گزارش شامل اثرات نوسانات آب و هوایی - مطالعات اقتصادی – پهنه بندی اگرواکولوژیک و بهینه سازی الگوی کشت بصورت کاملا مجزا آمده و نتایج مستقل از هم را در بردارند.

نظر داور محترم صحیح است؛ با این حال مجری تلاش کرده است نتایج مستقل این بخش‌ها را در بخش جدیدی که به گزارش افزوده است با یکدیگر تلفیق و از دل این تلفیق، راهبردهای اجرایی و عملیاتی توصیه نماید.

در بخش **نوسانات آب و هوایی** روند تغیرات آب و هوایی در افق سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفته و برای سه کشت گندم، کلزا و ذرت اثرات تغیرات دما، بارندگی بر روی طول دوره رشد ارقام زودرس و دیررس و بر مصرف آب و عملکرد این سه محصول برای شهرستانهای مشخصی (۷ شهرستان) ارائه شده است. البته بررسی سه کشت لزوما در تمام این شهرها نبوده.

اساسا مشخص نیست بالاخره نوسانات آب و هوایی چه تاثیری در مصرف کشتهای غالب منطقه و همچنین در منابع تامین آب در افق موردنظر داشته. و چاره چیست.

راهکارهای ارائه شده نظیر

کشت جایگزین کم مصرف کلزا،

انتخاب ارقام زودرس و یا

کشت پاییزه بجای بهاره مستخرج از بررسی های نوسانات آب و هوایی نیست.

جمع‌بندی و ارائه دستاوردهای بخش نوسانات آب‌وهوایی در پایان همان بخش و همچنین در فصل هشتم، صفحات ۱۰۶۳ تا ۱۰۶۵ ارائه شده است. توصیه‌هایی نظیر انتخاب ارقام زودرسو یا کشت بهاره نیز با توجه به نتایج این بخش و دیگر مطالعات ارائه شده است.

هدف از بخش **مطالعات اقتصادی** الگوی کشت تجویزی متناسب با شاخصهای سودآوری، اشتغال و مصرف آب اعلام شده است.

در این بررسی ۹ کشت گندم – جو – یونجه – چغندرقند – گوجه فرنگی – پیاز – جالیز – ذرت دانه ای – ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفته. **که متفاوت از بخش قبلی است**. این بخش عمدتا بر اساس اطلاعات مستخرج از مطالعات مهندسین مشاور یکم و در منطقه **میاندوآب** انجام شده است. که **با موقعیت های مورد بررسی در بخش قبلی تناسبی ندارد**.

سه سناریوی

کاهش تخصیص آب

افزایش راندمان آبیاری

محدودسازی محصولات پرمصرف

ارائه شده و نهایتا **منجر به جمع بندی مشخصی نشده است**.

راهکارهای موردنظر در این بخش متناسب با راهکارهای پیشنهادی در بخش قبلی نیست.

با توجه به جمع‌بندی نتایج مطالعات اقتصادی (جدول ۱)، در سناریوهای کاهش عرضه منابع آب بخش کشاورزی بیشترین کاهش سطح متوجه محصولاتی نظیر غلات، گیاهان علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند است. چنانچه عرضه آب بخش کشاورزی محدوده میاندوآب به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ کاهش یابد کل سطح اراضی کشاورزی این منطقه به ترتیب ۱۷، ۲۴/۵ و ۶/۴ درصد و کل بازده ناخالص فعالیت‌های زراعی و باغی منطقه به ترتیب ۵/۱، ۹/۴ و ۱۴/۴ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش می‌یابد.

در بخش **پهنه بندی اگرواکولوژیک و بهینه سازی الگوی کشت** ۲۹ کشت مختلف مورد بررسی قرار گرفته.

۹ سناریوی ترکیبی ارائه شئه و در نهایت پیشنهاد:

افزایش سطح زیر کشت زعفران از ۳۰ هکتار فعلی به ۱۷۰۰۰ هکتار

افزایش سطح زیر کشت پسته از ۵۸۶ هکتار فعلی به ۴۱۰۰۰ هکتار

افزایش سطح زیر کشت سورگوم از ۱۱ هکتار فعلی به ۶۷۰۰ هکتار

کاهش سطح زیر کشت سیب از ۷۰۰۰۰ هکتار فعلی به ۵۶۰۰۰ هکتار

کاهش سطح زیر کشت چغندر از ۲۶۵۰۰ هکتار فعلی به ۱۷۲۰۰ هکتار ا

ارائه شده که اساسا قابلیت اجرایی . پذیرش اجتماعی ندارد.

با احترام به نظر داور محترم، دو نکته در این ارتباط قابل طرح است:

قابلیت پذیرش اجتماعی ماهیتی پایا (استاتیک) ندارد؛ پویا است و می‌توان آن را تغییر داد و ما بر این باور هستیم که هم آمادگی پذیرش تغییر اجتماعی در حوضه وجود دارد و هم سابقهٔ پذیرش تغییر (مثلاً از انگور به سیب). نکته دوم آن که حاکمیت و ستاد و

دیگر مجموعه‌های ذیربط و ذینفع باید ابزارهای تشویقی و سیاست‌های حمایتی را برای این تغییر ایجاد کنند. و البته اصل موضوع هم که ایده‌ها قابلیت پذیرش اجتماعی ندارد مورد قبول کامل مجری نیست.

در عین حال نهایتا بیان شده که رویکرد کاهش مصرف آب ۴۰ درصد در بخش کشاورزی منجر به :

۳۳ درصد کاهش سود خالص

۱۲ درصد کاهش بهره‌وری اقتصادی آب

۳۷ درصد کاهش اشتغال خواهد شد.

چاره هم

احداث ۳۰۰۰ هکتار گلخانه

۱۲۰۰۰۰ گردشگر کشاورزی

۱۵۰۰۰ هکتار گیاهان دارویی دانسته شده است.

امکان‌سنجی و پذیرش اجتماعی این راهکارها بطور جدی مورد تردید است.

با احترام به نظر داور محترم، در مورد امکان‌سنجی این راهکارها و پذیرش آنها چند نکته مطرح است. اول، این راهکارها بر اساس سیاست‌های حاکمیتی و بالادستی استخراج شده است؛ به عنوان مثال در مورد احداث گلخانه و عدد ۳۰۰۰ هکتار که توسط مجری ارائه شده به ذکر این توضیح پرداخته می‌شود:

وزیر وقت جهاد کشاورزی در شهریور ماه سال ۹۸ و در هفتمین گردهمایی سراسری کشت محصولات زراعی سال ۹۹-۹۸ با اشاره به عقب‌ماندگی کشور در احداث گلخانه‌ها اظهار کردتوسعه گلخانه‌ها به عنوان راهکار حل سریع دو چالش آب و اشتغال کشور است. وی اشاره می‌کند وسعت گلخانه‌های کشور با رشد ۲۵ درصدی از ۱۲ هزار هکتار در سال ۹۶ به ۱۵ هزار هکتار در سال ۹۷ افزایش یافته است اما با این وجود، در مقایسه با کشورهایی مانند ترکیه که ۶۰ تا ۷۰ هزار هکتار گلخانه دارد، نیاز به پیشرفت داریم. وی با تاکید بر این که آب و خاک با هم مفهوم پیدا می کند و در بخش کشاورزی موضوعیت می یابد، تصریح کرد: آب و اشتغال دو چالش بزرگ کشور و توسعه گلخانه ها راهکار حل سریع این دو چالش است. وی با اشاره به این که بازار مصرف محصولات گلخانه‌ها در منطقه وجود دارد، بر لزوم بازاریابی محصولات گلخانه‌ای کشور تاکید کرد و افزود: برای اجرای برنامه توسعه ۵۸۰۰ هکتاری گلخانه‌ها در سال جاری از آقای نوبخت رئیس سازمان برنامه و بودجه کشور درخواست ۲۰ هزار میلیارد تومان تسهیلات کرده‌ام. وی با بیان این که ۲۳ درصد اشتغال کشور پارسال در روستاها بوده و ۶۵ تا ۷۰ درصد تسهیلات طرح اشتغال پایدار روستایی

و عشایری در شاخه‌های بخش کشاورزی جذب شده است، بر ضرورت تسهیل‌گری در دادن مجوز گلخانه‌ها تاکید کرد (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت جهاد کشاورزی).

