



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

عنوان طرح پژوهشی

مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

عنوان گزارش

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

مجری طرح:

عمار صفائی

همکاران:

محمدعلی معلمی

علی عالی فر

دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی شریف

مرداد 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 مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۱۱۱۴۶ مورخ 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 ملی نجات دریاچه ارومیه» در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ هیأت محترم وزیران مطرح و به موجب اختیارات اصل ۱۳۸ قانون اساسی، طبق مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۷۰۰۹۲ مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۲، مقرر گردید که ریاست کارگروه بر عهده معاون اول 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 تخصصی شش‌گانه، ۲۰ کارگروه تخصصی، انجام مطالعات تطبیقی و ایجاد شوراهای منطقه‌ای، ضمن برگزاری ۹۸ جلسه متنوع کارشناسی و مدیریتی و بهره‌گیری از نظرات بیش از ۷۵۰ نفر از متخصصان 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 مورخ ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ به ریاست رئیس‌جمهور محترم جناب آقای دکتر روحانی، ارائه و مورد تصویب قرار گرفت و دستور شروع عملیات اجرایی راه‌کارهای مصوب توسط ایشان صادر گردید. کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه نیز طی مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۵۷۵۴۲ مورخ ۱۳۹۳/۰۵/۲۵ به طور رسمی مسئولیت مطالعه و طراحی طرح نجات دریاچه ارومیه را به دانشگاه صنعتی شریف سپرد.

در کنار دستاوردهای میدانی متعدد حاصل از طرح ملی نجات دریاچه ارومیه از جمله قرار گرفتن دریاچه در مسیر احیای پایدار و رفع مخاطرات بهداشتی و سلامتی، نقش محوری دانشگاه‌های ملی 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 ملی، کلیه 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 مجدانه محققان تراز اول 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 شکوفایی برکات این گردش آزاد اطلاعات در اقصی نقاط کشور خواهیم بود.

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



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

چکیده

دریاچه ارومیه از مهم ترین اکوسیستم های آب شور بین المللی است. این دریاچه در سال های اخیر بر اثر مجموعه مختلفی از عوامل انسانی و طبیعی، دچار کاهش شدید منابع آورد آب شده و به سبب تبخیر سطحی زیاد در معرض تهدید خشک شدن قرار گرفته است. برداشت بیش از حد از منابع آبی حوضه، خشک سالی و تغییرات اقلیمی، تغییر الگوی مصرف آب شرب، کشاورزی و صنعتی، اجرای طرح های منابع آب و احداث سدها بدون در نظر گرفتن حبابه دریاچه، احداث پل میان گذر شهید کلانتری، عدم حفاظت از اکولوژی و محیط زیست منطقه و توسعه ناپایدار بخش کشاورزی از جمله عوامل بحران به وجود آمده در دریاچه ارومیه شمرده می شوند. در راستای احیای دریاچه ارومیه تا کنون گزینه های متعددی برای تأمین آب مورد نیاز دریاچه ارومیه در برنامه عملیاتی افزایش تراز دریاچه پیشنهاد شده است. این منابع گاه در سطح حوضه ی آبریز دریاچه ارومیه بوده است که به عنوان مثال می توان به طرح های رهاسازی آب مازاد بر ورودی مبنای سدهای ملی حوضه ی آبریز و یا ورودی طبیعی و متعارف رودخانه ها اشاره نمود. از طرفی دیگر طرح های انتقال آب بین حوضه های نیز نظیر طرح انتقال آب زاب به عنوان یکی از راهکارهای احتمالی پیشنهاد شده است. انتقال آب های متعارف و نامتعارف به دریاچه ارومیه بخصوص انتقال آب بین حوضه های می تواند اثرات زیست محیطی مهمی را بر روی اکوسیستم دریاچه ارومیه تحمیل کند. لذا بررسی اثرات هیدرودینامیکی و کیفی جریان های ورودی متعارف و نامتعارف بر روی دریاچه ارومیه بسیار حائز اهمیت می باشد. بدین منظور در این پروژه پژوهشی مدل هیدرودینامیکی-شیمیایی-کیفی دریاچه ارومیه توسعه داده شده است تا با استفاده از آن اثرات هر یک از گزینه های مختلف تأمین آب متعارف و نامتعارف بر خصوصیات هیدرودینامیکی-شیمیایی-کیفی دریاچه ارومیه بررسی گردد. در گزارش جلد ۱ این پروژه پژوهشی در ابتدا دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن به منظور شناخت منطقه از نظر اقلیمی و هیدرولوژیکی معرفی شده است. سپس مرور مطالعات پیشین و ادبیات فنی در زمینه احیای دریاچه ارومیه، اقدامات انجام شده و راهکارهای احیای دریاچه به منظور درک وضعیت کنونی و آینده دریاچه، صورت می گیرد. در گزارش های جلد دوم و سوم پس از مدل سازی هیدرودینامیک و کیفیت آب دریاچه ارومیه، نتایج مدل سازی و مقایسه آن با داده های مشاهداتی میدانی ارائه می گردد. پس از صحت سنجی و اطمینان از عملکرد مدل، با استفاده از مدل توسعه داده شده سناریوهای مختلف انتقال آب بین حوضه های از جمله انتقال آب دریاچه وان به دریاچه ارومیه، انتقال آب رودخانه زاب به دریاچه ارومیه و انتقال پساب تصفیه خانه ها بررسی خواهد شد. نتایج این بررسی ها در جلد چهارم و پنجم ارائه خواهند شد. نتایج این پروژه پژوهشی می تواند تأثیر هر کدام از این سناریوها را بر احیای دریاچه ارومیه و تغییر احتمالی خصوصیات هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه مشخص نماید.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

فهرست مطالب

۱- معرفی دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن.....	۷
۱-۱- مقدمه.....	۷
۲-۱- مشخصات کلی و شرایط جغرافیایی.....	۱۰
۳-۱- جریان های ورودی به دریاچه ارومیه.....	۱۲
۴-۱- معرفی رودخانه های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....	۱۳
۵-۱- داده های میدانی متغیرهای کیفی رودخانه های ورودی به دریاچه.....	۱۹
۶-۱- داده های میدانی پارامترهای کیفی دریاچه ارومیه.....	۲۱
۷-۱- مشخصات بستر دریاچه ارومیه (Bathymetry).....	۲۳
۸-۱- تغییرات اقلیمی و آب و هوایی حوضه آبریز.....	۲۵
۲- مرور ادبیات فنی و مطالعات پیشین.....	۲۸
۱-۲- مقدمه.....	۲۸
۲-۲- وضعیت منابع آب حوضه دریاچه ارومیه.....	۲۹
۳-۲- تنوع زیستی حوضه.....	۳۳
۴-۲- بررسی تالاب ها و رودخانه های ورودی به دریاچه ارومیه.....	۳۴
۵-۲- عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه.....	۴۴
۶-۲- پیامدهای احتمالی خشک شدن دریاچه ارومیه.....	۴۸
۷-۲- اقدامات انجام شده در راستای احیا.....	۵۰
۸-۲- راهکارهای احیای دریاچه ارومیه.....	۵۲
۹-۲- تشریح برخی از راهکارهای پیشنهادی در مطالعات گذشته.....	۵۴
۳- نتیجه گیری.....	۶۴
۴- مراجع.....	۶۵



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

فهرست اشکال

۱. تغییرات سطح دریاچه از سال ۱۹۸۴ میلادی تا سال ۲۰۰۶ میلادی..... شکل ۸
۲. تغییرات سطح دریاچه از سال ۲۰۰۸ میلادی تا سال ۲۰۱۸ میلادی..... شکل ۹
۳. موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه و درصد آبریز هر استان در حوضه..... شکل ۱۰
۴. وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... شکل ۱۱
۵. نقشه جانمایی رودخانه‌های دائمی و فصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... شکل ۱۲
۶. محل ورود رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه به بدنه دریاچه..... شکل ۱۷
۷. سهم آبریز رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه..... شکل ۱۸
۸. محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری داده‌های رودخانه‌های دریاچه ارومیه..... شکل ۱۹
۹. محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری داده‌های دریاچه ارومیه..... شکل ۲۱
۱۰. بسیمتری دریاچه ارومیه در سالهای ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ میلادی..... شکل ۲۳
۱۱. عمق رسوبات بستر در دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۱۴..... شکل ۲۴
۱۲. رابطه ارتفاع - سطح در دریاچه ارومیه..... شکل ۲۴
۱۳. رابطه ارتفاع - حجم در دریاچه ارومیه..... شکل ۲۵
۱۴. پهنه‌بندی تغییرات دمای حداقل طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵..... شکل ۲۶
۱۵. پهنه‌بندی تغییرات دمای حداکثر طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵..... شکل ۲۶
۱۶. تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ (تعداد روز در یک دهه)..... شکل ۲۷
۱۷. موقعیت حوضه دریاچه ارومیه و استان‌های اطراف آن..... شکل ۲۹
۱۸. افت میانگین حجم آب ورودی به دریاچه طی دو دوره برحسب میلیون مترمکعب..... شکل ۳۰
۱۹. افزایش برداشت آب زیرزمینی در حوضه دریاچه ارومیه..... شکل ۳۰
۲۰. درصد مصارف گوناگون در حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... شکل ۳۱
۲۱. افت تراز دریاچه ارومیه در قرن اخیر..... شکل ۳۲
۲۲. گیاه سالیکورنیا گونه‌ای از هالوفیت‌های موجود در دریاچه ارومیه..... شکل ۳۳
۲۳. گونه بالارزش آرتمیا..... شکل ۳۴
۲۴. نمایی از تالاب سولدوز..... شکل ۳۵
۲۵. نمایی از تالاب درگه سنگی..... شکل ۳۵
۲۶. نقشه رودخانه‌های ورودی به دریاچه ارومیه..... شکل ۳۶
۲۷. نمایی از رودخانه شهرچای در زمان پربابی..... شکل ۳۸
۲۸. حوضه آبریز رودخانه‌های شهرچای..... شکل ۳۹
۲۹. پروفیل طولی رودخانه شهرچای و محل ایستگاه‌های هیدرومتری بر روی آن..... شکل ۳۹



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

- شکل ۳۰. حجم جریان های سالانه ایستگاه برده سور ۴۰
- شکل ۳۱. حجم جریان های سالانه ایستگاه بند ۴۰
- شکل ۳۲. حجم جریان های سالانه ایستگاه کشتیان ۴۰
- شکل ۳۳. محل ایستگاه هیدرومتری برده سور بر روی رودخانه شهرچای ۴۱
- شکل ۳۴. موقعیت سیمینه رود در حوضه آبریز مورد مطالعه ۴۲
- شکل ۳۵. پروفیل طولی رودخانه سیمینه رود ۴۳
- شکل ۳۶. نمایی از رودخانه سیمینه رود در شهرستان بوکان استان کردستان ۴۴
- شکل ۳۷. روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه نسبت به میزان برداشت از منابع آب تجدید پذیر حوضه ۴۵
- شکل ۳۸. تغییرات دمایی حوضه دریاچه ارومیه در قرن اخیر ۴۶
- شکل ۳۹. تغییرات بارش حوضه دریاچه ارومیه در قرن اخیر ۴۶
- شکل ۴۰. محل سدهای اصلی احداث شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۴۷
- شکل ۴۱. کانون های احتمالی تولید ریزگرد در حاشیه دریاچه ارومیه ۴۹
- شکل ۴۲. افزایش آلودگی و به تبع آن کاهش سطح دریاچه ارومیه ۵۰
- شکل ۴۳. نمودار شماتیک زمان بندی ۳ فازه پروژه احیای دریاچه ارومیه و تغییرات تراز دریاچه در فازهای مختلف ۵۱
- شکل ۴۴. نمودار تغییرات حجم و سطح آب دریاچه ارومیه بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ میلادی ۵۲
- شکل ۴۵. نمودار تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ میلادی ۵۲
- شکل ۴۶. نمایی از پوشش گیاهی در حاشیه دریاچه ارومیه ۵۷
- شکل ۴۷. نمایی از درختچه تاغ در ایران ۵۷
- شکل ۴۸. تغییرات تراز آب دریاچه در طول مدل سازی سناریو بستن گذرگاه شهید کلانتری ۵۸
- شکل ۴۹. مدل سازی تراز آب و سرعت در سطح آب دریاچه در ۳ سناریوی مختلف ۶۰



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

فهرست جداول

- جدول ۱. طول رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه ۱۸
- جدول ۲. نمونه داده‌های اندازه‌گیری شده در رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه ۲۰
- جدول ۳. نمونه داده‌های اندازه‌گیری شده در دریاچه ارومیه ۲۲
- جدول ۴. اطلاعات مصارف از منابع موجود در حوضه آبریز به تفکیک هر استان ۳۱
- جدول ۵. مشخصات کلی حوضه دریاچه ارومیه ۳۳
- جدول ۶. متغیرهای کیفی اندازه‌گیری شده در تالاب‌های دریاچه ارومیه ۳۶
- جدول ۷. رودخانه‌های ورودی به دریاچه ارومیه و متوسط دبی روزانه آن‌ها ۳۷
- جدول ۸. مشخصات دریاچه در طول مدت مدل سازی در ۲ سناریوی مختلف ۵۸



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۷ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۱- معرفی دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن

۱-۱- مقدمه

دریاچه ارومیه به عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران و دومین دریاچه شور جهان پس از بحرالمت، جزو مهم ترین اکوسیستم های آبی ایران و جهان به شمار می رود [۱]. این دریاچه از مهم ترین حوضه های آبی بین المللی است که در سال های اخیر بر اثر مجموعه عوامل انسانی و طبیعی مختلف نظیر اجرای طرح های متعدد توسعه منابع آب، تغییر الگوی کشت و تولید محصولات پرآب بر در سطح حوضه، توسعه روزافزون اراضی کشاورزی در حوضه آبریز، بهره وری پایین مصرف آب، افزایش سریع جمعیت و نیازهای آبی آن، اجرای طرح های احداث سد و عدم حفاظت مؤثر از منابع زیست محیطی و اکولوژیکی حوضه و از طرف دیگر نوسانات اقلیمی و کاهش میزان بارش ها و رواناب ها در سطح حوضه دچار کاهش شدید منابع آورد آب و افزایش تبخیر شده است. این فرآیند، کاهش شدید تراز سطح آب دریاچه را در پی داشته و موجب خشک شدن درصد زیادی از مساحت آن شده است. بررسی ها نشان می دهد که روند نزولی این دریاچه پس از دوران پرآبی آن در سال ۱۳۷۴، شروع گردیده و در طی ۲۰ سال، تراز دریاچه بیش از ۸ متر افت کرده است. درواقع با توجه به ارقام ثبت شده، به طور متوسط دریاچه در این ۲۰ سال اخیر سالیانه با افت ۴۰ سانتی متری مواجه بوده است. با توجه به عمق کم این دریاچه، این میزان افت تراز منجر به خشکی درصد قابل ملاحظه ای از سطح دریاچه گردیده و بیش از ۷۲ میلیارد مترمکعب از حجم آب آن در اثر تبخیر و عدم ورود منابع آب کافی به آن از بین رفته است [۲]. خشک شدن و خطر نابودی تدریجی دریاچه ارومیه در سال های اخیر به عنوان یکی از چالش های مهم محیط زیستی، مورد توجه ویژه مسئولین بلندپایه کشور قرار گرفته و حل معضل دریاچه ارومیه جزء اولویتهای اول کشور بوده و حتی توجه نهادهای بین المللی را نیز به خود معطوف ساخته است.

شکل شماره ۱ و ۲ تغییرات سطح دریاچه ارومیه را از سال ۱۹۸۴ (۱۳۶۳) تا سال ۲۰۱۸ (۱۳۹۷) نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در طول این دوره به تدریج سطح پهنه آبی دریاچه کاهش یافته و مساحت زیادی از دریاچه بخصوص در قسمت های کم عمق جنوبی و شرقی خشک شده اند. این خشک شدگی در سال ۲۰۱۲ به بعد به حدی می رسد که حتی جزایر دریاچه به خشکی متصل می شوند.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

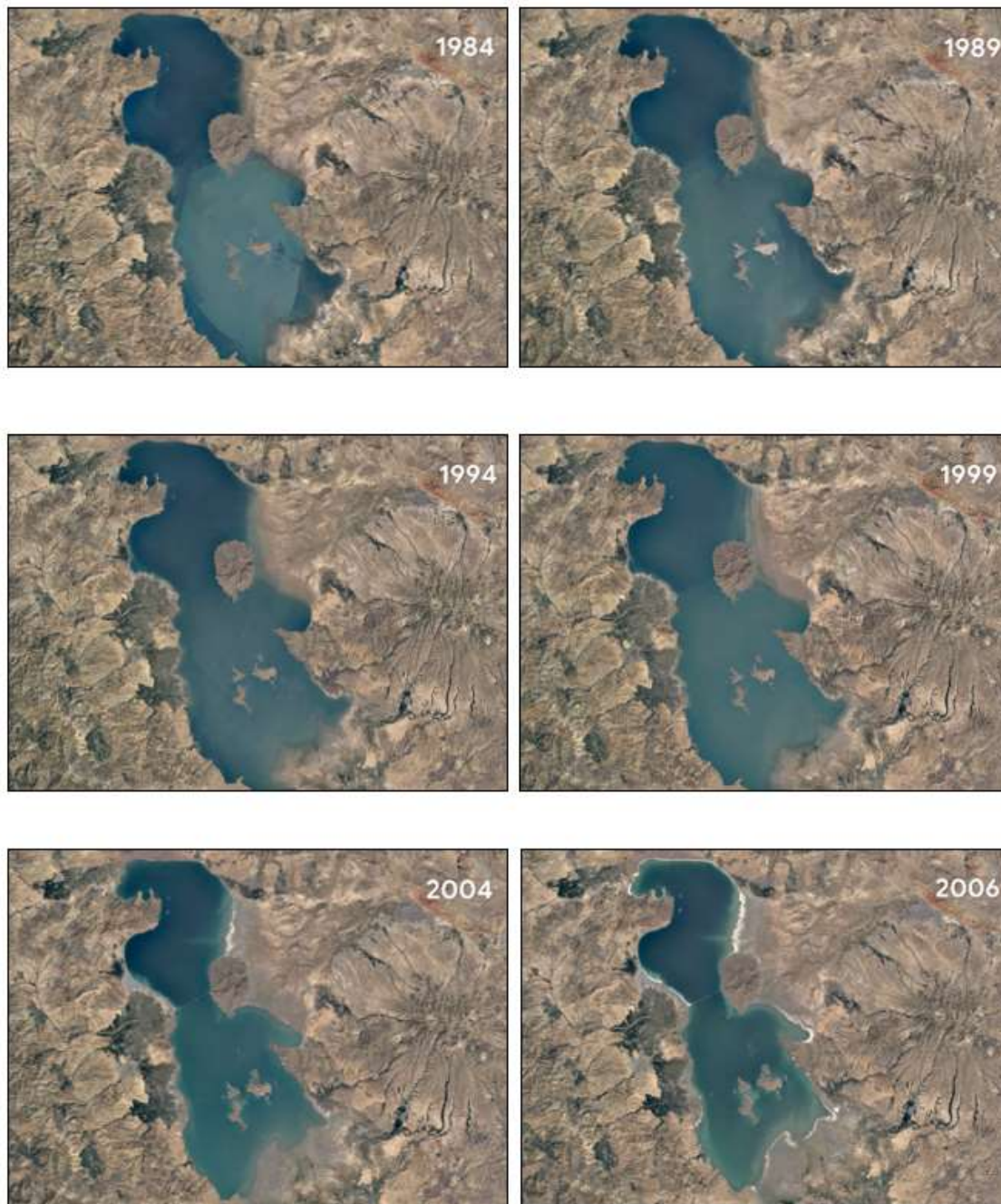


صفحه ۸ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۱. تغییرات سطح دریاچه از سال ۱۹۸۴ میلادی تا سال ۲۰۰۶ میلادی (<https://www.google.com/intl/fa/earth/>)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

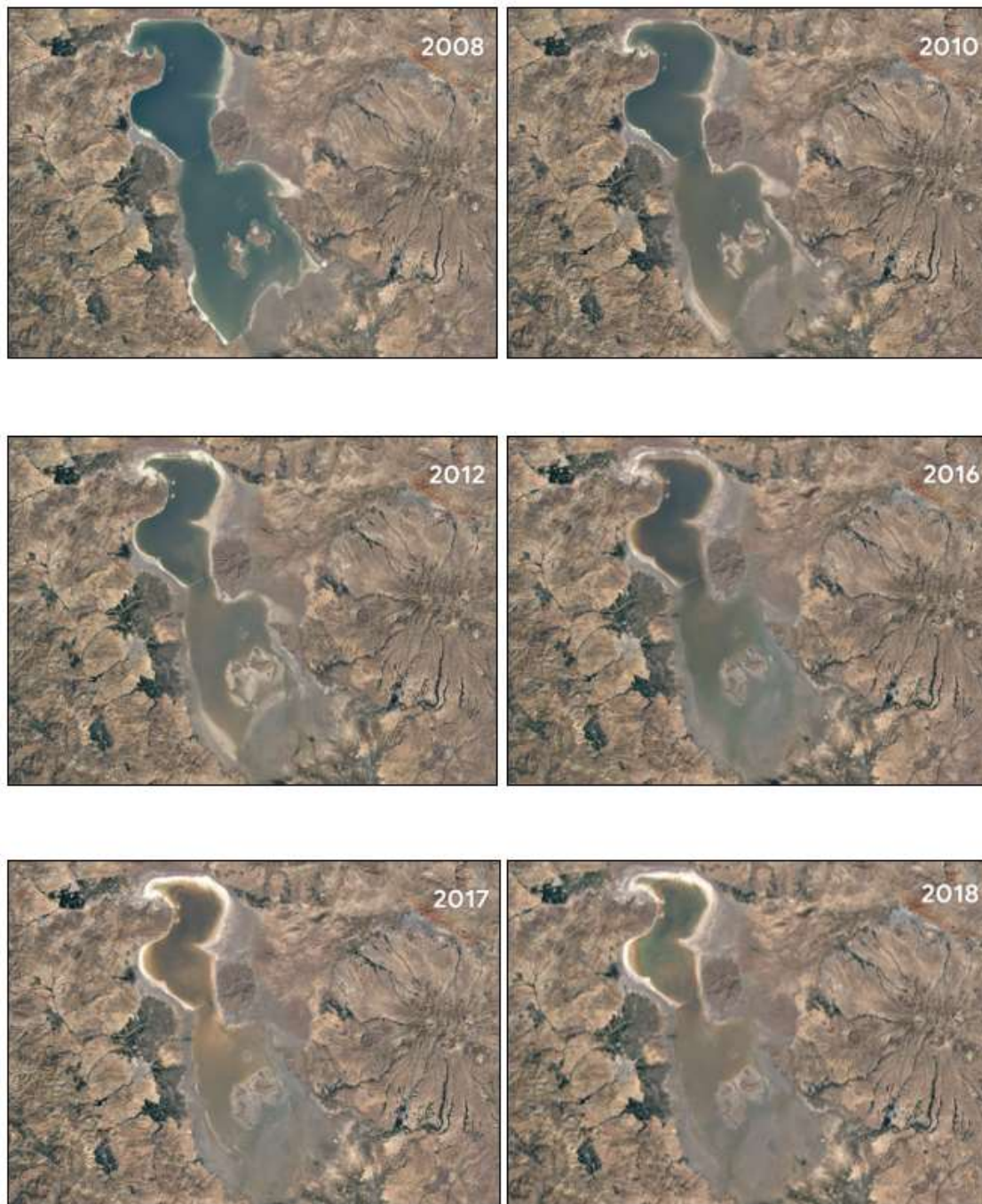


صفحه ۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۲. تغییرات سطح دریاچه از سال ۲۰۰۸ میلادی تا سال ۲۰۱۸ میلادی (<https://www.google.com/intl/fa/earth/>)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۰ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

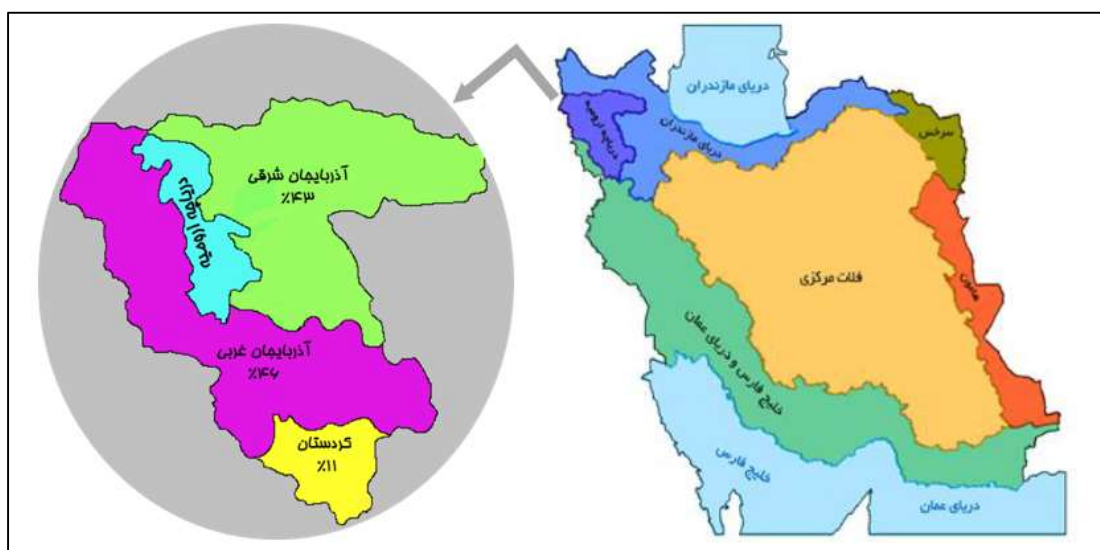
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۱-۲- مشخصات کلی و شرایط جغرافیایی

دریاچه ارومیه با حجمی بین ۱۶ تا ۳۲ میلیارد مترمکعب بزرگترین دریاچه داخلی ایران و دومین دریاچه بزرگ آب شور دنیا بشمار می‌رفت. این دریاچه از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران محسوب می‌شود. موقعیت این دریاچه در شمال غربی ایران بین استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی قرار گرفته است.

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران، بین استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان قرار دارد. این حوضه با مساحت ۵۴۸۳۹ کیلومترمربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. دریاچه ارومیه به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران و از مهم‌ترین و به ارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران و جهان به شمار می‌آید. اکوسیستم این دریاچه نمونه‌های شاخص از یک حوضه آبریز بسته است که کلیه رواناب‌های جاری در رودخانه‌های حوضه و آب‌های سطحی و زیرزمینی به درون یک دریاچه مرکزی تخلیه می‌شود. همچنین اکوسیستم فعال آن شامل دریاچه و حوضه آبریز آن است که در نتیجه، مرز حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مرز دقیقی را برای مدیریت عوامل مؤثر بر دریاچه و زیستگاه‌های مهم در حوضه به وجود آورده است.



شکل ۳. موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه و درصد آبریز هر استان در حوضه (<https://waterhouse.ir/>)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



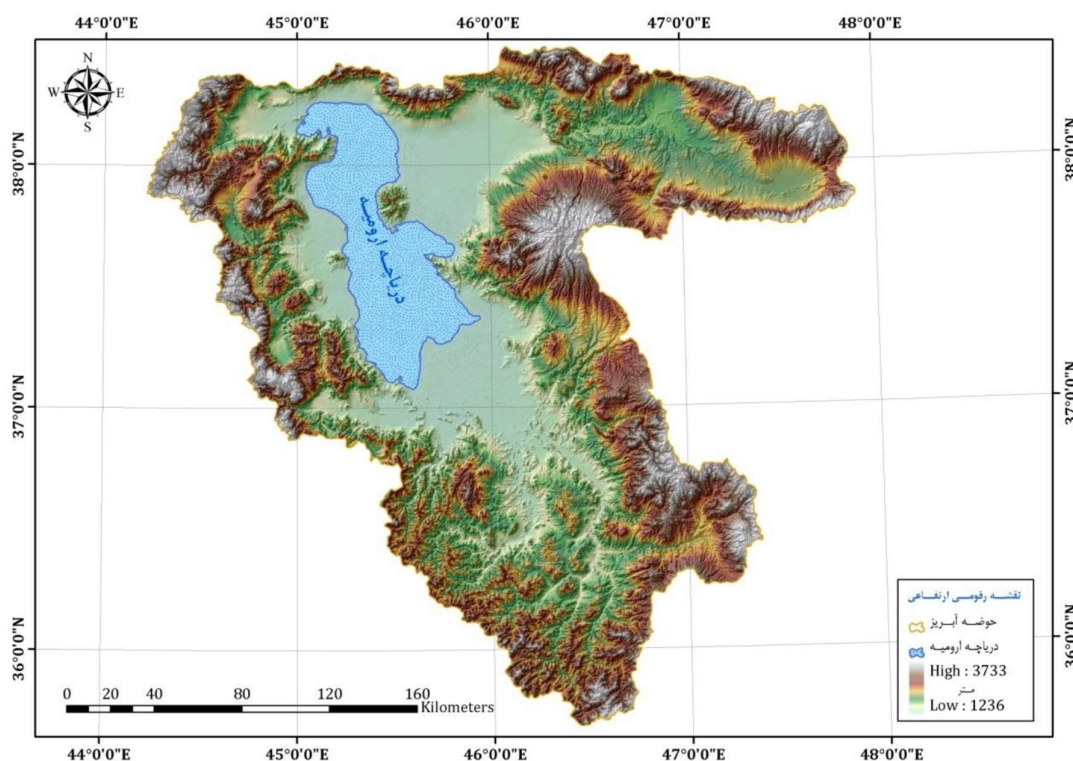
صفحه ۱۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

حوضه آبریز دریاچه ارومیه توسط بخش شمالی کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. حدود ۶۵.۲ درصد از مساحت حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مناطق کوهستانی و ۲۴.۵ درصد آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل داده‌اند. ۱۰.۴ درصد آن نیز سطح خود دریاچه است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بخش زیادی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه حوضه کوهستانی است [۳].