علاوه بر امکان‌سنجی، بحث پذیرش اجتماعی هم توسط مجری در بخش پیشین توضیح داده شد.

***

در زمینه نتایج به دست‌آمده در این طرح و نقدی که به قابلیت اجرا، پذیرش اجتماعی و مقبولیت سیاسی آنها و توصیه‌های ارائه‌شده وارد آمده است باید به یک نکتهٔ دیگر هم توجه داشت. به هر حال کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضه یک جراحی جدی و عمیق است و پیامدهای قابل‌توجهی هم به دنبال خواهد داشت. نمی‌توان انتظار داشت مصرف آب را ۴۰ درصد کاهش دهیم و درآمد، سطح زیر کشت و تولید کاهش نیابد. مهم آن است که ما با بهره‌گیری از دانش فنی به سمت کمینه‌سازی پیامدهای منفی و بهینه‌سازی گزینه‌های جایگزین و پیشنهادی بپردازیم. موضوع کاهش تولید و درآمد و حتی افزایش وابستگی به دلیل کاهش مصرف آب در سطح کلان کشوری هم بررسی و مورد تایید قرار گرفته است؛ به عنوان نمونه، در مقیاس کلان‌تر کشوری هم همین مساله حوضه به چشم می‌خورد: سلطانی (۱۳۹۷) در طرح مدل‌سازی و تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۲۰۵۰ که به سفارش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کشورانجام شد و نتایج آن به طور رسمی مورد تایید وزارت جهاد کشاورزی بوده است چنین می‌آورد:

«مقایسه برداشت فعلی آب برای کشاورزی در کشور (۸۶ میلیارد متر مکعب در سال) و حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی (۶۲ میلیارد متر مکعب در سال) که توسط وزارت نیرو مشخص شده است، نشان می دهد به طور متوسط ۲۸٪ اختصاص فعلی، اضافه برداشت است؛ این اضافه برداشت در استان‌ها بین ۲ تا ۵۳٪ متغیر است... اما، در الگوی جایگزین ۱۸ درصد از سطح زیر کشت آبی کاسته خواهد شد و همچنین وابستگی به واردات برنج، روغن، قند و شکر و محصولات علوفه‌ای (یا دامی) افزایش خواهد یافت که با توجه به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی حاصله، قابل تحمل خواهد بود.... بخش قابل توجهی از کاهش تولیدات علوفه با کشت دیم این گیاهان در اراضی آبی آزادشده (۱۸ درصد)، قابل جبران خواهد بود».

با این همه، مجری کاملاً از این نظر با داور محترم موافق است که عملیاتی شدن این ایده‌ها و راهبردها کار بسیار دشواری است و ما موظفیم این وظیفهٔ دشوار را همراه با هم انجام دهیم.

داوری دور دوم
نظرات داور اول و پاسخ مجری به آن

هواللطیف

وضعیت تحقّق شرح خدمات با توجه به خروجی مورد درخواست در فاز ۱ پروژه (Output)

۱) تصمیم‌سازی در راستای حفظ محصولات زراعی فعلی، حذف احتمالی برخی از آنها و جایگزین‌های بالقوهٔ آنها

(نظر کارفرما: نقاط ضعف مورد اشاره هنوز به صورت کامل برطرف نشده است)

توضیحات مجری

بر اساس آنچه در طول نگارش پروپوزال و شرح خدمات قرارداد میان کارفرما و مجری تعامل شد، مقرر گردید خروجی‌های قرارداد منجر به «تصمیم‌سازی» برای حفظ یا حذف محصولات زراعی کنونی و جایگزینی با محصولات بالقوه شود تا در آینده و در فرایند «تصمیم‌گیری» که توسط کارفرما و دیگر مراجع و ذینفعان صورت می‌گیرد به کار رود. با این تعریف، نتایج فصول گوناگون این گزارش، از جمله: الف) نتایج فصل سوم، بخش بررسی گیاهان جایگزین (صفحه ۳۵۱ گزارش نهایی)، بخش بررسی ارقام گیاهان زراعی با نیاز آبی کمتر (صفحه ۳۶۷) و نیز بخش ارزیابی گیاهان جایگزین (صفحه ۳۷۵)، ب) نتایج فصل چهارم، بخش آسیب‌شناسی ترکیب کشت فعلی... (صفحه ۴۷۱)، و پ) نتایج فصل ششم در بخش تناسب اراضی محصولات کنونی و جدید (صفحه ۶۸۴ به بعد) همگی در مورد ضرورت حذف یا حفظ محصولات فعلی و ضرورت افزودن محصولات جدید و معرفی محصولات جایگزین بحث کرده‌اند که به شکلی شفاف، کمّی و با لحاظ کردن اهداف سه‌گانهٔ ستاد (بیشینه‌سازی سود کشاورز، بیشینه‌سازی اشتغال، کاهش مصرف آب بخش کشاورزی) به «تصمیم‌سازی» در این مورد منجر خواهد شد.

۲) ظرفیت‌سازی سرمایهٔ انسانی کارشناس از طریق برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای انتقال نتایج مطالعات و جمع‌بندی نتایج حاصله

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

با هماهنگی با کارفرمای محترم، پس از تایید گزارش، برگزاری کارگاه هماهنگ خواهد شد.

۳) بهینه‌سازی دوره رشد محصولات تحت کاشت با هدف بهینه‌سازی مصرف منابع با محوریت آب

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

همان‌گونه که در بخش متدولوژی پهنه‌بندی اگرواکولوژیک در گزارش نهایی مشخص شده است (صفحه ۶۴۵ گزارش نهایی) در مدلی که برای تناسب اراضی و الگوی کشت استفاده شد ۳ هدف اصلی شامل ۱) بیشینه‌سازی سود خالص (GNR)، ۲) بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب (GEWP)، و ۳) کمینه‌سازی مصرف آب (GWC) دنبال شد. بنابراین خروجی تناسب اراضی و پهنه‌بندی در این گزارش (که از صفحهٔ ۶۸۴ الی ۸۳۷ برای ۳۱ محصول زراعی و باغی ارائه شده است) مترادف است با «انتخاب و کاشت مناسب‌ترین محصولات برای دستیابی به اهداف سه‌گانهٔ فوق و از جمله هدفِ کمینه‌سازی مصرف آب». و همان‌طور که در متدولوژی سناریوهای ۹گانهٔ این بخش در گزارش نهایی قید شده است (جدول ۱۱ صفحه ۶۵۸)، بهینه‌سازی مصرف منابع با اولویت آب در این سناریوها لحاظ شده است:

جدول ۱۱. سناریوهای مختلف الگوی کشت بهینه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس اعمال محدودیت‌های موردنظر سیاست‌گذار (ستاد احیا دریاچه ارومیه)

سناریوها	توضیح
سناریو ۱	بدون محدودیت
سناریو ۲	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح
سناریو ۳	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۴	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۵	سناریو ۲ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۶	محدودیت تغییر ۵۰ درصدی سطح + محدودیت نیاز دامی
سناریو ۷	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۸	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب
سناریو ۹	سناریو ۶ + محدودیت کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب

در مفروضات مدل، همان‌طور که در صفحه ۶۳۸ گزارش نهایی قید شده است: «در مطالعه حاضر، نیاز آبی خالص گیاهان از نرم‌افزار Netwat استخراج شد و نیاز ناخالص آبیاری برای هر محصول بر مبنای راندمان آبیاری ۵۵٪ محاسبه گردید. همچنین، کل آب مصرفی برای هر الگو از حاصلضرب نیاز ناخالص آبیاری در سطح کشت هر محصول به دست آمد». در ادامه، و در صفحه ۶۶۴ گزارش نهایی قید شده است که نیاز رویشی محصولات در این مطالعه

«بر اساس اقلیم، خاک و زمین‌نما تهیه شد. پایه و اساس این جداول، روش سایس و همکاران (۱۹۹۳) است که توسط موسسهٔ خاک و آب کشور بر اساس شرایط ایران اصلاح شده است».

در روش سایس و همکاران (۱۹۹۳) نیاز رویشی که برای پهنه‌بندی محاسبه می‌شود مبتنی بر «فنولوژی گیاه زراعی» و بنابراین طول دورهٔ زمانی و حرارتی‌ای است که گیاه برای تکمیل رشد و سپری کردن مراحل نموّی طی می کند. بر همین اساس هم، در صفحه ۶۶۵ گزارش نهایی قید شده است که برای فنولوژی محصولات زراعی و باغی منتخب «اطلاعات مربوط به دوره‌های فنولوژی محصولات مورد مطالعه از موسسات تحقیقاتی ملی و محصولی و مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی و معاونت‌های بهبود تولیدات گیاهی سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها دریافت گردید. پس از دریافت فرم‌های تکمیل‌شده، دوره‌های فنولوژی محصولات هر استان در خرداقلیم‌های تعریف شده به روش ACZ تکمیل شد». بنابراین مشخص می‌شود که در نتایج این گزارش، بهینه‌سازی دوره رشد ۳۱ محصول زراعی و باغی منتخب بر اساس هدف کاهش مصرف آب بخش کشاورزی انجام شده است.

بنابراین، تکرار می‌شود که خروجی تناسب اراضی و پهنه‌بندی برای ۳۱ گیاه زراعی و باغی که از صفحهٔ ۶۸۴ الی ۸۳۷ گزارش ارائه شده است در واقع بهینه‌سازی دوره رشد این محصولات با هدف کاهش مصرف آب بخش کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است.

٤) بهینه‌سازی تخصیص منابع آبی به بخش کشاورزی بر پایه تصویر واقع‌بینانه از پاسخ محصولات زراعی حوضه به شرایط اقلیمی، خاکی و هیدرولوژیک

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

تعریف کلاسیک و پذیرفته‌شدهٔ پهنه‌بندی اگرواکولوژیک چنین است: «بررسی تناسب کشت محصولات زراعی در یک منطقه بر اساس شرایط اقلیمی، خاکی و آبی». این بند از خروجی هم برای این قرارداد که عنوان آن «پهنه‌بندی اگرواکولوژیک.....» است حکایت از همین امر دارد. در فصل ششم که تناسب اراضی انجام شده است و در بخش روش‌شناسی (متدولوژی) انجام کار (صفحه ۶۶۴ الی ۶۶۷)چنین آمده است که برای تناسب اراضی و پهنه‌بندی اگرواکولوژیک این مولفه‌ها مورد توجه قرار گرفته است:

الف) پتانسیل اراضی و عوامل محدودکنندهٔ اقلیمی- خاکی (صفحه ۶۶۴) که ناظر بر شرایط اقلیمی و خاکی است که در این بند از خروجی به آن اشاره شده است.

ب) در صفحه ۶۷۴ و در ادامهٔ متدولوژی آمده است که پس از لحاظ کردن شرایط اقلیمی و خاکی، مطالعات خاک‌شناسی حوضه در برش لایهٔ آبی تلفیق می‌شود (شکل ۲۳ صفحه ۶۷۵) که مترادف با لحاظ کردن شرایط هیدرولوژیک است.

و اما در مورد «بهینه‌سازی تخصیص منابع آبی به بخش کشاورزی» باید چنین گفت: بر اساس سناریوهای ۹گانه‌ای که توسط کارفرما به مجری ابلاغ شده است (جدول ۱۱ صفحه ۶۵۸) الگوی کشت بهینه و تناسب اراضی بهینه که در این قرارداد انجام شده است مبتنی بر اعمال محدودیت‌های موردنظر سیاست‌گذار (ستاد احیا) است که در نهایت سناریوی ۵ یعنی کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی مورد نظر کارفرماست. بدین ترتیب، خروجی این سناریوها عبارت است از: **بهینه‌سازی تخصیص منابع آبی (٤٠ درصد کاهش مصرف آب کشاورزی) بر پایهٔ تناسب اراضی، یعنی لحاظ کردن عوامل اقلیمی، خاکی و گیاهی.**

پ) نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه که از صفحه ۶۸۴ الی ۸۴۶ برای ۳۱ محصول زراعی و باغی آمده است دقیقاً پاسخ همین بند از خروجی‌هاست که «الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی، خاکی و نیاز منطقه‌ای» طراحی شده است که نیاز منطقه‌ای (جدول ۱ صفحه ۸۴۶) به معنای کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی است که سناریوهایی است که توسط کارفرما به مجری ابلاغ شده است.

۵) ترسیم جایگاه کلان کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در اقتصاد منطقه مبتنی بر شاخص‌های کمّی

(نظر کارفرما: داده‌های مورد استفاده قدیمی می‌باشد و نقاط ضعف مورد اشاره هنوز به صورت کامل برطرف نشده است)

توضیحات مجری

الف) همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد بر اساس قرارداد و شرح خدمات مقرر شد که اطلاعات و داده‌ها از سوی ستاد احیا در اختیار مجری قرار بگیرد. در برخی بخش‌ها و برای پرهیز از دوباره‌کاری و یا انجام پژوهش جدید مقرر شد داده‌هایی که از سوی ستاد در اختیار مجری قرار می‌گیرد صرفاً توسط مجری آنالیز و تحلیل شود.

ب) جایگاه کلان کشاورزی حوضه در بخش‌های مختلف گزارش (علاوه بر بخش مورد اشارهٔ کارفرما، در فصل دوم، صفحه ۲۱۲ تا ۲۲۸؛ فصل چهارم صفحه ۳۹۵ تا ۴۲۲؛ و در فصل هشتم که جمع‌بندی و تلفیق نتایج صورت گرفته) نیز به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است.

٦) محاسبه شاخص‌های اقتصادی مرتبط با آب (ارزش اقتصادی آب در مصارف مختلف کشاورزی ، بهره‌وری اقتصادی، اشتغال‌زایی و ...)

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

شاخص‌های اقتصادی مرتبط با آب در کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه در قسمت‌های مختلف گزارش نهایی ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که به شرح ذیل می‌باشد:

الف) در بخش ۱۱-۴ فصل چهارم از صفحه ۴۶۲ گزارش نهایی با عنوان «براورد بهره‌وری و ارزش اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف»، بهره‌وری تولیدی آب، بهره‌وری اقتصادی آب و ارزش اقتصادی هر واحد آب در جدول ۳۴ (صفحه ۴۶۴) محاسبه شده است. در همین قسمت، بهره‌وری اقتصادی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای آب برای محصولات منتخب شامل غلات، حبوبات، میوه‌ها و سبزیجات در جدول ۳۵ صفحه ۴۶۵ ارائه شده است. در صفحه ۴۶۷، پتانسیل اشتغال‌زایی محصولات زراعی به ازای هر واحد زمین و آب در شکل ۳۷ نشان داده شده است. در جدول ۳۶ (صفحه ۴۶۸) رتبه‌بندی محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و اشتغال‌زایی ارائه و مورد واکاوی قرار گرفته است. در جدول ۳۷ در صفحه ۴۷۰، رتبه‌بندی محصولات مختلف زراعی بر حسب شاخص‌های سودآوری، بازدهی اقتصادی آب و اشتغال‌زایی و بازده اقتصادی آب در کشت محصولات مختلف نشان داده شده است.