شکل ۴. وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه [۴]

بررسی‌ها و مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه بارندگی متوسط سالانه بین حدود ۲۰۰ تا بیش از ۸۵۰ میلی‌متر در بخش‌های مختلف حوضه متغیر است. بیشترین بارندگی سالانه در نواحی غربی و شمال غربی حوضه و همچنین ارتفاعات جنوبی حوضه رخ داده می‌شود. مقدار بارش در مناطق اطراف دریاچه ارومیه بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است. نواحی واقع در محدوده استان آذربایجان شرقی از میزان بارش کمتری نسبت به استان آذربایجان غربی و کردستان برخوردار است. کمترین مقدار بارش به نواحی شمال شرقی حوضه تعلق دارد.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۲ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

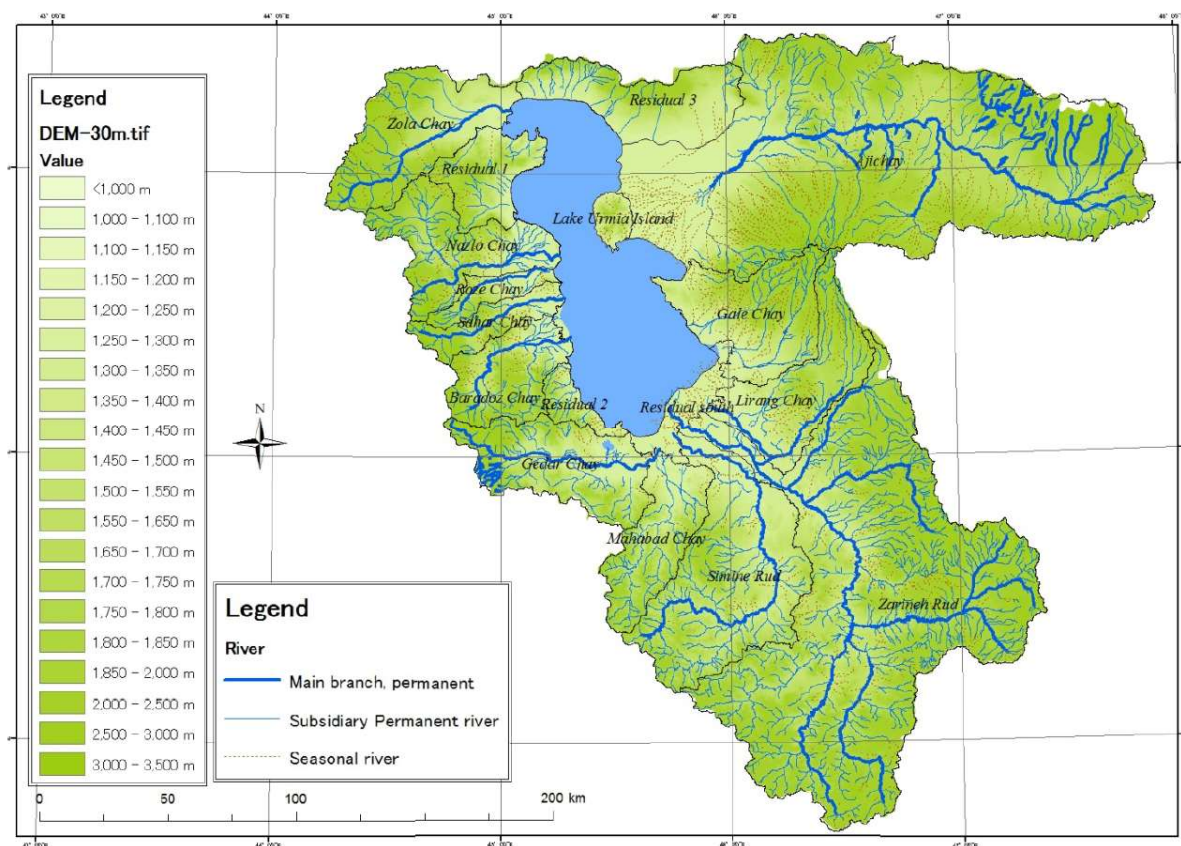
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

میزان متوسط سالانه تبخیر از سطح آزاد آب‌های موجود در سدهای منطقه و در دست مطالعه، از حداقل ۱۱۵۱ میلی‌متر در محل سد آتمیان سراب تا حداکثر ۱۵۶۱ میلی‌متر در محل بند انحرافی نوروزلو متغیر است. اطلاعات اندک موجود در مطالعات قبلی نشان داده است که میزان متوسط سالانه تبخیر از سطح آب دریاچه ارومیه به‌طور متوسط حدود یک متر می‌باشد [۳].

۳-۱- جریان‌های ورودی به دریاچه ارومیه

در حوضه دریاچه ارومیه ۱۶ رودخانه در مجموع به نام‌های آجی چای، قلعه چای و صوفی چای، لیلان چای، مردوق چای، زرینه‌رود، سمینه‌رود، مهابادچای، گذارچای، باراندوزچای، شهرچای، سنیخ‌چای، آذرچای، روضه چای، نازلوچای و زولاچای قرار دارد. شکل ۵ نمای کلی از رودخانه‌های حوضه آبریز منتهی به دریاچه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نقشه جانمایی رودخانه‌های دائمی و فصلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه [۵]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۱-۴- معرفی رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

• زرينه‌رود

این رودخانه که به نام چم جغتای نیز مشهور بوده است یکی از مهم‌ترین و طولی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. شاخه‌های اولیه آن از کوه‌های چهل چشمه کردستان و از مجاورت شاخه‌های اولیه قزل‌اوزن سرچشمه می‌گیرد و به موازات سیمینه‌رود در جهت شمال حرکت کرده و وارد دریاچه ارومیه می‌گردد. شاخه اصلی زرينه‌رود که به نام‌های چم جغتای و خورخوره نامیده می‌شوند، از دامنه‌های کوه‌های چهل چشمه واقع در ۴۸ کیلومتری جنوب شرقی سقز سرچشمه گرفته و در جهت شمال جریان می‌یابد و با دریافت شاخه‌های متعدد در سد زرينه‌رود به هم می‌رسند و زرينه‌رود را تشکیل می‌دهند. قبل از این اتصال، رودخانه چغتای یا شاخه اصلی زرينه‌رود، از روستای بسطام و خوشه دره گذشته و شاخه‌های کوچکی به نام‌های مال گوره و بایدر را دریافت می‌نماید. رودخانه بیان دره یکی دیگر از شاخه‌های زرينه‌رود در روستای دوآب به آن اضافه می‌شود. این شاخه آب‌های شرقی شهر بانه را جمع‌آوری می‌نماید. زرينه‌رود نیز همانند اکثر رودخانه‌های ایران در ماه‌های اسفند و فروردین سیلابی و پر آب بوده و طغیان آن سبب وارد آمدن خسارات فراوانی به مناطق اطراف مسیر رودخانه می‌گردد و در سایر مواقع آب آن کم می‌شود.

• سیمینه‌رود

رودخانه سیمینه‌رود از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد که در جنوب آذربایجان غربی و در غرب حوضه آبریز زرينه‌رود جریان دارد. حوضه آبریز سیمینه‌رود در قسمت‌هایی از شهرستان‌های مهاباد، سقز، بوکان و میاندوآب قرار دارد. سیمینه‌رود در حقیقت از تلاقی دو شاخه اصلی آن به نام‌های تاتائو و زاوه‌کوه تشکیل می‌گردد. شاخه‌های اولیه سیمینه‌رود از دامنه‌های جنوب کوه نیستان واقع در ۲۲ کیلومتری شمال شرقی سردشت سرچشمه می‌گیرند. دبی رودخانه سیمینه‌رود کمتر از زرينه‌رود بوده و رودخانه در بستر گودی جریان دارد. ویژگی‌های دره آن مشابه دره رودخانه زرينه می‌باشد. آب این رودخانه برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته و مقدار کمی از آن به تالاب‌های جنوبی دریاچه می‌رسد.

• آجی‌چای

این رودخانه از رودهای مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد که آب‌های منطقه‌ای نسبتاً گسترده از استان آذربایجان شرقی را جمع‌آوری می‌کند و به دریاچه ارومیه می‌رساند. این رودخانه در دره‌ای که مابین



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

کوه‌های ارسباران شرقی، قوشه داغ و سبلان از شمال و کوه‌های برقوش داغ و سهند از جنوب قرار گرفته است در جهت عمومی غرب جریان می‌یابد. طول رودخانه آجی چای حدود ۲۹۹ کیلومتر بوده و حوضه آبریز آن مساحتی برابر ۹۲۰۰ کیلومترمربع را شامل می‌شود. شهرهای تبریز، آذرشهر، سراب، بستان‌آباد، هریس و اسکو نقاط مهم شهری این حوضه بشمار می‌آیند. آجی چای از دو قسمت علیا و سفلی آبرگیری می‌کند، در قسمت علیا از آذربایجان شرقی به کوه‌های سبلان و از شمال به کوه‌های قوشه داغ و از جنوب به کوه‌های برقوش داغ محدود می‌شود. در قسمت سفلی نیز از شمال به کوه‌های سهند تا حوالی آذرشهر محدوده می‌شود. آب رودخانه به علت عبور از زمین‌های شورزار و تشکیلات نمکی اغلب شور، تلخ و بدطعم می‌باشد. ولی تا حوالی شهر مهربان، آب آن شیرین است. پس از این شهر چون رودخانه از زمین‌های دارای مواد نمکی و قلیائی عبور می‌کند بر شوری آن افزوده می‌گردد.

• قلعه چای

رودخانه قلعه چای در شهرستان عجب‌شیر جریان دارد. این رودخانه از دامنه‌های جنوبی کوه سارمساخلی واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب اسکو سرچشمه می‌گیرد. شاخه‌های متعدد آن در جهت جنوب غربی جریان یافته و در روستای قوزلو با هم تلاقی نموده و قلعه چای را تشکیل می‌دهند. قلعه چای رودخانه‌ای دائمی بوده و یک ارتفاع ۱۶۰۰ متری را در طول مسیر خود طی می‌کند بنابراین دارای جریانی تند و شیب‌دار و پرپیچ‌وخم کوهستانی است. این رودخانه از حوالی روستای صومعه به تدریج وارد اراضی نسبتاً هموار و جلگه‌ای شده و از سرعت جریان آن کاسته می‌شود. طول آن ۷۶ کیلومتر بوده و مساحت حوضه آبریز آن به ۶۰۰ کیلومترمربع می‌رسد.

• صوفی چای

این رود یکی از رودخانه‌های نسبتاً پر آب حوضه آبریز ارومیه می‌باشد که از دامنه‌های جنوبی ارتفاعات سهند و از مجاورت سرچشمه مردوق چای سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه در جهت جنوب جریان یافته و از روستاهای یاری شهر، آشان، قشلاق علویان گذشته و وارد شهر مراغه می‌گردد. سپس این رودخانه به سمت شرق تغییر مسیر می‌دهد و پس از رد کردن شهر بناب در منطقه قراچیق وارد دریاچه ارومیه می‌گردد. صوفی چای رودخانه‌ای دائمی است و بیشتر آب آن به مصرف کشاورزی در روستاهای اطراف مسیر خود رسیده و در تابستان خشک می‌شود. حوضه آبریز آن در بخش مرکزی مراغه و بخش اسکوی شهرستان تبریز قرار دارد.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

• مهاباد چای

از رودخانه‌های مهم و پرآب حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد در شهرستان مهاباد و در جنوب شرقی حوضه آبریز دریاچه ارومیه جریان دارد. رودخانه مهاباد از دو شاخه اصلی به نام‌های چم قوره و داغه و چند شاخه کوچک تشکیل شده است. شاخه‌های اصلی آن از کوه‌های مام سوار و کانی رش سرچشمه می‌گیرند. این شاخه‌ها به موازات هم و در جهت شمال جریان می‌یابند و وارد دریاچه سد مهاباد می‌شوند و رودخانه مهاباد را تشکیل می‌دهند. رودخانه مهاباد پس از سرریز از سد مهاباد، آب شهر مهاباد و بخش‌های تابعه آن را تأمین می‌کند و وارد سد انحرافی یوسق کندی می‌شود. سپس از روستاهای ایری قاش، قم قلعه، قره قشلاق عبور کرده و در شمال روستای خورخوره وارد دریاچه ارومیه می‌شود.

• نازلوچای

این رودخانه در شمال ارومیه جریان داشته و یکی از مهم‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های واقع در محدوده‌ی غربی دریاچه ارومیه می‌باشد. رودخانه نازلوچای از توده‌های کوهستانی ناحیه مرزی ایران و ترکیه، کوه‌های زیارت بابیون و برده‌رش سرچشمه گرفته و در راستای شرق جریان می‌یابد. این رودخانه در طول مسیر خود در قسمت علیا به یک مخزن کوچک طبیعی که ابعاد آن در حدود ۱ کیلومترمربع است و به نام دریاچه مارمیشو نامیده شده، وارد می‌شود. طول این رودخانه حدود ۱۰۷ کیلومتر و حوضه آبریز آن ۱۹۶۰ کیلومترمربع مساحت دارد. رودخانه نازلوچای باوجود اینکه پرآب‌ترین رودخانه این منطقه می‌باشد، با این حال در تابستان و پاییز به علت حجم مصرف برداشت بالا از آن، تقریباً خشک می‌شود. رودخانه نازلو در اردیبهشت‌ماه دارای بیشترین آب بوده و فصل طغیانی آن است و در شهریورماه دارای حداقل آب می‌باشد.

• روضه چای

این رودخانه در شمال ارومیه واقع شده است و از ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه به نام قارلی داغ و ستاره لوند و کوه برده‌رش واقع در ۳۶ کیلومتری جنوب شرقی ارومیه سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از غرب به سمت شرق جریان یافته و تأمین‌کننده آب روستاهای توله، کلهر، آشتاباد، زینانلو و کویچه لوی اصلان است. این رودخانه را می‌توان جزء رودخانه‌های فصلی به حساب آورد. با بارش باران و یا ذوب برف‌ها در فصل بهار آب در آن جریان می‌یابد و در مواقع کم‌آبی، به علت مصرف آب آن جهت مصارف کشاورزی و یا در اثر تبخیر



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

باقیمانده آب آن خشک می شود و رودخانه فاقد آب می گردد. این امر در قسمت های سفلی رودخانه بیشتر محسوس می باشد. به طوری که آبی از این رودخانه وارد دریاچه نمی گردد.

• زولاچای

حوضه آبریز رودخانه زولاچای بیشتر در شهرستان سلماس واقع گردیده است و یکی از رودخانه منفرد حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد شاخه های اولیه آن از کوه های ساری داش واقع در ۴۲ کیلومتری جنوب غربی سلماس و کوه تات و کوه سورگلان واقع در ۳۲ کیلومتری غرب سلماس سرچشمه می گیرند. این رودخانه دارای آب دائم بوده و نقش مهمی در آبیاری شهرستان سلماس دارد. به دلیل حجم برداشت و مصارف آب از رودخانه زولا، این رودخانه در تابستان و در مصب، رودخانه ای خشک می باشد.

• شهرچای

حوضه آبریز این رودخانه در بخش های مرکزی و سیلوانه شهرستان ارومیه واقع می باشد. این رودخانه به نام رودخانه ارومیه و یا برده سور نیز نامیده می شود. رودخانه شهرچای یکی از رودخانه های نسبتاً مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد که از دامنه های کوه شهیدان و کوه خلیل واقع در ۳۴ کیلومتری جنوب غربی ارومیه، سرچشمه می گیرد. آب این رودخانه در فصل بهار به علت طغیان و خروج از مجرای رودخانه و شدت و سرعت جریان و در نهایت فرسایش بستر دارای مواد معلق فراوانی بوده و همواره گل آلود و تیره رنگ می باشد. اما در تابستان به علت کاهش میزان آب و سرعت جریان، رودخانه دارای آبی زلال، صاف و قابل شرب می شود. در ۳ کیلومتری جنوب غربی ارومیه و در محلی به نام بند ارومیه، سدی بر روی این رودخانه احداث شده است که آب رودخانه از این محل منشعب و برای مصارف شرب مردم ارومیه به تصفیه خانه هدایت می شود.