ب) در فصل ششم و در بخش «شاخص‌های بهره‌وری تولید محصولات زراعی و باغی» در صفحه ۶۵۴ به بعد، ارزش ناخالص تولید محصولات زراعی و باغی عمدهٔ حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (شکل ۱۶ صفحه ۶۵۵) و سود خالص محصوات زراعی و باغی در همین حوضه (شکل ۱۷ صفحه ۶۵۵) و بهره‌وری اقتصادی آب محصولات زراعی و باغی (شکل ۱۹ صفحه ۶۵۶) ارائه شده است.

پ) در جدول ۱۲ فصل ششم (صفحه ۶۵۸) و در شکل ۲۰ بخش تناسب اراضی (صفحه ۶۶۳)، شاخص‌های سود خالص، مصرف آب، بهره‌وری اقتصادی آب و میزان اشتغال در سناریوهای ۹گانه به تفصیل ارائه شده است.

۷) آسیب‌شناسی ترکیب کشت فعلی از منظر سازگاری به کم‌آبی و شناسایی چالش‌ها، مشکلات و اولویت‌ها در برنامه‌ریزی‌های منابع آب کشاورزی

(نظر کارفرما: نقاط ضعف مورد اشاره هنوز به طور کامل برطرف نشده است)

توضیحات مجری

نخست این که کارفرمای محترم به طور روشن و مشخص اعلام نکرده‌اند کدام نقاط ضعف برطرف نشده است، چرا که نظرات داوران محترم در ویراست‌های مختلف و متعدد گزارش نهایی اعمال شد و اصلاحات انجام شد. باری، این بند از خروجی‌ها در ۲ قسمت مورد توجه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است:

الف) در بخش ۱۵-۴ فصل ۴ و ذیل عنوان «آسیب‌شناسی ترکیب کشت فعلی از منظر اقتصاد کشاورزی، اقتصاد آب و اقتصاد سیاسی» هزینه تولید محصولات زراعی و باغی، سود خالص محصولات زراعی و باغی و بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات زراعی و باغی عمده در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج این بخش که در شکل‌های ۴۳ الی ۴۵ فصل چهارم ارائه شده است حاکی از آن می‌باشد که ترکیب و ساختار الگوی کشت فعلی به گونه‌ای است که هم سود کشاورز در بسیاری از محصولات اندک و غیر رقابتی است (سود خالص کم در محصولاتی مانند زردآلو، جو، آلو و آفتابگردان در شکل ۴۴ فصل چهارم) و هم بهره‌وری اقتصادی آب در بسیاری از محصولات توجیه اقتصادی ندارد (مانند آفتابگردان، ذرت دانه‌ای و لوبیا در شکل ۴۵ فصل چهارم).

ب) در بخش «شاخص‌های بهره‌وری تولید محصولات زراعی و باغی» در فصل ششم از صفحه ۶۵۴ گزارش نهایی و نیز در بخش «بهینه‌سازی الگوی کشت» در فصل ششم از صفحه ۶۵۷ این موضوع بررسی شده است، به شکلی که در جدول ۱۲ فصل ششم (صفحه ۶۵۹) اولویت‌های کشت در منطقه برای برنامه‌ریزی‌های منابع آب بر اساس خواست کارفرما در قالب ۹ سناریو (جدول ۱۱ صفحه ۶۵۸) که در ۷ مورد آن مصرف آب کاهش یافته است نشان داده شده که در واقع نتایج این بخش، تحقق اهداف کارفرما در برنامه‌ریزی منابع آب با هدف کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی است.

۸) شناسایی، اولویت‌بندی و تعیین وزن اهداف مختلف ذینفعان (کشاورزان، وزارت جهادکشاورزی، وزارت نیروف ستاد احیای دریاچه ارومیه، سازمان حفاظت محیط زیست و...) در طراحی شرایط بهینه پایدار کشاورزی حوضه آبریز

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

در بخش ۵-۱۱ از فصل پنجم گزارش که با عنوان *«انتخاب و توسعه یک الگوی بهینه یابی چندهدفه برای تعیین تخصیص بهینه منابع آب و اراضی حوضه به محصولات مختلف با توجه به معیارهای اقتصادی، زیست محیطی، اکولوژی و اجتماعی»* از صفحه ۵۴۲ گزارش نهایی به بعد ارائه شده است اهداف مختل ذینفعان، شامل کشاورزان و تولیدکنندگان، سازمان‌های دولتی نظیر وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو و متولی احیاء دریاچهٔ ارومیه، یعنی ستاد احیا و سازمان حفاظت محیط زیست بررسی و به شکل کمّی لحاظ شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در همین بخش از گزارش، به روشنی مشخص شده است که اهداف مختلفی که ذینفعان گوناگون به دنبال آن هستند و باید در طراحی و مدیریت شرایط بهینهٔ کشاورزی پایدار در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه لحاظ و اعمال شوند عبارتند از ۱) سود، ۲) اشتغال، و ۳) کاهش مصرف آب بخش کشاورزی. این اهداف در قالب ۲ راهکار بررسی و واکاوی شده است: الف) کاهش تخصیص و عرضهٔ آب به بخش کشاورزی، و ب) محدودسازی سطح زیرکشت محصولات آب‌بر (مانند چغندرقند و یونجه).

در ادامهٔ فصل پنجم گزارش، نتایج این بخش که طی جدول‌های شماره ۹ الی ۲۲ همین فصل ارائه شده است مورد استفاده قرار گرفته تا شرایط بهینهٔ تولید کشاورزی در سناریوهای مختلف در حوضه بررسی و تبیین شود که در صفحات ۵۶۸ الی ۵۷۴ گزارش قید شده است و در آن اهداف فوق‌الذکر شناسایی، اولویت‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند.

۹) تعیین و پیشنهاد الگوی بهینه تولید کشاورزی، تخصیص و مصرف آب مبتنی بر اصول اقتصاد اکولوژی و با نظر به هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب

(نظر کارفرما: برای تحقق این بند اقدامات مفیدی انجام شده است، اما تصحیحات بسیار مهمی داشت که انجام نشده است)

توضیحات مجری

تصحیحاتی که داوران محترم در چند مرحله به مجری ابلاغ کرده بودند توسط مجری انجام شد و توضیحات لازم نیز در طی اعمال تصحیحات و ویرایش‌ها توسط مجری ارائه شده بود.

در دو فصل از گزارش به طور مبسوط الگوی بهینه پیشنهادی به عنوان یک عامل تصمیم‌سازی برای کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی بر اساس رهیافت اکولوژیک ارائه و تحلیل شده است. نخست، در بخش ۷-۵ که با عنوان «تلفیق اصول اقتصاد اکولوژی با اهداف مورد نظر ذینفعان به منظور استفاده در تدوین شرایط بهینه پایدار کشاورزی» ارائه شده است (صفحات ۵۲۹ و ۵۳۰ گزارش نهایی) مبانی همین موضوع، یعنی پیشنهاد الگوی بهینهٔ تولید کشاورزی بر مبنای اصول اقتصاد اکولوژیک و با هدف کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی ارائه شده است. در ادامهٔ همین بخش و ذیل سرفصل «تعیین سطوح آرمانی هر یک از اهداف موردنظر و اولویت‌بندی آنها» (صفحه ۵۳۱) الگوسازی پیش‌گفته با لحاظ کردن مدل برنامه‌ریزی چندهدفه با ۳ هدف ابلاغی ستاد احیا (بیشینه‌سازی سود تولیدکننده، حفظ اشتغال و کاهش مصرف آب کشاورزی) تبیین شده است و توابع هدف الگو شناسایی و کمّی‌سازی شده است که نتایج آن از صفحه ۵۴۲ تا ۵۶۷ به تفصیل ارائه و تجزیه و تحلیل شده است. دوم، در بخش ۱۷-۵ و ذیل سرفصل «ارائه یک برنامه عملیاتی برای پیاده‌سازی شرایط بهینه پایدار کشاورزی در حوضه آبریز ارومیه»، نتایج یافته‌ها و دستاوردهای اصلی و کلیدی این بخش در جدول ۳۳ صفحه ۵۹۸ گزارش نهایی ارائه شده است که درصد تغییرات الگوی کشت، سودناخالص کشاورزان و کاهش مصرف آب به تفکیک و تفصیل بیان شده است.

سوم، در فصل ششم، در جدول ۱۲ (صفحه ۶۵۹ الی ۶۶۲) راهبرد اصلی برای تصمیم‌سازی در خصوص الگوی بهینه تولید کشاورزی با هدف کاهش مصرف آب و بر پایهٔ اصول و متدولوژی اقتصاد اکولوژیک ارائه شده است که بر اساس آن، سطح زیر کشت و الگوی جدیدی برای حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با لحاظ کردن سناریوهای ۹گانهٔ کارفرما (از جمله کاهش ۲۰، ۳۰ و چهل درصدی مصرف آب) پیشنهاد شده است. در ادامهٔ همین فصل نیز پهنه‌بندی و تناسب اراضی صورت‌گرفته نیز، همان‌طور که در بندهای پیشین اشاره و تاکید شد، بر اساس اصول اکولوژیک برای ۳۱ محصول زراعی و باغی انجام شده است.

۱۰) پیشنهاد و معرفی راهکارها و ابزارهای سیاستی در حرکت به سمت شرایط بهینهٔ پیشنهادی

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

در فصل هشتم که به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی خروجی‌ها و دستاوردهای قرارداد اختصاص دارد، در سرفصل «سخن پایانی» که از صفحه ۱۱۰۶ الی ۱۱۱۱ گزارش نهایی ارائه شده است، راهکارها و ابزارهای سیاستی در قالب یک بستهٔ مدیریتی ارائه شده است. در همین بخش، مجری به راحت تاکید کرده و نشان داده است که با توجه به قیود کاهش مصرف آب، بیشینه‌سازی سود تولیدکننده و بیشینه‌سازی اشتغال و با عنایت به تحت‌الشعاع قرار گرفتن سود، اشتغال و سطح زیرکشت، باید راهکارهای جدیدی اندیشیده و مطرح شود. در گزارش نهایی و در صفحهٔ ۱۱۰۷ به صراحت به این موضوع پاسخ داده شده است: «بر اساس آنچه در این گزارش آمده است و مفروضات موجود در مورد گزینه‌های پیشنهادی، با توسعهٔ کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی و زنجیرهٔ ارزش آنها، با توسعه سامانه‌های گلخانه‌ای در منطقه و با راه‌اندازی و توسعه گزینه‌های کشاورزی چندکارکردی، که در اینجا مشخصاً از گردشگری کشاورزی نام برده شده است، می‌توان کاهش سود خالص و اشتغال را به طور کامل جبران کرد»

	اشتغال پایدار مستقیم (نفر)
۳۰۰۰ هکتار گلخانه	۳۰۰۰۰
۱۲۰ هزار گردشگر کشاورزی	۱۵۰۰۰
۱۵۰۰۰ هکتار گیاهان دارویی	۳۰۰۰۰
جمع کل اشتغال‌زایی	۷۵۰۰۰ نفر

بدین‌ترتیب راهکارها و ابزارهایی که در این گزارش به آنها اشاره شده است عبارتند از: ۱) توسعهٔ کشت در محیط‌های کنترل‌شده (گلخانه‌ها)، ۲) توسعهٔ کشاورزی چندکارکردی در منطقه با تاکید بر گردشگری کشاورزی به عنوان یک ابزار موثر و اقتصادمحور، و ۳) توسعهٔ کشت گیاهان دارویی که ضمن آن که نیاز آبی کمتری دارند، اشتغال‌زایی بیشتری نیز به همراه دارند. هر یک از این سیاست‌ها و ابزارها، در فصول ششم و هفتم گزارش به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند و ابعاد آنها مورد واکاوی قرار گرفته است.

۱۱) ارائه راهبرد و برنامه عملیاتی برای پیاده‌سازی شرایط بهینهٔ پایدار کشاورزی در حوضه آبریز

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

در فصل ششم و هفتم که ۲ راهکار اصلی، یعنی معرفی گیاهان جایگزین (از جمله گیاهان دارویی) و کشاورزی چندکارکردی (گردشگری کشاورزی به عنوان مصداق آن) ارائه شده است راهبردها و برنامه‌های عملیاتی هم به شکل جامع و تفصیلی ارائه شده است. در فصل ششم، در مورد گیاهان دارویی، که یکی از راهکارهای اصلی پیشنهادی برای کشاورزی حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه با هدف الف) کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی، ب) افزایش سود خالص تولیدکنندگان، و پ) افزایش اشتغال در واحد سطح است، پس از معرفی و ارائهٔ پیشنهادها، «زنجیرهٔ ارزش گیاهان دارویی» به عنوان راهبردی که باید مورد توجه قرار بگیرد و در طرح‌ها و سیاست‌های پیشین ستاد احیا نیز مورد تاکید قرار داشت به تفصیل (از صفحه ۶۱۴ الی ۶۳۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و مسائل کلیدی زنجیرهٔ ارزش گیاهان دارویی، شامل نهاده‌ها، کشت و تولید، فرآوری، بازار، قوانین و سیاست‌گذاری‌ها، تحلیل ریسک و تحلیل حکمرانی آن واکاوی شده است.

در فصل هفتم، که منحصراً مربوط به گزینه‌های پایدار اگرواکولوژیک حوضه است، گردشگری کشاورزی به عنوان یک گزینهٔ جایگزین و پایدار مطرح شده است؛ در همین بخش پس از ارائهٔ مدل مفهومی و کاربردی توسعهٔ گردشگری کشاورزی در حوضه (صفحهٔ ۹۲۵ گزارش نهایی به بعد)، برنامه عملیاتی و نقشهٔ راه توسعهٔ گردشگری کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به تفصیل از صفحهٔ ۹۷۵ الی ۹۸۷ گزارش قید شده است. ضمن آن که در فصل هشتم نیز که به جمع‌بندی و تلفیق نتایج و دستاوردها اختصاص دارد، راهبردها و برنامه‌های عملیاتی پیش‌گفته مورد تاکید و مرور دوباره قرار گرفته است.