• باراندوزچای

این رودخانه یکی از رودخانه های مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد که حوضه آبریز آن در بخش های مرکزی و سیلوانه ارومیه قرار دارد. این رودخانه از دو رشته ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی ارومیه سرچشمه می گیرد و شاخه های اولیه آن پس از تلاقی در حوالی آبادی ملاباسک این رودخانه را تشکیل می دهند. باراندوزچای پس از عبور از این روستا در بستری نسبتاً عمیق کوهستانی و با شیب تندی جریان می یابد و از روستای زیوه گذشته و شاخه ای به نام دیزج را دریافت می نماید. در ادامه این رودخانه به شمال جریان می یابد و پس از مشروب نمودن روستای هفت آباد به سمت



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



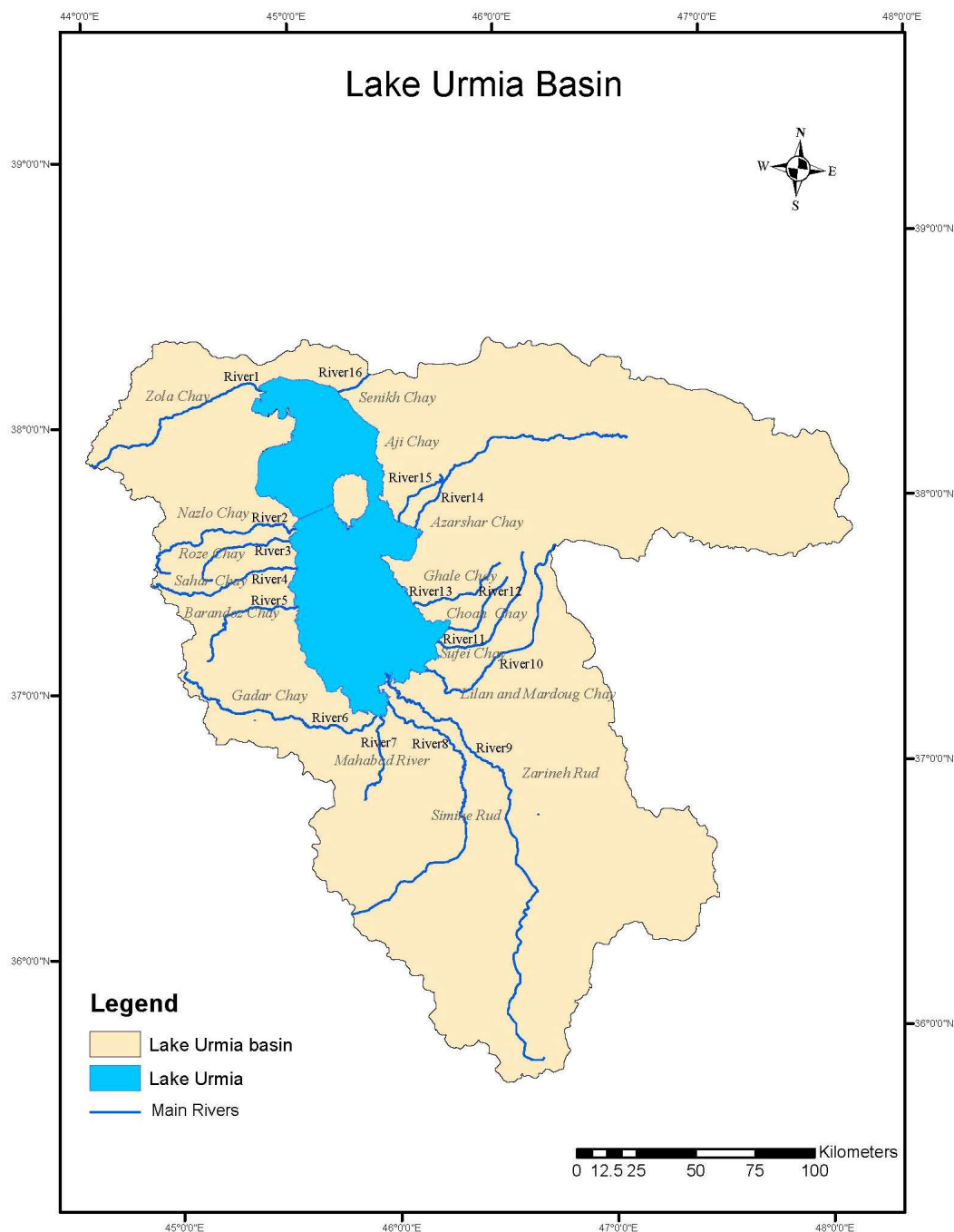
صفحه ۱۷ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

شرق تغییر مسیر می دهد. این رودخانه پس از عبور از روستای باراندوز در چند شاخه که مهم ترین آن ها رودخانه بابارود می باشد وارد دریاچه ارومیه می شود [۶]. شکل شماره ۶ محل ورود رودخانه های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه به بدنه دریاچه ارومیه را نشان می دهد.



شکل ۶. محل ورود رودخانه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه به بدنه دریاچه



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۸ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

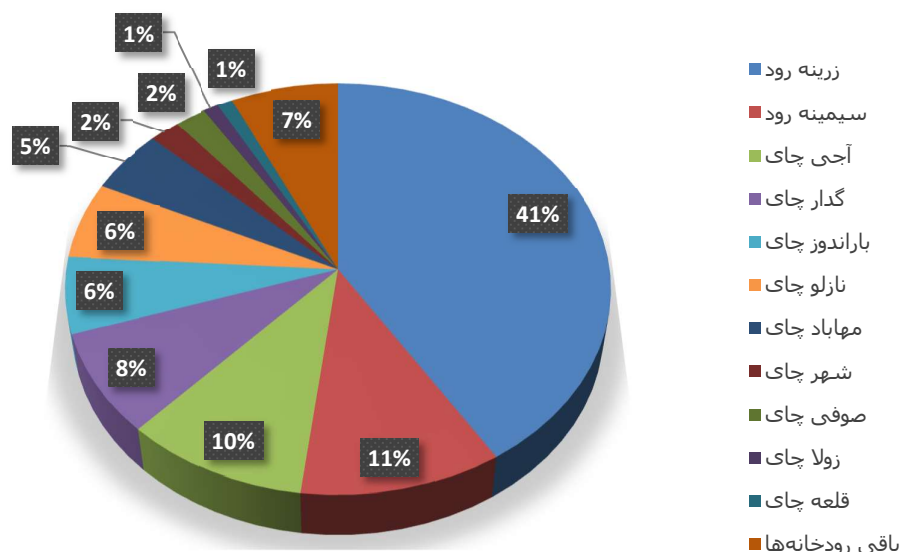
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

جدول شماره ۱ طول رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد و شکل شماره ۷ درصد سهم آبریز رودخانه‌های منتهی به دریاچه مشخص می‌کند.

جدول ۱. طول رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه [۵][۶]

شماره	نام رودخانه	طول رودخانه (km ^۲)
۱	زولاچای	۱۱۰
۲	نازلوچای	۱۰۷
۳	روضه‌چای	۴۴
۴	شهرچای	۶۰
۵	باراندوزچای	۶۷
۶	گدارچای	۱۲۳
۷	مه‌بادچای	۷۵
۸	سیمینه‌رود	۱۸۲
۹	زرینه‌رود	۲۳۷
۱۰	لیلان‌چای	۷۸
۱۱	صوفی‌چای	۷۵
۱۲	چوان‌چای	۶۵
۱۳	قلعه‌چای	۷۶
۱۴	آذرچای	۱۰۶
۱۵	آجی‌چای	۲۹۹
۱۶	سنیخ‌چای	۶۶



شکل ۷. سهم آبریز رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه [۳]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۱۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۱-۵- داده‌های میدانی متغیرهای کیفی رودخانه‌های ورودی به دریاچه

داده‌های اندازه‌گیری شده برای رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه، در ۸ ایستگاه (R1 تا R8) به صورت ماهیانه در سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ توسط شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران جمع‌آوری شده است. شکل ۸ موقعیت این ایستگاه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. داده‌های اندازه‌گیری برای این رودخانه‌ها شامل، دبی، دمای هوا، دمای آب، اکسیژن محلول (DO) به روش pH, probe، هدایت الکتریکی (EC)، جامدات کل محلول (TDS)، شوری (Salinity)، جامدات کل معلق (TSS)، کدورت (Turbidity)، چگالی (Density)، رسوب، NO^{-2} ، NO^{-3} ، نیتروژن کل (TN)، PO_4^{-3} ، فسفر کل (TP)، SiO_2 ، Na^+ ، K^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2} ، Cl^- ، SO_4^{-2} ، CO_3^{-2} ، HCO_3^- ، NH_4^+ ، Chl a، Br^- ، کل کربن آلی (TOC)، فلیائیت و نوع دانه‌بندی سنگ بستر رودخانه می‌شود. نمونه‌ای از این داده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است [۷].



شکل ۸. محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری رودخانه‌های دریاچه ارومیه



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲۰ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

جدول ۲. نمونه داده‌های اندازه‌گیری شده در رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه

Station	Name	Date	Roman date	Time	E	N	Discharge (m ³ /s)	Weather Temp. (°C)	Water Temp. (°C)	DO (mg/l) - Probe	DO (%) - Probe	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	Salinity (p.p.u)	TSS (mg/l)
R1	Shahr Chai	94-11-28	2016-02-17	14:00	45 15 2.4	37 33 11.4	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up
R2	Barandooz chai	94-11-28	2016-02-17	15:10	45 15 36.6	37 24 26.4	2.4	15	10.6	10.5	106	8.79	445	301	0.3	7
R3	Nazlou Chai	94-11-28	2016-02-17	12:35	45 13 58.5	37 42 9.5	2.4	16	9.1	10.3	106	8.69	410	287	0.3	34
R4	Aji Chai	94-11-28	2016-02-17	10:35	45 45 25.0	37 52 27.6	4.13	15	9.2	0.3	3	8.01	3890	2940	3	720
R5	Zarrineh roud	94-11-27	2016-02-16	18:30	45 47 32.2	37 6 16.0	32.5	6	8.2	10.09	98.7	8.76	357	186.8	0.19	9
R6	Simineh roud	94-11-27	2016-02-16	16:10	45 53 40.4	37 0 10.3	18.6	11	8.3	11.66	113.7	9.03	264	251	0.25	8
R7	Godar Chai	94-11-27	2016-02-16	12:00	45 39 36.4	37 2 31.1	5.5	12	7.6	9.75	93.8	8.85	313	227	0.23	4
R8	Mahabad chai	94-11-27	2016-02-16	14:20	45 43 9.6	36 59 25.4	1.3	12	10.2	7.12	73.8	8.15	623	428	0.43	2
R1	Shahr Chai	94-12-18	2016-03-08	14:30	45 15 2.4	33 33 11.4	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up	Dried up
R2	Barandooz chai	94-12-18	2016-03-08	15:00	45 15 36.6	37 24 26.4	6.72	16	11	10.04	106	8.7	378	250	0.25	17
R3	Nazlou Chai	94-12-18	2016-03-08	12:45	45 13 58.5	37 42 9.5	12.968	14	9.1	9.55	96.7	8.6	326	227	0.23	137
R4	Aji Chai	94-12-18	2016-03-08	10:05	45 45 25.0	37 52 27.6	8.161	15	15	1.42	14.6	7.84	3520	1831	1.87	24.2
R5	Zarrineh roud	94-12-19	2016-03-09	16:50	45 47 32.2	37 6 16.0	89.186	15	12.8	10.8	119.3	8.64	517	334	0.33	12
R6	Simineh roud	94-12-19	2016-03-09	15:00	45 53 40.4	37 0 10.3	26	15	10	9.5	98.4	8.76	212.9	143.7	0.14	36
R7	Godar Chai	94-12-19	2016-03-09	11:50	45 39 36.4	37 2 31.1	8.956	14	8.5	9.11	90.8	8.56	243	172.6	0.17	31
R8	Mahabad chai	94-12-19	2016-03-09	10:00	45 43 9.6	36 59 25.4	17.988	11	11.5	3.05	32.6	8.02	588	390	0.32	35



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲۱ از ۶۶

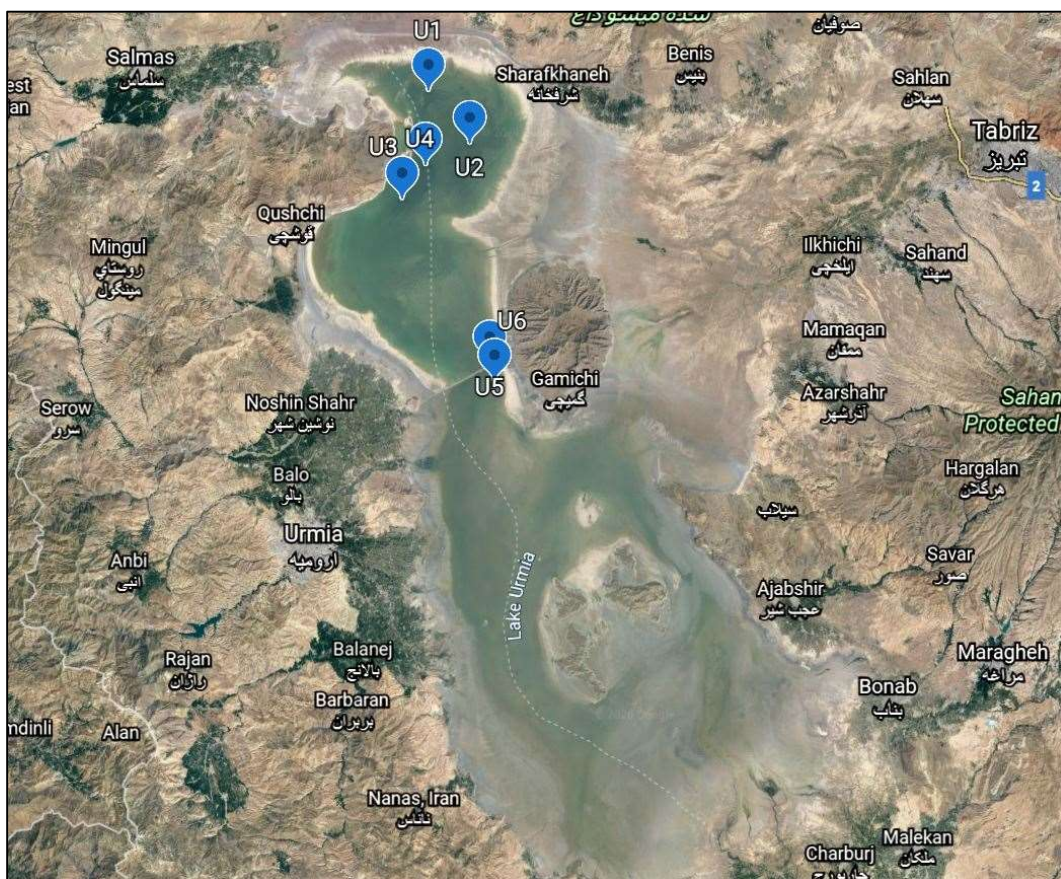
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۱-۶- داده‌های میدانی پارامترهای کیفی دریاچه ارومیه

داده‌های کیفی اندازه‌گیری شده برای دریاچه ارومیه، از ۶ ایستگاه (U1 تا U6) به صورت سری زمانی در هرماه توسط شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران جمع‌آوری شده است. شکل ۹ موقعیت این ایستگاه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. داده‌های اندازه‌گیری در هر یک از این ایستگاه‌ها شامل، دمای هوا، عمق سکی، دمای آب، اکسیژن محلول (DO) به روش probe، اکسیژن محلول (DO) به روش winkler، pH، هدایت الکتریکی (EC)، جامدات کل محلول (TDS)، شوری (Salinity)، جامدات کل معلق (TSS)، کدورت (Turbidity)، چگالی (Density)، رسوب، NO_3^- ، NO_2^- ، نیتروژن کل (TN)، PO_4^{3-} ، فسفر کل (TP)، SiO_2 ، Na^+ ، K^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2} ، Cl^- ، SO_4^{2-} ، CO_3^{2-} ، HCO_3^- ، NH_4^+ ، Br^- ، کل کربن آلی (TOC)، قلیائیت و توده آرمیا می‌شود. نمونه‌ای از این داده‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است [۷].



شکل ۹. محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری داده‌های دریاچه ارومیه



پایش و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

صفحه ۲۲ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

پیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه

جدول ۳. نمونه داده‌های اندازه‌گیری شده در دریاچه ارومیه

Station	Date	Roman date	Time	E	N	Station Depth (cm)	Sampling Depth (cm)	Weather Temp. (°C)	Water Temp. (°C)	Secchi Depth (cm)	DO (mg/l) - Winkler	DO (mg/l) - Probe	DO (%) - probe
U1	94-11-26	2016-02-15	13:30	45 16 9.5	38 9 51.5	208	20	11	8.8	162	1.6	8.66	87.7
U1	94-11-26	2016-02-15	13:40	45 16 9.5	38 9 51.5	208	100	11	7.9	162	1.5	9.04	88.4
U1	94-11-26	2016-02-15	13:45	45 16 9.5	38 9 51.5	208	200	11	8.1	162	1.5	9.28	90.7
U2	94-11-26	2016-02-15	12:32	45 20 28.3	38 5 29.4	232	20	6.5	7.7	150	1.7	8.7	85
U2	94-11-26	2016-02-15	12:45	45 20 28.3	38 5 29.4	232	115	6.5	7.5	150	2	9.4	91.2
U2	94-11-26	2016-02-15	12:55	45 20 28.3	38 5 29.4	232	225	6.5	8.8	150	1.7	8.32	84.5
U3	94-11-26	2016-02-15	11:45	45 15 53.3	38 3 42.5	223	20	8	7.1	165	2	9.31	88.6
U3	94-11-26	2016-02-15	11:50	45 15 53.3	38 3 42.5	223	110	8	7.3	165	2.2	9.07	89.9
U3	94-11-26	2016-02-15	12:00	45 15 53.3	38 3 42.5	223	210	8	7.4	165	2.2	9.23	89.3
U4	94-11-26	2016-02-15	10:45	45 13 27.8	38 0 54.4	186	20	7	5.2	162	1.8	9.47	89.8
U4	94-11-26	2016-02-15	11:00	45 13 27.8	38 0 54.4	186	80	7	6.4	162	2	10.37	97.7
U4	94-11-26	2016-02-15	11:05	45 13 27.8	38 0 54.4	186	175	7	7.4	161	1.9	9.55	92.4
U5	94-11-25	2016-02-14	11:10	45 22 34.7	37 47 28.7	152	20	6	5.2	72	2.5	10.4	94.4
U5	94-11-25	2016-02-14	11:30	45 22 34.7	37 47 28.7	152	75	7	9.6	72	2.5	8.43	93.3
U5	94-11-25	2016-02-14	12:15	45 22 34.7	37 47 28.7	152	140	9	10	71	2.2	9.22	86.3
U6	94-11-25	2016-02-14	12:55	45 23 4.9	37 45 59.2	38	10	7	7.8	Bottom	2.5	9.47	92.2



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲۳ از ۶۶

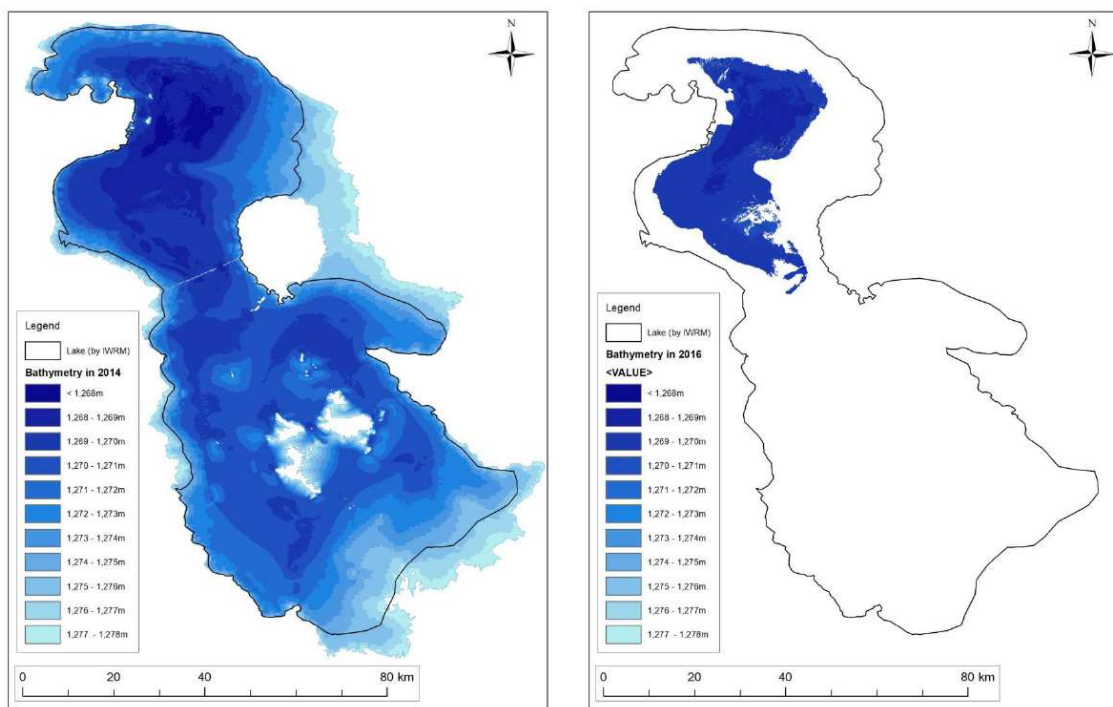
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۷-۱- مشخصات بستر دریاچه ارومیه (Bathymetry)

شکل ۱۰ نقشه بسیمتری دریاچه ارومیه را در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد، روابط ارتفاع-سطح و ارتفاع حجم و عمق رسوب بسیت در سال‌ها ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۱۴ در شکل ۱۱ و شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نمایش داده شده است. اگرچه بسیمتری قسمت جنوبی دریاچه در سال ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار نگرفته است، حداکثر ۱.۲ متر رسوب در قسمت شمالی دریاچه ارومیه طی این دو سال تأیید شده است که این امر باعث کاهش سطح دریاچه و ۳۸۰ MCM از حجم دریاچه می‌شود.



شکل ۱۰. بسیمتری دریاچه ارومیه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ میلادی [۸]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

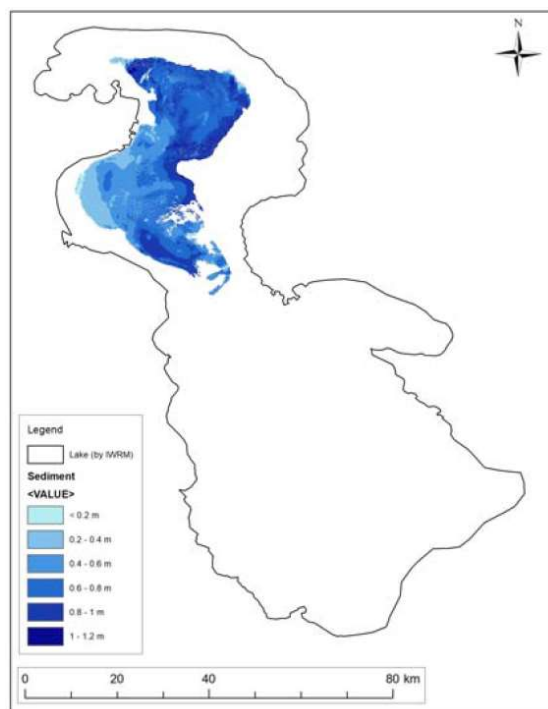


صفحه ۲۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

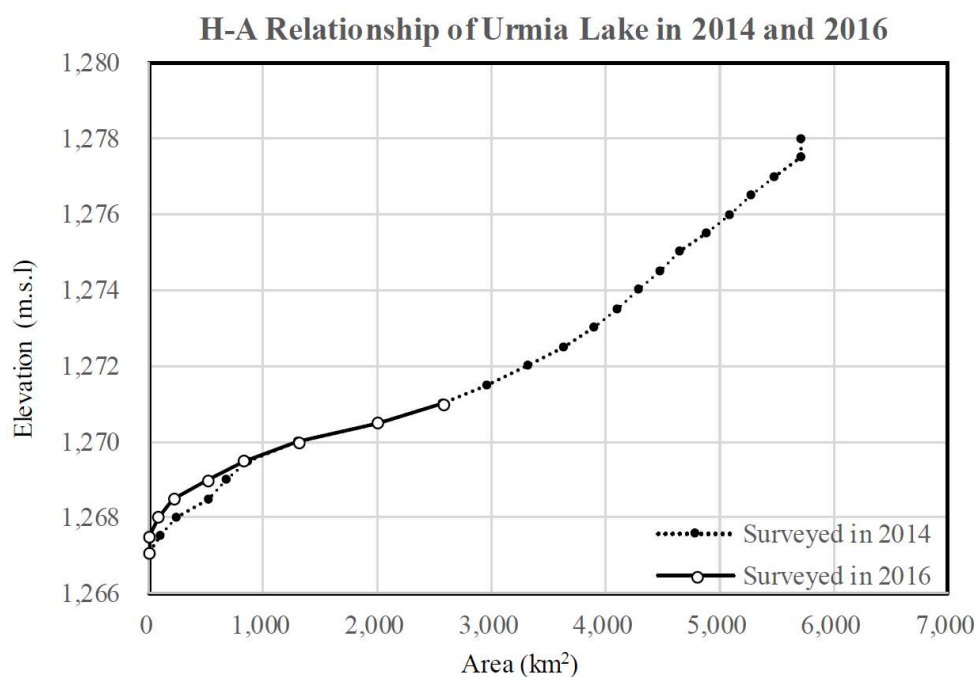
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



مشخصات حوضه آبریز دریاچه ارومیه

شکل ۱۱. عمق رسوبات بستر در دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۱۴ [۸]



شکل ۱۲. رابطه ارتفاع - سطح در دریاچه ارومیه [۸]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



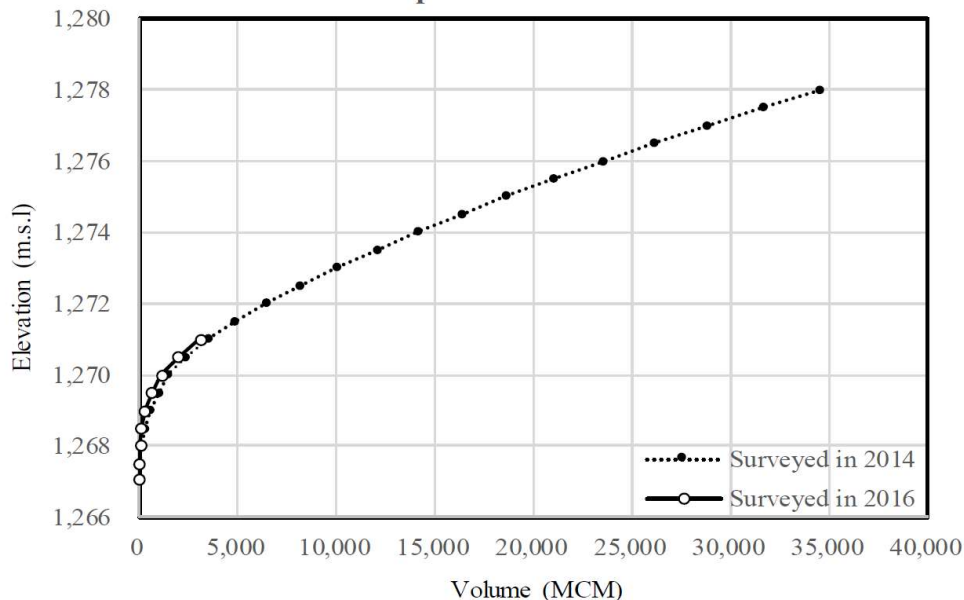
صفحه ۲۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

H-V Relationship of Urmia Lake in 2014 and 2016



شکل ۱۳. رابطه ارتفاع - حجم در دریاچه ارومیه [۸]

۸-۱- تغییرات اقلیمی و آب و هوایی حوضه آبریز

تغییر در پارامترهای اقلیمی به ویژه افزایش دما و کاهش بارش در حوضه آبریز ناشی از تداوم خشک سالی و نوسانات آب و هوایی در خشکی دریاچه ارومیه تأثیرگذار بوده است. مطالعات صورت گرفته توسط موسسه پژوهش‌های اکولوژی و تنوع زیستی مدیترانه در فرانسه با همکاری پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی و دانشگاه ایالتی کالیفرنیا در خصوص شواهد زمین‌شناختی خشک‌شدگی دریاچه ارومیه، نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه در دویست هزار سال گذشته نوسان‌های بسیار زیادی داشته است، اما به‌طور کلی هیدرولوژی آن با الگوی جهانی چرخه‌های اقلیمی هماهنگ بوده است. بر اساس این مطالعات، دریاچه ارومیه هیچ موقع در طول این دوران با خشک‌شدگی کاملی مواجه نبوده است و شرایط کنونی دریاچه بیشتر ناشی از عوامل انسانی می‌باشد.

در شکل ۱۴ پهنه‌بندی تغییرات دمای حداقل را طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. این شکل نشانگر افزایش ۰.۱ تا ۰.۵ درجه سانتی‌گرادی در حداقل دمای ایستگاه‌های محدوده حوضه دریاچه ارومیه در یک دهه می‌باشد. به بیان دیگر مقدار تجمعی افزایش دمای حداقل در طی ۴۵ سال برای ایستگاه‌های تبریز و ارومیه به ترتیب ۲ و ۰.۵ درجه سانتی‌گراد بوده است.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

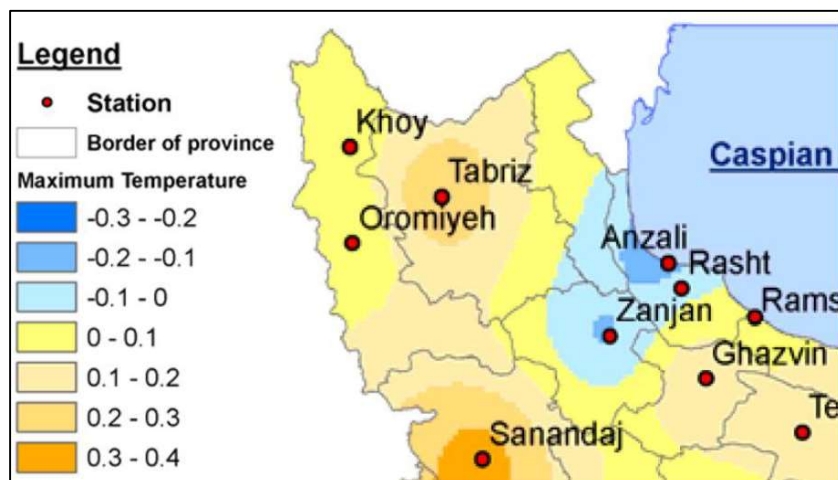
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۱۴. پهنه بندی تغییرات دمای حداقل طی سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ [۴]

شکل ۱۵ پهنه بندی روند تغییرات دمای حداکثر در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه در همان دوره ۴۵ ساله نشان می دهد. در این شکل افزایش ۰.۱ تا ۰.۳ درجه سانتی گراد در حداکثر دمای ایستگاه های محدوده حوضه دریاچه ارومیه، در یک دهه می باشد. به بیان دیگر مقدار تجمعی افزایش دمای حداکثر در طی ۴۵ سال برای ایستگاه های تبریز و ارومیه به ترتیب ۱ و ۰.۵ درجه سانتی گراد بوده است. افزایش دمای حداقل و حداکثر در حوضه دریاچه ارومیه از طرفی باعث بالا رفتن نیاز آبی گیاهان شده است و از طرف دیگر باعث بالا رفتن مقدار تبخیر از سطح دریاچه می گردد که در نهایت باعث کاهش تراز دریاچه ارومیه می شود.