۱۲) امکان سنجی و معرفی محصولات جایگزین و سازگار با شرایط اقلیم منطقه با بهره‌وری اقتصادی بالا و آب‌بری کم

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

در بخش‌های مختلف گزارش، محصولات جایگزین که با شرایط اقلیم منطقه سازگار باشند، بهره‌وری اقتصادی بالایی داشته و مصرف آب کمی داشته باشند ارائه شده است:

۱) در فصل سوم، که به بررسی کمّی و کیفی اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه پرداخته است، در بخش «بررسی گیاهان جایگزین در منطقه که ضمن نیاز آبی کمتر، سازگار به افزایش دما و دی‌اکسید کربن باشند» (از صفحه ۳۵۱ تا ۳۶۳) گیاهان جایگزین در کنار گیاهان کنونی بررسی شده‌اند و در این بخش کلزا و ذرت علوفه‌ای به عنوان دو گیاه جایگزین راهبردی بررسی شده‌اند. در همین فصل، در بخش «بررسی ارقام زراعی با نیاز آبی کمتر...» (از صفحه ۳۶۷ تا ۳۹۱) ارقام زراعی گوناگون زودرس و دیررس بررسی شده‌اند و امکان‌سنجی کشت آنها در حوضهٔ آبریز به شکل کمّی انجام شده است.

۲) در فصل ششم، در بخش «بررسی و شناسایی گیاهان جدید....» نیز امکان‌سنجی تولید گیاهان دارویی در حوضه آبریز به عنوان یک جایگزین پایدار برای حوضه انجام شده است (از صفحه ۶۰۱ الی ۶۳۱).

۳) در همین فصل ششم و در بخش تناسب اراضی که پهنه‌بندی اگرواکولوژیک برای بیش از ۳۰ محصول زراعی و باغی به تفصیل و به شکلی جامع ارائه شده است، گیاهان جایگزین و جدیدی که در حال حاضر در حوضهٔ آبریز کشت نمی‌شوند و یا سطح زیر کشت اندکی دارند بررسی و معرفی شده‌اند که از جملهٔ این گیاهان می‌توان به سورگوم، پسته و زعفران اشاره کرد.

۱۳) بررسی اثربخشی و معرفی عملیات‌های زراعی بهینه، نظیر خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایا با هدف جلوگیری از فرسایش خاک، حفظ و ارتقای حاصلخیزی خاک و ذخیره آب در خاک

(نظر کارفرما: این بند از خروجی محقق نشده است)

توضیحات مجری

در فصل دوم و در بخش ۹-۲ ذیل عنوان «بررسی روش‌های عملیاتی برای ارتقای بهره‌وری منابع آب و خاک...» عملیات مدیریت پایدار خاک به طور مبسوط و جامع مورد بررسی قرار گرفته و اثربخشی آنها تحلیل و واکاوی شده است: در همین قسمت، خاک‌ورزی حفاظتی از صفحه ۲۴۲ الی ۲۵۱، گیاهان پوششی از صفحه ۲۵۱ الی ۲۵۳، کاربرد بقولات و کود سبز و بهسازهای آلی خاک از صفحه ۲۵۵ الی ۲۶۱ و راهبردهای صرفه‌جویی آب در سامانه‌های کشاورزی از صفحه ۲۶۲ الی ۲۶۷ بررسی شده است. آنچه در این بخش آمده است، ضمن مرور کارکردهای این رهیافت‌ها و روش‌ها، اثربخشی آنها در پیشگیری از فرسایش خاک، حفظ و بهبود حاصلخیزی آن و بهبود ذخیرهٔ آب در خاک به شکل کامل بررسی شده است.

۱۴) معرفی مناطق مستعد برای توسعهٔ گردشگری کشاورزی در منطقه با هدف کاهش مصرف آب در مقیاس حوضه

(نظر کارفرما: یکی از روستاهای معرفی‌شده در حوضهٔ آبریز دریاچه نمی‌باشد و علی‌رغم مطرح نمودن این مسئله هنوز اصلاح نگردیده است)

توضیحات مجری

نظر کارفرمای محترم اعمال شده و روستای موردنظر حذف گردید.

۱۵) (**ردیف ۲۰ صورتجلسهٔ ارائهٔ گزارش نهایی**) یک فصل جدید تحت عنوان تلفیق و جمع‌بندی دستاوردها به گزارش اضافه شود. همچنین چکیدهٔ مدیریتی استخراج شده و در ابتدای گزارش آورده شود.

توضیحات مجری

نظر کارفرمای محترم در گزارش نهایی اصلاح‌شدهٔ پیشین اعمال شد: در گزارش ارسالی در خرداد ۹۹، فصل جدیدی به گزارش با عنوان فصل هشتم: تلفیق و جمع‌بندی دستاوردها به گزارش نهایی اضافه شده بود (از صفحه ۱۰۲۸ الی ۱۱۱۱). همچنین چکیده مدیریتی نیز در ابتدای گزارش (صفحات ۸ الی ۲۴) افزوده شده بود.

۱۶) (**ردیف ۲۲ صورتجلسهٔ ارائهٔ گزارش نهایی**) سناریوهای کاربردی‌تر و قابل اجرا ارائه شود و سناریوی برتر معرفی شود. سیاست‌های کلی نظام در حوزهٔ کشاورزی در سناریوها لحاظ شود.

توضیحات مجری

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، راهکارها و سناریوهای ارائه‌شده کاملاً کاربردی، قابل اجرا، دارای قابلیت پذیرش اجتماعی بالا، منطبق با سیاست‌های کلی و اسناد بالادستی نظام و همسو با سیاست‌های کلان کنونی کشور هستند. این موارد به شرح ذیل به استحضار می‌رسد:

الف) اول، این راهکارها بر اساس سیاست‌های حاکمیتی و بالادستی استخراج شده است؛ به عنوان مثال در مورد احداث گلخانه و عدد ۳۰۰۰ هکتار که توسط مجری ارائه شده به ذکر این توضیح پرداخته می‌شود:

وزیر وقت جهاد کشاورزی در شهریور ماه سال ۹۸ و در هفتمین گردهمایی سراسری کشت محصولات زراعی سال ۹۸-۹۹ با اشاره به عقب‌ماندگی کشور در احداث گلخانه‌ها اظهار کردتوسعه گلخانه‌ها به عنوان راهکار حل سریع دو چالش آب و اشتغال کشور است. وی اشاره می‌کند وسعت گلخانه‌های کشور با رشد ۲۵ درصدی از ۱۲ هزار هکتار در سال ۹۶ به ۱۵ هزار هکتار در سال ۹۷ افزایش یافته است اما با این وجود، در مقایسه با کشورهایی مانند ترکیه که ۶۰ تا ۷۰ هزار هکتار گلخانه دارد، نیاز به پیشرفت داریم. وی با تاکید بر این که آب و خاک با هم مفهوم پیدا می کند و در بخش کشاورزی موضوعیت می یابد، تصریح کرد: آب و اشتغال دو چالش بزرگ کشور و توسعه گلخانه ها راهکار حل سریع این دو چالش است. وی با اشاره به این که بازار مصرف محصولات گلخانه‌ها در منطقه وجود دارد، بر لزوم بازاریابی محصولات گلخانه‌ای کشور تاکید کرد و افزود: برای اجرای برنامه توسعه ۵۸۰۰ هکتاری گلخانه‌ها در سال جاری از آقای نوبخت رئیس سازمان برنامه و بودجه کشور درخواست ۲۰ هزار میلیارد تومان تسهیلات کرده‌ام. وی با بیان این که ۲۳ درصد اشتغال کشور پارسال در روستاها بوده و ۶۵ تا ۷۰ درصد تسهیلات طرح اشتغال پایدار روستایی و عشایری در شاخه‌های بخش کشاورزی جذب شده است، بر ضرورت تسهیل‌گری در دادن مجوز گلخانه‌ها تاکید کرد (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت جهاد کشاورزی).

ب) قابلیت پذیرش اجتماعی ماهیتی پایا (استاتیک) ندارد؛ پویا است و می‌توان آن را تغییر داد و ما بر این باور هستیم که هم آمادگی پذیرش تغییر اجتماعی در حوضه وجود دارد و هم سابقهٔ پذیرش تغییر (مثلاً از انگور به سیب). نکته دوم آن که حاکمیت و ستاد و دیگر مجموعه‌های ذیربط و ذینفع باید ابزارهای تشویقی و سیاست‌های حمایتی را برای این تغییر ایجاد کنند. و البته اصل موضوع هم که ایده‌ها قابلیت پذیرش اجتماعی ندارد مورد قبول کامل مجری نیست.

پ) در زمینه نتایج به دست‌آمده در این طرح و نقدی که به قابلیت اجرا، پذیرش اجتماعی و مقبولیت سیاسی آنها و توصیه‌های ارائه‌شده وارد آمده است باید به یک نکتهٔ دیگر هم توجه داشت. به هر حال کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب بخش کشاورزی حوضه یک جراحی جدی و عمیق است و پیامدهای قابل‌توجهی هم به دنبال خواهد داشت. نمی‌توان انتظار داشت مصرف آب را ۴۰ درصد کاهش دهیم و درآمد، سطح زیر کشت و تولید کاهش نیابد. مهم آن است که ما با بهره‌گیری از دانش فنی به سمت کمینه سازی پیامدهای منفی و بهینه سازی گزینه‌های جایگزین و پیشنهادی بپردازیم. موضوع کاهش تولید و درآمد و حتی افزایش وابستگی به دلیل کاهش مصرف آب در سطح کلان کشوری هم بررسی و مورد تایید قرار گرفته است؛ به عنوان نمونه، در مقیاس کلان‌تر کشوری هم همین مساله حوضه به چشم می‌خورد: سلطانی (۱۳۹۷) در طرح مدل سازی و تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۲۰۵۰ که به سفارش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کشورانجام شد و نتایج آن به طور رسمی مورد تایید وزارت جهاد کشاورزی بوده است چنین می‌آورد:

«مقایسه برداشت فعلی آب برای کشاورزی در کشور (۸۶ میلیارد متر مکعب در سال) و حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی (۶۲ میلیارد متر مکعب در سال) که توسط وزارت نیرو مشخص شده است، نشان می دهد به طور متوسط ٪۲۸ اختصاص فعلی، اضافه برداشت است؛ این اضافه برداشت در استان‌ها بین ۲ تا ۵۳٪ متغیر است... اما، در الگوی جایگزین ۱۸ درصد از سطح زیر کشت آبی کاسته خواهد شد و همچنین وابستگی به واردات برنج، روغن، قند و شکر و محصولات علوفه‌ای (یا دامی) افزایش خواهد یافت که با توجه به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی حاصله، قابل تحمل خواهد بود.... بخش قابل توجهی از کاهش تولیدات علوفه با کشت دیم این گیاهان در اراضی آبی آزادشده (۱۸ درصد)، قابل جبران خواهد بود».

با این همه، مجری کاملاً از این نظر با داوران محترم موافق است که عملیاتی شدن این ایده‌ها و راهبردها کار بسیار دشواری است و ما موظفیم این وظیفهٔ دشوار را همراه با هم انجام دهیم.

۱۷) (**ردیف ۲۳ صورتجلسهٔ ارائهٔ گزارش نهایی**) نقشه نهایی پهنه‌بندی اگرواکولوژیک برای کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه تهیه گردد (فایل‌های رستری و .shp).

توضیحات مجری

فایل‌های رستری و .shp کار در اختیار وزارت محترم جهاد کشاورزی است که به دلیل مالکیت معنوی بر این فایل‌ها در اختیار مجری قرار نگرفته است. مجری ضمن تشکر از حمایت بی‌دریغ وزارت جهاد کشاورزی، به ویژه معاونت امور زراعت و دفتر الگوی ملی کشت که با عنایت کامل و بدون هیچ گونه چشمداشت مادی و صرفاً برای انجام رسالت ملی و علمی خود به یاری مجری در اجرای طرح آمد، اعلام می‌کند همان طور که کارفرمای محترم نیز واقف است هزینه یک نقشه از این فایل‌ها از کل هزینه این طرح با این شرح خدمات گسترده بیشتر است. به علاوه، طبق مذاکرات متعدد مجری با کارفرمای محترم، یک توافق دوجانبه صورت گرفت که بر اساس آن کارفرمای محترم مستقیماً این فایل‌ها را از وزارت جهاد کشاورزی مطالبه نماید.

داوری دور سو م
نظرات داور اول

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

جمهوری اسلامی ایران
باسمه تعالی

شماره: ۳۴/۲۲۱
تاریخ: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹
پیوست: ندارد

جناب آقای دکتر تجریشی

مدیرمحترم دفتر برنامه ریزی و تلفیق ستاد احیا دریاچه ارومیه

موضوع: ارائه پیشنهاد

باسلام و احترام؛

بازگشت به نامه شماره ۹۹/۷۳۳ / س مورخ ۹۹/۰۹/۰۵ و شرکت نماینده این سازمان در جلسه مجازی ارائه نتایج مطالعات "پهنه بندی آگرواکولوژیک حوزه آبریز دریاچه ارومیه" ضمن تشکر برای دعوت از این سازمان برای شرکت در جلسه، پیشنهاد می شود موارد زیر برای تقویت گزارش مورد توجه و دقت قرار گیرد.

۱- صفر گیاهی که در مدل های مورد استفاده در مطالعات استفاده شده است، متوسط جهانی است. لیکن این مقادیر برای ارقام مورد استفاده در حوزه آبریز دریاچه ارومیه متفاوت می باشد. از طرفی صفر گیاهی می تواند بر روی مقدار عملکرد محاسباتی و همچنین برآورد میزان آب مصرفی در مدل ها اثرگذار باشد. لذا پیشنهاد می شود دست اندرکاران مطالعات مذکور با مراجعه به متخصصان این سازمان در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات دیم کشور نسبت به تدقیق اطلاعات ورودی مدل ها اقدام کنند.

۲- بارش موثر و یا آب سبز از سرمایه های مهم در تولیدات کشاورزی، بخصوص در حوزه آبریز دریاچه ارومیه است که در گزارش ارائه شده به خوبی تشریح نگردید. لذا پیشنهاد می شود که گزارش مطالعات مذکور در این خصوص تدقیق و تقویت شود.

۳- در گزارش ارائه شده شاخص راندمان به عنوان شاخصی برای کاهش مصرف آب بیان شده است. در حالی که این شاخص بیشتر اجزاء بیلان آب را جابه جا می کند و لذا پیشنهاد می گردد در محتوای گزارش مورد توجه و ویرایش قرار گیرد

ارژنگ جوادی
معاون پژوهش و فناوری

۱۴۰۰/۱۰/۱۵

«قبل از چاپ این متن، به جنگل ها، آب و محیط زیست بیاندیشیم.»
آدرس: تهران - بزرگراه شهید چمران - خیابان یمن، باغ کشاورزی، کد پستی ۱۹۸۵۷۱۳۱۳۳ صندوق پستی ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵
تلفن ۱۶-۲۲۴۱۴۴۱۳ فکس حوزه ریاست: ۰۲۱-۷۲۹۵۷۲۰۰، فکس دبیرخانه مرکزی: ۰۲۱-۷۲۹۵۷۲۱۵
http://www.areeo.ac.ir

Jan 03 2021 8:37AM HP LASERJET FAX
p.1

پاسخ مجری به داور اول

دوست عزیزم جناب آقای دکتر عبدالمجید مهدوی دامغانی

احتراماً، عطف به نامه ارسالی از سوی ستاد احیای دریاچه ارومیه در خصوص چند کامنت مطروح، توضیحاتی به شرح ذیل به استحضار می‌رساند.