شکل ۱۵. پهنه بندی تغییرات دمای حداکثر طی سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ [۴]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



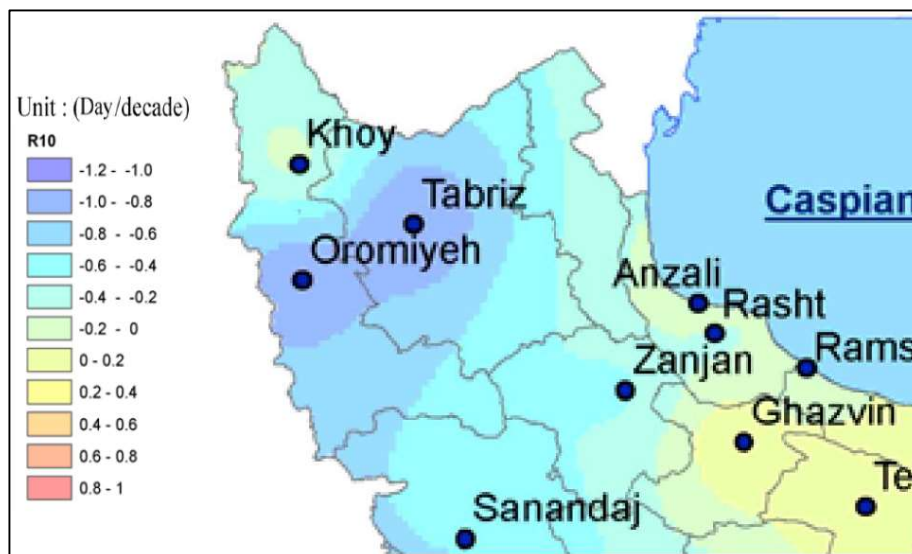
صفحه ۲۷ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

مقدار بارش نیز در حوضه آبریز ارومیه با کاهش قابل ملاحظه‌ای روبرو شده است، با توجه به خصوصیات آب و هوایی، میزان بارش ۱۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت به عنوان حد آستانه جهت ایجاد رواناب و شروع فرسایش در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۱۶ میزان تغییرات بارش باران در تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه کاهش یافته است. این می‌تواند یکی از دلایل کاهش رواناب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه باشد. مقدار تجمعی کاهش تعداد روزهای با بارش بیش از ۴۵ میلی‌متر در طی ۱۵ سال برای ایستگاه‌های تبریز و ارومیه در حدود ۵ روز بوده است.



شکل ۱۶. تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ (تعداد روز در یک دهه) [۴]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۲۸ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۲- مرور ادبیات فنی و مطالعات پیشین

۲-۱- مقدمه

بحران آب، تنش آبی و ورشکستگی آب به حدی تهدیدآمیز است که به عنوان یکی از مهم ترین مسائل پیش روی حیات بشر نه تنها در ایران بلکه در تمام این گستره خاکی عنوان می شود. خشک شدن رودخانه ها، تالاب ها و دریاچه ها یکی از نشانه های عمق فاجعه آبی در هر کشور به شمار می رود. وضعیت بوجود آمده برای دریاچه ارومیه در ایران نیز نشانگر بحرانی جدی در مدیریت منابع آبی کشور است [۴]. حوضه دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران، حدود ۵۱۸۰۰ کیلومترمربع مساحت دارد و میان استان های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان مشترک است (شکل ۱۷). این حوضه یکی از بی نظیرترین پیکره های آبی را در خود جای داده است [۳]. دریاچه ارومیه در این حوضه با مساحتی در حدود ۶۰۰۰ کیلومترمربع، بزرگ ترین دریاچه داخلی ایران، بزرگ ترین دریاچه شورمزه خاورمیانه و دومین دریاچه آب شور در دنیا به شمار می رود. در حوضه آبریز دریاچه حدود ۳۶ شهر وجود دارد و در حدود ۶ میلیون نفر زندگی می کنند [۹]، [۱۰]. این دریاچه در یک ناحیه نیمه خشک با دمای متوسط سالانه ۱۱/۲ درجه سانتی گراد و به ترتیب با متوسط نرخ بارش و تبخیر ۳۴۱ و ۱۲۰۰ میلی متر در هر سال قرار گرفته است [۱۱]. در کل متوسط بارش از سال ۱۳۳۰ تا سال ۱۳۹۰ در حوضه دریاچه ارومیه روند کاهشی داشته است و این مقدار کاهش در حدود ۱۸٪ برآورد شده است. پیش از افت تراز آب دریاچه در سال های اخیر نیز، متوسط جامدات محلول کل در آن حدود ۲۰۵ گرم بر لیتر اندازه گیری شد که این مقدار تقریباً ۱۵ برابر دریای خزر و ۵ برابر متوسط آب اقیانوس هاست [۳]. این مقدار در سالیان اخیر به ۵۰۰ گرم بر لیتر افزایش پیدا کرده است [۴]. به طور کلی میزان نمک ورودی به دریاچه به طور متوسط ۲/۲ میلیون تن در سال می باشد که رودخانه آجی چای با ۴۴ درصد (حدود ۱۲ میلیون تن) بیشترین سهم را داراست. این ورودی نمک سبب می شود تا TDS در دوران پرآبی دریاچه به مقدار ۱۸۰ و در زمان کم آبی دریاچه به ۴۲۰ گرم بر لیتر برسد [۱].



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

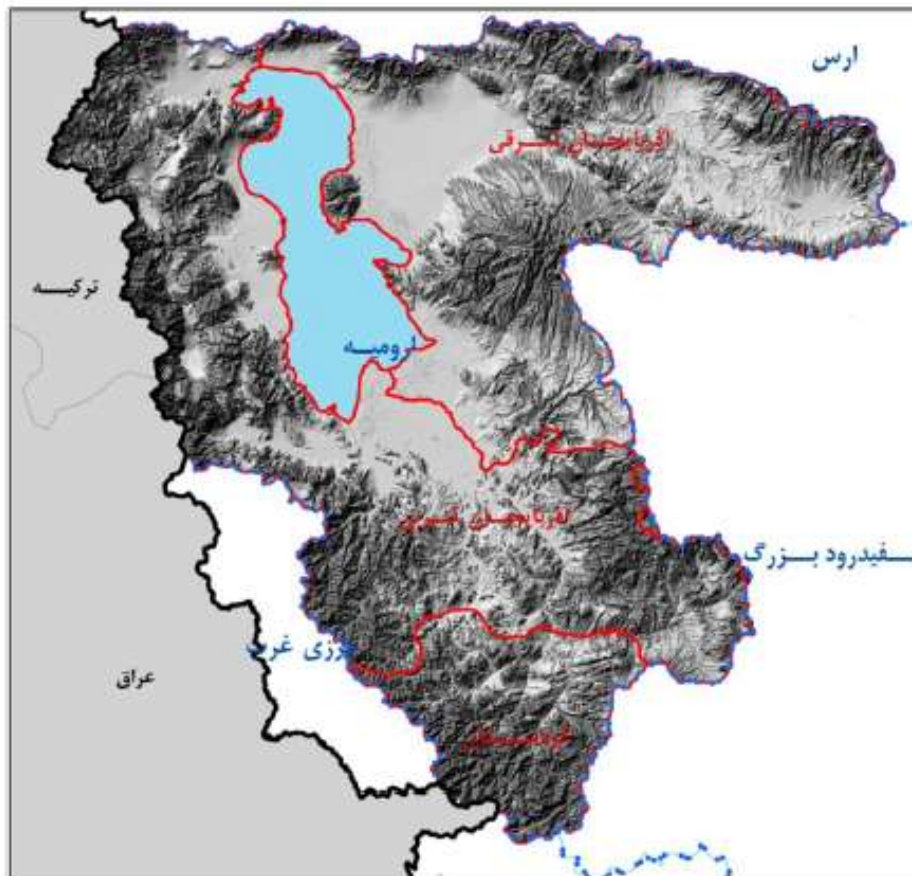


صفحه ۲۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۱۷. موقعیت حوضه دریاچه ارومیه و استان های اطراف آن [۳]

۲-۲- وضعیت منابع آب حوضه دریاچه ارومیه

همان طور که از شکل ۱۸ استنباط می شود، در گذشته متوسط بلندمدت آب ورودی به دریاچه در حدود ۵ میلیارد مترمکعب در سال بوده که با توجه به عوامل مختلف، این مقدار به ۲/۵ میلیارد مترمکعب در سال کاهش پیدا کرده است [۱۱]. بررسی آب های ورودی به دریاچه نشان می دهد که متوسط میزان حجم آب ورودی بین سال های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۴ در حدود دو برابر متوسط آب ورودی بین سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۰ بوده است. هم چنین به دلیل عمق کم و پستی و بلندی بستر دریاچه، در صورت تغییر در حجم ورودی آب به دریاچه، قسمتی از دریاچه به صورت فصلی ممکن است خشک شود [۳].



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

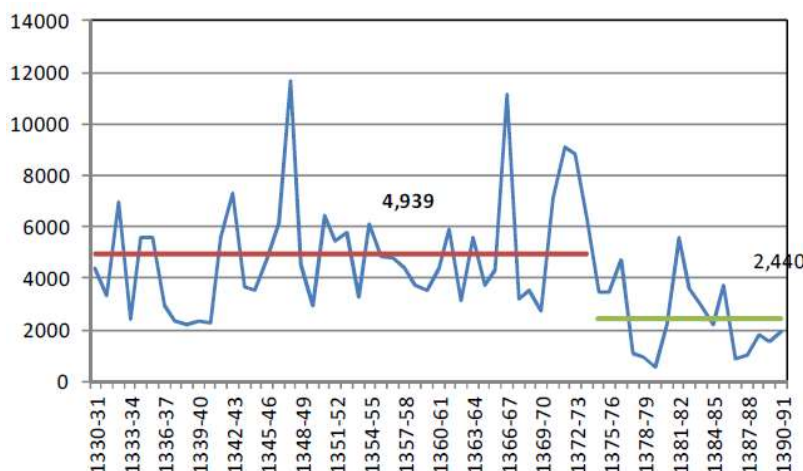


صفحه ۳۰ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

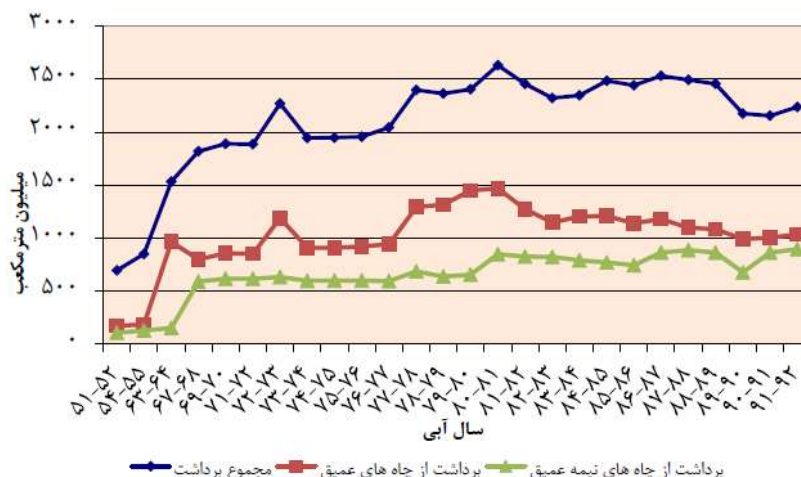
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۱۸. افت میانگین حجم آب ورودی به دریاچه طی دو دوره برحسب میلیون مترمکعب [۳]

برداشت از آب های زیرزمینی به خصوص از طریق چاه های غیرمجاز در منطقه به صورت بی رویه افزایش پیدا کرده به طوری که تعدادی از سفره های آب زیرزمینی از نظر برداشت آب، ممنوع اعلام شده اند. در اثر این برداشت بی رویه، کیفیت آب آبخوان ها و نیز توان آبدهی آن ها به شدت افت کرده است. طبق آمار در حدود ۴۰۰۰ حلقه چاه غیرمجاز در حوضه حفر شده است [۴]. شکل ۱۹ روند افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی حوضه را نشان می دهد.



شکل ۱۹. افزایش برداشت آب زیرزمینی در حوضه دریاچه ارومیه [۴]

بیشترین برداشت آب زیرزمینی از بین سه استان درگیر حوضه دریاچه ارومیه، مربوط به استان آذربایجان غربی است. به طور کلی مجموع برداشت سالیانه از منابع آب سطحی و زیرزمینی حوضه در حدود ۳۳۷۷



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

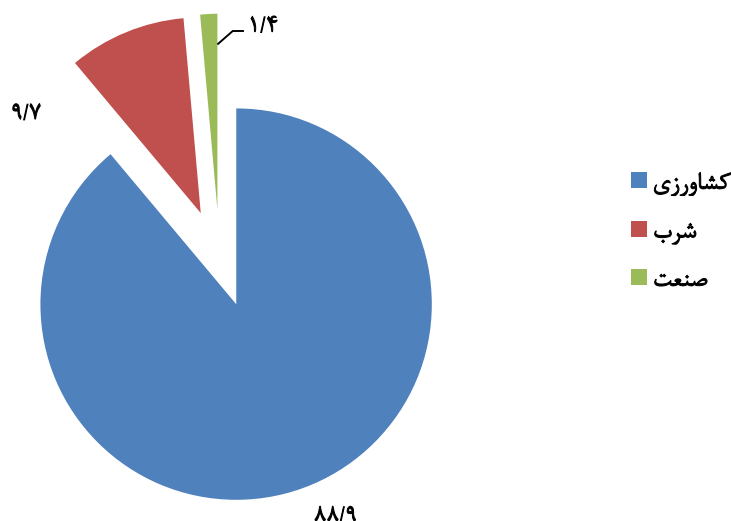
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

میلیون مترمکعب می باشد که از این مقدار حدود ۶۱٪ آن مربوط به استان آذربایجان غربی، ۳۶٪ مربوط به آذربایجان شرقی و در حدود ۳٪ مربوط به کردستان است [۳]. خلاصه ای از اطلاعات مربوط به مصارف شرب، صنعت و کشاورزی در منطقه و میزان مصرف سه استان حاضر در حوضه و منابع آبی مورد مصرف آن ها در جدول ۴ و شکل ۲۰ آمده است.

جدول ۴. اطلاعات مصارف از منابع موجود در حوضه آبریز به تفکیک هر استان [۳]

استان	آب زیرزمینی	آب سطحی	سدها	جمع
آذربایجان غربی	۱۱۹۲/۳	۸۵۷/۱	۱۲۵۰/۱	۳۲۹۹/۵
آذربایجان شرقی	۷۸۵/۹	۴۴۲	۲۲۵/۶	۱۴۵۳/۵
کردستان	۳۷/۴	۶۳/۵	۰/۰	۱۰۰/۹
جمع	۲۰۱۵/۶	۱۳۶۲/۶	۱۴۷۵/۸	۴۸۵۴/۰
درصد	۴۱/۵	۲۸/۱	۳۰/۴	۱۰۰/۰



شکل ۲۰. درصد مصارف گوناگون در حوضه آبریز دریاچه ارومیه [۳]

با توجه به اطلاعات داده شده، خشک شدگی سالیان اخیر دریاچه ارومیه عمدتاً معلول دست کاری های انسان در هیدرولوژی منابع آب دریاچه بوده است [۳]. تراز دریاچه ارومیه در بیشترین مقدار خود در سال ۱۳۵۳ به ۱۲۷۷/۱ متر رسید این در حالی است که تراز اکولوژیک دریاچه ۱۲۷۴/۱ متر اعلام شده است. در سالیان



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



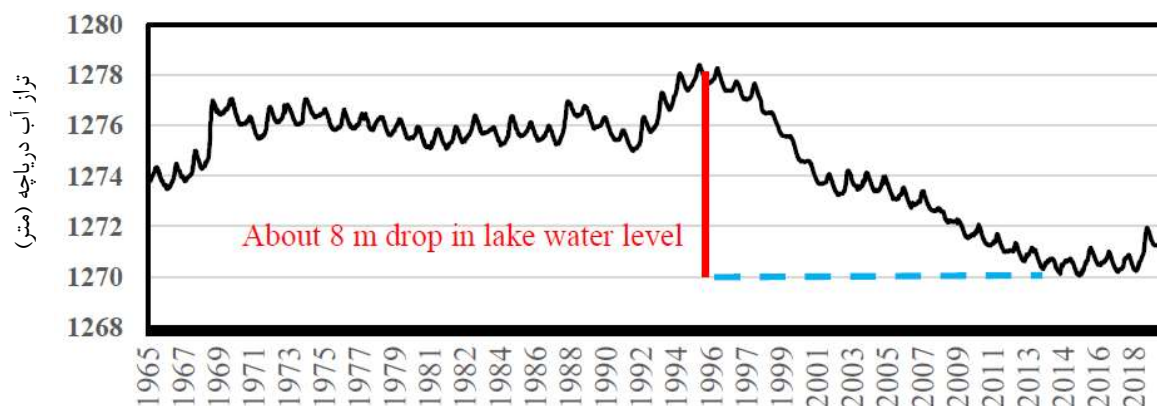
صفحه ۳۲ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

اخیر تراز دریاچه با افت همراه بوده و به حدود ۱۲۷۰ متر رسیده است [۴]. با توجه به شکل ۲۱، از ۲۵ سال گذشته (سال ۱۳۷۴) روند کاهش تراز آب دریاچه ارومیه آغاز شده و در سال های اخیر افت تراز آب دریاچه بیش از ۸ متر برآورد شده است [۹]. از سال ۱۳۸۰ تراز دریاچه همواره کمتر از تراز اکولوژیک خود بوده است [۱]. این افت تراز دریاچه ارومیه و این ضایعه زیستی، باید از لحاظ زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مورد ارزیابی قرار گیرد [۱۲]. همان طور که پیشتر گفته شد عوامل مختلف انسانی^۱ و طبیعی در توسعه ناپایدار دریاچه مؤثر هستند؛ از جمله برداشت بیش از حد از منابع آبی حوضه، خشک سالی و تغییرات اقلیمی (همچون گرمایش جهانی)، رشد فزاینده جمعیت، اجرای طرح های نامناسب در زمینه ی منابع آب و احداث سدها، احداث پل میان گذر شهید کلاتری، عدم حفاظت از اکولوژی و محیط زیست منطقه، توسعه ناپایدار بخش کشاورزی، مصرف بی رویه در بخش شرب و صنعت، تمایل به بهره برداری های زودبازده و بهره وری پایین مصرف آب [۴]–[۹]، [۱۳].



شکل ۲۱. افت تراز دریاچه ارومیه در قرن اخیر [۱]

سامانه های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و اکوسیستم دریاچه ارومیه نیز همگی با هم در ارتباط بوده و تبادل مستقیم دارند و یک سیستم یکپارچه اما پویا را ایجاد می کنند؛ به گونه ای که تغییر و دخالت در هر یک از بخش های فوق، اثرات مختلفی بر بدنه اصلی سیستم و سایر بخش های آن دارد. از این رو صرفاً اصلاح یک قسمت از حوضه آبریز به منظور احیای دریاچه، بدون توجه به سایر قسمت های آن می تواند اثرات مخربی بر محیط زیست منطقه وارد کند. پس برای یافتن راهکار مناسب، باید یک نگاه سیستمی و جامع به حوضه دریاچه ارومیه داشت [۳]. خلاصه مشخصات کلی مربوط به اکوسیستم یکپارچه حوضه دریاچه ارومیه در جدول ۵ آمده است [۴].

¹ Anthropogenic



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

جدول ۵. مشخصات کلی حوضه دریاچه ارومیه [۴]، [۱]

عنوان	توضیحات
نام‌ها	دریاچه ارومیه، چی چست، کبودان، کابوتا، ریماچست، آذربایجان
عمر دریاچه	۴۰۰ تا ۵۰۰ هزار سال
مساحت دریاچه	۵۰۰۰ کیلومتر مربع
ماکزیمم و مینیمم تراز آب	ماکزیمم ۱۲۷۸/۴ متر (خرداد ۱۳۷۴) و مینیمم ۱۲۷۰ متر (مهر ۱۳۹۳)
تراز اکولوژیک	۱۲۷۴/۱ متر
مساحت حوضه آبریز	۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع
منطقه حفاظت شده	پارک ملی که از سال ۱۳۴۶ حفاظت شده اعلام شده است.
منطقه بین‌المللی	سایت رامسر که ذخیره گاه زیست کره یونسکو اعلام شده است.
کاربری	کشاورزی، تالاب، چراگاه
خدمات اکوسیستم	توریسم، تفریحی، آموزشی، فرهنگی - اجتماعی

۳-۲- تنوع زیستی حوضه

۳-۲-۱ پوشش گیاهی: پوشش گیاهی دریاچه ارومیه به علت وجود نمکزارها و غلظت بالای نمک دریاچه، عموماً از نوع پوشش‌های شورپسند (هالوفیت‌ها با الگوی نواری) در اطراف دریاچه و پوشش‌های استپی در پستی بلندی‌های اطراف دریاچه می‌باشند [۴]. این پوشش‌ها نقش مهمی در تثبیت و عدم فرسایش خاک و جلوگیری از پدیدار شدن ریزگردها در منطقه، ایفا می‌کنند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲. گیاه سالیکورنیا گونه‌ای از هالوفیت‌های موجود در دریاچه ارومیه (ایسنا)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۲-۳-۲- آبریزان: طبق مطالعات انجام شده در اکوسیستم دریاچه ارومیه، در حدود ۱۰۰۰۰ گونه زیستی در منطقه زندگی می کنند که از میان آن ها گونه آرتمیا مهم ترین و باارزش ترین سخت پوست آبری موجود در آب شور دریاچه به شمار می رود (شکل ۲۳). این گونه نقشی انکارناپذیر در حفظ حیات و چرخه غذایی داخل و خارج از دریاچه ارومیه ایفا می کند. بقای آن ها با فیتوپلانکتون ها میسر می شود و خود نیز غذای پرندگان منطقه به شمار می روند [۴]، [۳].



شکل ۲۳. گونه باارزش آرتمیا (باشگاه خبرنگاران جوان)

۲-۴- بررسی تالاب ها و رودخانه های ورودی به دریاچه ارومیه

نقش تالاب ها در مدیریت منابع آب منطقه، نقشی مهم و اساسی است. از فرسایش خاک جلوگیری می کنند. تغذیه آبخوان ها را تسریع کرده (به عنوان یک منطقه بافری عمل می کنند) و سبب حفظ آب های زیرزمینی می شوند [۳]. اضافه بر آن تالاب ها سیلاب را کنترل و آب موجود در رودخانه ها را تثبیت می کنند. کیفیت آب را با پالایش خود، بهبود می بخشند. هم چنین زیستگاه مناسبی برای گونه های آبری (ماهیان و گیاهان آبری) به شمار می روند. گیاهان آبری نیز خود وظیفه سلامت اکوسیستم آبی، تأمین غذا و اکسیژن لازم حیات وحش منطقه را بر عهده دارند. مهم ترین تالاب های حوضه ارومیه که در طی سالیان اخیر رو به نابودی و خشک سالی رفته اند، عبارت اند از: سولدوز، دورگه سنگی، کانی برازان و گرده قیط [۱۰]. نمایی از تالاب های سولدوز و درگه سنگی به ترتیب در شکل های ۲۴ و ۲۵ نشان داده شده است.



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

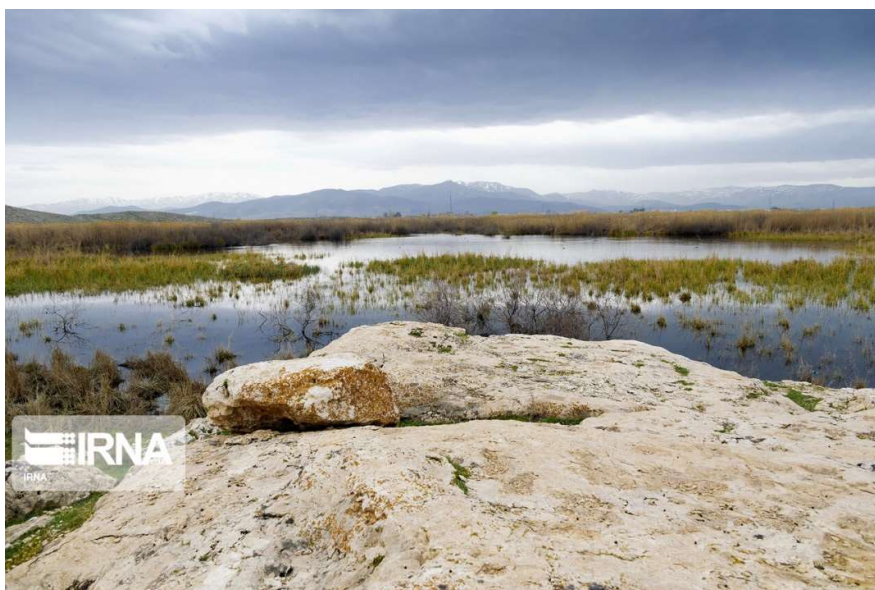
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۲۴. نمایی از تالاب سولدوز (ایرنا)

اگرچه حجم آب ورودی و شیرین دریاچه از تالاب‌ها، در بازه‌های زمانی مختلف، متغیر بوده با این وجود به نظر می‌رسد که این تالاب‌ها هیچ‌گاه در دوره حیات خود و دریاچه، خشکیدگی کامل را تجربه نکرده‌اند [۳]. در صورت خشکیدگی و ادامه روند پیش رو، مهم‌ترین تأثیر منفی خشکی تالاب‌ها در جهان و از جمله ایران، ایجاد کانون تولید گرد و غبار می‌باشد [۴].



شکل ۲۵. نمایی از تالاب درگه سنگی (ایرنا)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

برخی از پارامترهای کیفی آب تالاب‌های سولدوز، درگاه‌سنگی و کانی برازان در جدول ۶ آمده است [۱۰].

جدول ۶. متغیرهای کیفی اندازه‌گیری شده در تالاب‌های دریاچه ارومیه [۱۰]

نام تالاب		pH	TDS (g/lit)	عمق آب (cm)
تالاب سولدوز		۸/۱۵	۴/۱۲	۱۰۵
تالاب درگاه‌سنگی	ایستگاه شمالی	۸/۸۸	۲/۵۲	۷۰
	ایستگاه جنوبی	۱۰/۲	۵/۱	۳۰
تالاب کانی برازان		۸/۷	۵/۶	۷۰-۳۰

رودخانه‌های اصلی و با پتانسیل آورد دائمی برای دریاچه عبارت‌اند از: نازلوچای، آجی چای، زرینه‌رود، سیمینه‌رود، مهابادچای، گادارچای، باراندوزچای، شهرچای، روضه‌چای، زولاچای، آذرشهرچای، قلعه‌چای، مردوق‌چای، لیلان‌چای و صوفی‌چای (شکل ۲۶) [۴]، [۱۴].



شکل ۲۶. نقشه رودخانه‌های ورودی به دریاچه ارومیه [۱۴]



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۷ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

در مطالعات مربوط به رودخانه‌ها عواملی مانند خصوصیات زمین‌شناسی، خصوصیات هندسی، مورفولوژی رودخانه، خصوصیات هیدرولیکی، جنس و شکل بستر، کاربری اراضی و شرایط اجتماعی و اقتصادی حاکم بر رودخانه بایستی مدنظر قرار گیرند [۱۵]. هم‌چنین فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری نسبت به مرز بدنه دریاچه ارومیه نسبتاً زیاد است؛ بنابراین جهت تخمین مجموع آب ورودی سطحی به دریاچه لازم است تا برآوردی از میزان تلفات و تبخیر در حدفاصل این دو نقطه صورت بگیرد [۳]. دبی متوسط روزانه رودخانه‌های ورودی به دریاچه نیز در جدول ۷ گزارش شده است. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، بیشتر آب دریاچه از طریق رودخانه‌های جنوبی زرينه‌رود و سيمينه‌رود (شکل ۲۶) تامین می‌شود و میزان آب ورودی به بخش شمالی دریاچه کمتر از ۴ درصد کل آب ورودی به دریاچه از طریق رودخانه‌هاست [۱].

جدول ۷. رودخانه‌های ورودی به دریاچه ارومیه و متوسط دبی روزانه آن‌ها [۱۱]

رودخانه	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)	دبی مینیمم (مترمکعب بر ثانیه)	دبی ماکزیمم (مترمکعب بر ثانیه)	رودخانه	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)	دبی مینیمم (مترمکعب بر ثانیه)	دبی ماکزیمم (مترمکعب بر ثانیه)
آذرشهرچای	۰/۳	۰	۵/۸	زرينه رود	۲۶/۹۶۹	۰	۹۹۴/۸
چشمه دول	۰/۰۹۶	۰	۱	گادار چای	۶/۵۵۷	۰	۱۴۵
آجی چای	۵/۲۵۵	۰	۲۵۰	باراندوز چای	۵/۳	۰	۹۹/۸
صوفی چای	۲/۹۳۴	۰/۳۲	۳۵/۹	شهرچای	۱/۳۶۲	۰	۳۶/۰۲
چکان	۰/۶۵	۰	۲۰/۸	نازلوچای	۴/۲۶۳	۰	۹۳/۳
قلعه چای	۰/۸۷۶	۰	۳۵/۶	روضه چای	۰/۷	۰	۱۶/۲
مردوق چای	۱/۸۶	۰/۰۰۲	۳۸	دریان چای	۰/۴۵۳	۰/۰۰۶	۱۱/۷
لیلان چای	۱/۴۵۵	۰	۲۷	زولاچای	۱/۳۳۴	۰	۵۴/۴
سيمينه رود	۱/۴۳۴	۰	۴۸	مهابادچای	۳/۵۱۹	۰	۸۴/۹

اگرچه رودخانه‌های بسیاری (در حدود ۲۰ رودخانه) به دریاچه ارومیه می‌ریزند ولی رودخانه آجی چای از لحاظ تأمین یون‌های دریاچه و شوری آن بیشترین نقش را بازی می‌کند. ترکیب شیمیایی املاح دریاچه ارومیه از نوع تبخیری بوده و یون‌های Na-K-Cl-Mg-SO_4 را داراست. رودخانه آجی چای با عبور از میان سازندهای تبخیری غرب و شمال غرب دریاچه، بیش از ۷۰ درصد مواد محلول در دریاچه را تأمین می‌کند؛ به‌طوری‌که ترکیب شیمیایی آب دریاچه ارومیه نزدیک‌ترین ترکیب به آب رودخانه آجی چای می‌باشد. رسوبات کف دریاچه که منشأ شیمیایی، بیوشیمیایی و آواری دارند نیز به‌خصوص در محل ورودی زرينه‌رود و سيمينه‌رود جنس ماسه‌ای داشته و تراوایی بالایی دارد و از این رو امکان تبادل و ذخیره آب را در زیر



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۳۸ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

بستر دریاچه با تبخیر ناچیز فراهم می‌کند [۳]. چگالی آب دریاچه نیز در حدود ۱/۱۲۵ تا ۱/۲۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، برآورد شده است [۱].