۱- اساساً در مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی، پارامترهای ورودی مدل دو دسته‌اند: یک دسته پارامترهای مختص گونه (Species-specific parameters) به شمار می‌روند که فقط بسته به گونه گیاهی متفاوت است (مثلاً بین گندم، جو، و کلزا). دسته دوم پارامترهای مختص رقم یا ژنوتیپ (Cultivar-specific parameters) هستند که برای هر گونه ثابت، اما بسته به هر رقم متفاوت می‌باشند. «صفر گیاهی» جزء آن دسته از پارامترهای ورودی مدل است که برای هر گونه مقدار ثابتی در نظر گرفته می‌شود و بین ارقام اختلاف چندانی وجود ندارد و تقریباً در تمامی مکتب‌های مدل‌سازی در دنیا این موضوع وجود دارد (برای مثل مدل AquaCrop متعلق به فائو، مدل DSSAT مربوط به گروه آمریکایی، مدل Oryza مربوط به موسسه تحقیقات IRRI و مدل APSIM استرالیایی). مقدار صفر گیاهی برای گندم در مدل APSIM به صورت زیر ارائه شده است (www.apsim.info):

THERMAL TIME CALCULATION – Wheat <x_temp units="^{o}C" description="cardinal temps.">0 26 34</x_temp>

نکته شایان ذکر دیگر این که بنده در مدت ۱۰ سالی که در زمینه این مدل‌ها، به خصوص APSIM فعالیت پژوهشی انجام می‌دهم، تا به‌حال دمای پایه گیاهی را برای ارقام مختلف جداگانه استفاده نکرده‌ام. در پروژه بین‌المللی که در ۶۰ منطقه در کمربند گندم در استرالیا (۱۰ میلیون هکتار) توسط اینجانب با همکاران گروه مدل‌سازی APSIM انجام شد، ۳ رقم گندم استفاده شده همگی با دمای صفر یکسان شبیه‌سازی شدند (Chenu et al., 2013- New Phytol):

Chenu, K., **Deihimfard, R.,** Chapman, S.C., 2013. Large-scale characterization of drought pattern: A continent-wide modelling approach applied to the Australian wheat belt –Spatial and temporal trends. ***New Phytologist.*** 198, 801–820 **[ISI- Wiley-Blackwell]**

Amiri, S.R., **Deihimfard, R.,** Eyni-Nargeseh, H., 2020. Toward dormant seeding of rainfed chickpea as an adaptation strategy to sustain productivity in response to changing climate. ***Field Crops Research***. (In press) **[ISI- Elsevier]**

Mohammadi Ahmad-Mahmoudi, E., **Deihimfard, R.,** Noori, O., 2020. Yield gap analysis simulated for sugar beet-growing areas in water-limited environments. ***European Journal of Agronomy.*** 113, 125988 **[ISI- Elsevier]**

Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J., **Deihimfard, R**., 2019. Optimal genotype × environment × management as a strategy to increase grain maize productivity and water use efficiency in water-limited environments and rising temperature. ***Ecological Indicators***. 107, 105570 **[ISI- Elsevier]**

Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J., **Deihimfard, R**., 2018. Adaptation strategies to lessen negative impact of climate change on grainmaize under hot climatic conditions: A model-based assessment. ***Agricultural and Forest Meteorology.*** 253-254, 1-14 **[ISI- Elsevier]**

Amiri, S.R., **Deihimfard, R.**, Soltani, A., 2016. A single supplementary irrigation can boost chickpea grain yield and water use efficiency in arid and semi-arid conditions: A modeling study. ***Agronomy Journal.*** 108 (6), 2406-2416 **[ISI- ASA]**

Deihimfard, **R.**, Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., 2015. Yield gap analysis in major wheat growing areas of Khorasan province, Iran, through crop modelling. ***Field Crops Research.*** 184, 28–38 **[ISI- Elsevier]**

Amiri, S.R., **Deihimfard, R.,** 2018. Can the dormant seeding of rainfed lentil improve productivity and wateruse efficiency in arid and semi-arid conditions? ***Field Crops Research***. 227, 67-78 **[ISI-Elsevier]**

علاوه بر موارد فوق، در تقریباً تمامی مقالات چاپ‌شده بین المللی در دنیا، رشد و نمو گندم با یک دمای صفر ثابت برای ارقام شبیه‌سازی می‌شود، از جمله:

Bustos-Korts, Daniela, Malosetti, Marcos, Chenu, Karine, Chapman, Scott, Boer, Martin P., Zheng, Bangyou and van Eeuwijk, Fred A. (2019). From QTLs to adaptation landscapes: using genotype-to-phenotype models to characterize G×E over time. Frontiers in Plant Science, 10 1540, 1540. doi: 10.3389/fpls.2019.01540

Chenu, K., Cooper, M., Hammer, G. L., Mathews, K. L., Dreccer, M. F. and Chapman, S. C. (2011). Environment characterization as an aid to wheat improvement: Interpreting genotype-environment interactions by modelling water-deficit patterns in north-eastern Australia. Journal of Experimental Botany, 62 (6), 1743-1755. doi: 10.1093/jxb/erq459

Chenu, Karine, Porter, John Roy, Martre, Pierre, Basso, Bruno, Chapman, Scott Cameron, Ewert, Frank, Bindi, Marco and Asseng, Senthold (2017). Contribution of crop models to adaptation in wheat. Trends in Plant Science, 22 (6), 472-490. doi: 10.1016/j.tplants.2017.02.003

Watson, James, Zheng, Bangyou, Chapman, Scott and Chenu, Karine (2017). Projected impact of future climate on water-stress patterns across the Australian wheatbelt. Journal of Experimental Botany, 68 (21-22), 5907-5921. doi: 10.1093/jxb/erx368

۲- در مدل های گیاهی، «بارندگی» به عنوان یک متغیر اقلیمی مهم در نظر گرفته می‌شود. در روند محاسبات مکانیستیک مدل‌ها، مقدار بارش موثر توسط مدل بر اساس رابطه بیلان آبی به صورت زیر برآورد می شود که بر اساس پیشنهاد همکاران محترم سازمان تحقیقات کشاورزی به متن گزارش اضافه شد:

$$eff_rain\ (mm) = g\%rain + g\%runon - g\%runoff - g\%drain$$

g%rain : مقدار بارندگی

g%runon : مقدار آب ورودی به مزرعه به صورت Run-on

g%runoff : مقدار آب خارج‌شده از مزرعه به صورت Run-off

g%drain : مقدار آب زهکش‌شده از خاک

داوری نهایی

بسمه تعالی

جنای آقای دکتر محمد مسعود تجریشی

مدیر دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه

با سلام و احترام

به عرض می رسانم که بنده هم پاسخ مجری محترم طرح "پهنه‌بندی آگرواکولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه" را دیده ام و هم گزارش را از ابتدا مطالعه نمودم. موارد زیر نقاط قوت این گزارش محسوب می شود:

۱. **قابلیت استفاده از اراضی بر اساس راهنمای نقشه‌های ارزیابی؛** هرچند انتظار می رفت این مورد در ارائه الگوی کشت و بررسی های اقتصادی مورد توجه قرار گیرد.
۲. **اراضی قابل آبیاری تحت فشار بر اساس طبقه‌بندی اراضی؛** هرچند این مورد هم انتظار می‌رفت بویژه در بخش بهروری اقتصادی آب در نظر گرفته شود.
۳. **توزیع مکانی شاخص خشکی، متوسط دما**
٤. **پتانسیل اراضی و عوامل محدودکننده اقلیمی-خاکی**
٥. **ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات؛** مشابه مورد اول این بخش هم انتظار می رفت در ارائه الگوی کشت و بررسی های اقتصادی مورد توجه قرار گیرد.

تقریبا در گزارش جدید به نظرات داوران پاسخ داده شده است و بر اساس شرح خدمات پیشرفت پروژه ۷۷ درصد اعلام می گردد.

با تجدید احترام