رودخانه شهرچای (شکل ۲۷) با طول حدود ۷۲ کیلومتر و حوضه آبریز حدود ۷۱۰ کیلومترمربع، حدود ۸ درصد از ورودی‌های دریاچه ارومیه را تا قبل از احداث سد بر روی آن، تأمین می‌کرد. این مقدار پس از احداث سد مخزنی به کمتر از ۱ درصد رسیده است. همچنین با احداث سد، به دلیل کاهش آب رودخانه، کشاورزان به حفر چاه‌های غیرمجاز روی آورده و مصرف آب در حوزه کشاورزی بسیار بالا رفت. به‌طوری‌که امروزه حریم رودخانه کاملاً از بین رفته و رودخانه از نظر زیست‌محیطی نابود شده است [۱۵]. نقشه حوضه آبریز رودخانه شهرچای در شکل ۲۸ نشان داده شده است.



شکل ۲۷. نمایی از رودخانه شهرچای در زمان پربایی (عکس از سینا پسران افشاریان)

برداشت‌های غیرمجاز، ورود سموم شیمیایی کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی نیز از دیگر عوامل مؤثر در خشکیدگی وخیم رودخانه بوده‌اند. در بخش‌هایی از رودخانه به دلیل غلظت بالای رسوبات سیلتی، عرض و عمق کم جریان و نبود اکسیژن کافی، اثری از خودپالایی رودخانه وجود ندارد و این به معنای مرگ رودخانه است. همچنین آب رودخانه در بهار به علت طغیان و خروج از بستر رودخانه و شدت و سرعت جریان و درنهایت فرسایش بستر دارای مواد معلق فراوانی بوده و کدورت بالایی دارد؛ اما در تابستان به علت کاهش میزان آب و سرعت جریان، رودخانه دارای آبی زلال، صاف و حتی قابل شرب می‌باشد [۱۵].



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

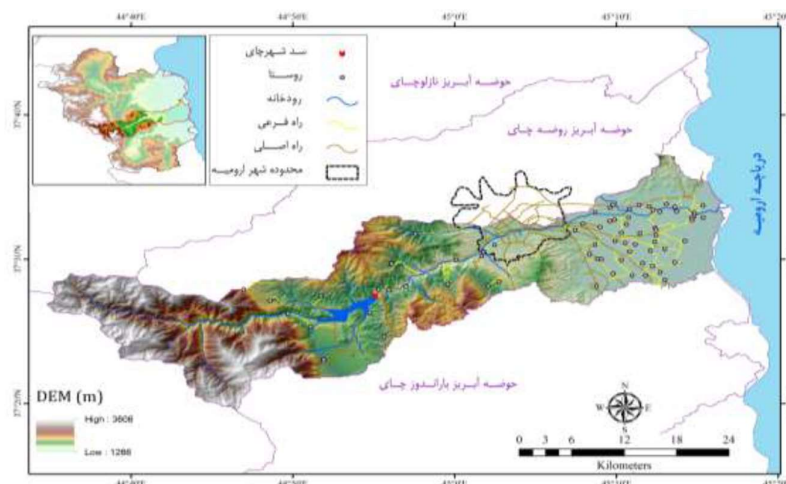


صفحه ۳۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

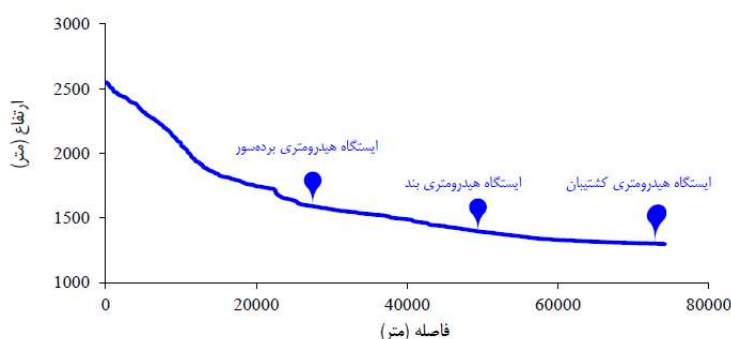
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۲۸. حوضه آبریز رودخانه‌های شهرچای [۱۵]

همان‌طور که در پروفیل طولی رودخانه در شکل ۲۹ مشخص است، شیب رودخانه از بالادست و بخش کوهستانی به سمت پایین‌دست و دشت کاهش می‌یابد. ۳ ایستگاه هیدرومتری برده سور، بند و کشتیان نیز جهت اندازه‌گیری دبی به ترتیب در ارتفاعات ۱۶۰۰ متری، ۱۳۹۰ متری و ۱۲۸۵ متری، بر روی این رودخانه قرار دارند [۱۵].



شکل ۲۹. پروفیل طولی رودخانه شهرچای و محل ایستگاه‌های هیدرومتری بر روی آن [۱۵]

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هیدرومتری، روند کاهشی دبی در هر سه ایستگاه مشهود می‌باشد (شکل‌های ۳۰، ۳۱ و ۳۲). با این تفاوت که میزان کاهش جریان در دو ایستگاه بند و کشتیان به علت برداشت‌های غیرمجاز از رودخانه، بیشتر است. حجم جریان سالیانه عبوری از سه ایستگاه در شکل‌های زیر آمده است [۱۵].



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

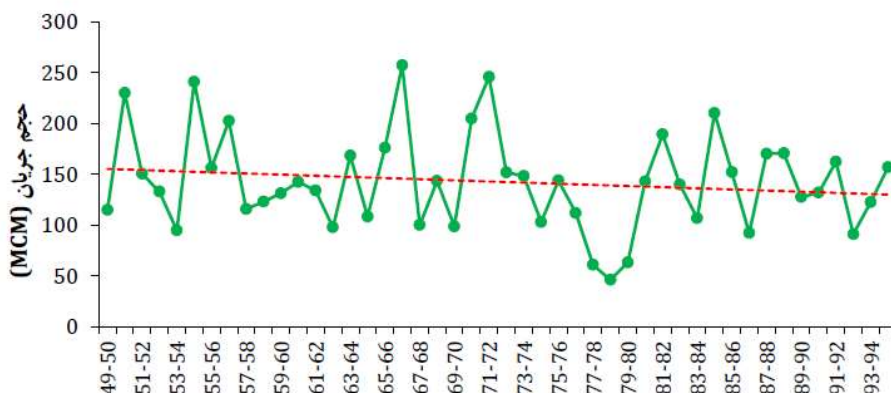


صفحه ۴۰ از ۶۶

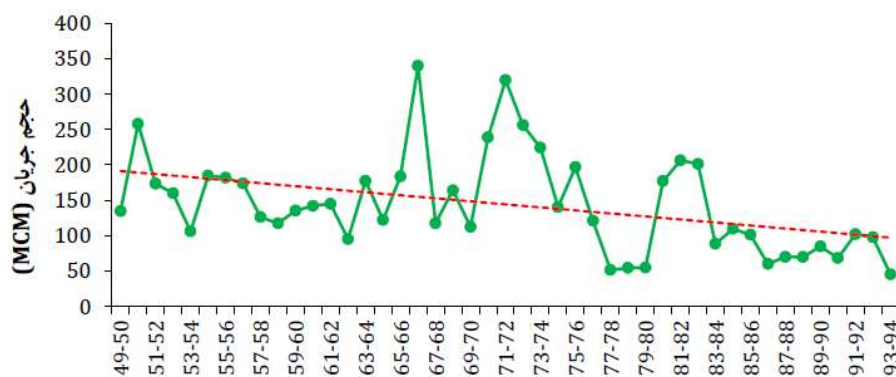
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

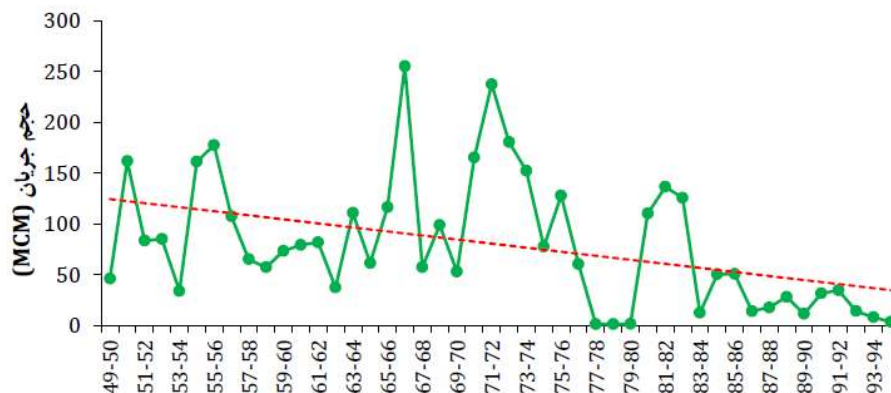
جلد ۱



شکل ۳۰. حجم جریان های سالانه ایستگاه برده سور [۱۵]



شکل ۳۱. حجم جریان های سالانه ایستگاه بند [۱۵]



شکل ۳۲. حجم جریان های سالانه ایستگاه کشتیبان [۱۵]



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

در بازه کشتیبان، به علت تجاوز به حریم رودخانه، محدودسازی سواحل و هجوم کشاورزان، رودخانه شروع به کف کنی کرده و تراز بستر پایین رفته است. هم‌چنین به دلیل کاهش دبی جریان و شیب رودخانه (در حدود ۰/۰۱۵)، مواد بستری رودخانه عمدتاً ریزدانه بوده که در زمان سیلاب سبب گرفتگی رودخانه می‌شوند. در چنین حالتی لایروبی رودخانه مدنظر قرار گرفته است. به علت پوشش گیاهی متراکم موجود در رودخانه شهرچای و تنوع اندازه و قطر شاخ و برگ گیاهان، ضریب زبری در این بخش از رودخانه شهرچای می‌تواند در حدود ۰/۰۴ تخمین زده شود [۱۵].

در بازه برده سور که در شکل ۳۳ قابل مشاهده است، رودخانه شیبی در حدود ۳٪ داشته و باتوجه به این شیب زیاد و کوهستانی بودن این بازه، حجم زیادی از رسوبات درشت‌دانه (شن درشت) را وارد بستر دریاچه سد شهرچای می‌کند. هم‌چنین با توجه به هندسه رودخانه، در این مسیر رودخانه حالت فرسایشی داشته و سبب آب‌شستگی‌های شدیدی می‌کند. ضریب مانینگ این بخش نیز در حدود ۰/۰۳ تخمین زده شده است. جهت آبیاری باغات و مراتع، در این بخش آب رودخانه منحرف شده و یا برداشت‌های نقطه‌ای و پمپاژ آب صورت می‌گیرد. برخلاف قسمت‌های قبل رودخانه، در این بخش شرایط رودخانه از نظر زیست‌محیطی و زندگی آبریان از جمله ماهی‌ها مناسب است که علت آن جریان دائمی رودخانه می‌باشد [۱۵].



شکل ۳۳. محل ایستگاه هیدرومتری برده سور بر روی رودخانه شهرچای [۱۵]

به منظور تحلیل رسوبات رودخانه نیز، بررسی خصوصیات زمین‌شناسی و بستر رودخانه، شیب جریان و سازه‌های موجود بر روی رودخانه ضروری است. شیب رودخانه به دو قسمت مجزا تقسیم می‌شود. در قسمت پایین‌دست رودخانه، شیب کم بوده و در نتیجه فرسایش کمتر و رسوب‌گذاری بیشتری را شاهد خواهیم بود. هم‌چنین ذرات بستر در این قسمت بیشتر از نوع ریزدانه هستند. درحالی‌که در قسمت بالادست رودخانه



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴۲ از ۶۶

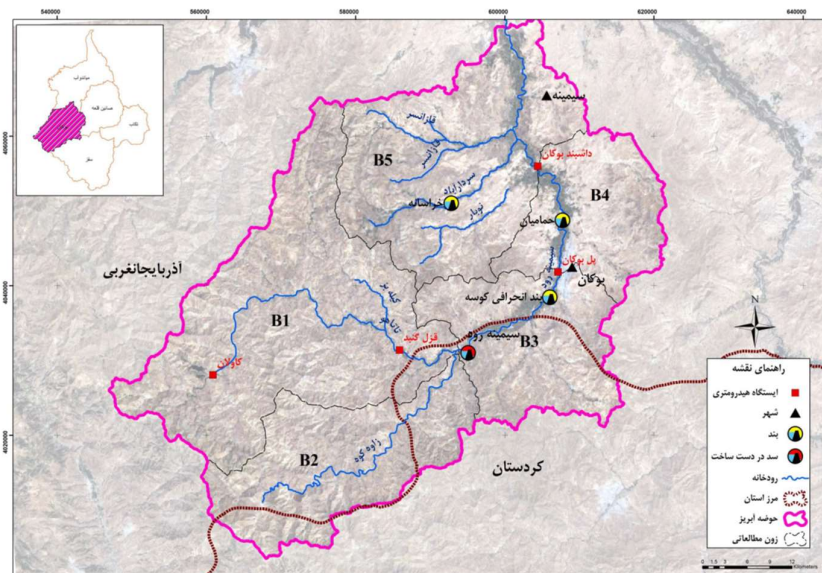
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

شیب زیاد و به تبع آن رسوبات بیشتری توسط رودخانه حمل می‌شوند و ذرات درشت‌دانه بیشتری در بستر رودخانه (به علت فرسایش بالا) دیده می‌شوند. برای بررسی میزان حساسیت به فرسایش نیز به دلیل عدم انجام مطالعات آزمایشگاهی (مطالعاتی در خصوص دانه‌بندی، درصد مواد آلی، بافت خاک و میزان نفوذپذیری)، بر اساس قضاوت‌های مهندسی و بازدیدهای صحرایی، عامل فرسایش‌پذیری (K) در حدود ۰/۴۵ برآورد شد [۱۵].

حوضه آبریز رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود (شکل ۳۴) نیز با مساحتی در حدود ۱۷۵۶۰ کیلومترمربع، سهم ۵۰ درصدی از آب ورودی به دریاچه ارومیه را داراست. یکی از مهم‌ترین منابع آب این حوضه، سیمینه‌رود می‌باشد که از تلاقی دو شاخه تاتائو و زاوه‌کوه پدیدار شده و از دامنه‌های جنوب غربی نیستان کوه در نزدیکی شهر بوکان در استان کردستان به صورت دائمی سرچشمه می‌گیرد [۱۶].



شکل ۳۴. موقعیت سیمینه‌رود در حوضه آبریز مورد مطالعه [۱۶]

مهم‌ترین سازه هیدرولیکی موجود روی رودخانه سیمینه‌رود، سد مخزنی سیمینه‌رود می‌باشد که در سال ۹۳ به دلیل مصوبات ستاد احیای دریاچه ارومیه، عملیات احداث آن متوقف گردید. در بازه‌های بالادست سیمینه‌رود و قبل از پیوستن تاتائو به زاوه‌کوه، به دلیل درشت‌دانه بودن مصالح بستر، رفتار رود کوهستانی بوده یعنی با شیب زیاد، عرض کم و مقطع V شکل به سمت پایین‌دست جاری می‌شود؛ هرچه شیب بیشتر باشد، سرعت جریان بیشتر بوده و فرسایش نیز تشدید خواهد شد. پوشش گیاهی رودخانه نیز پایدار توصیف شده است. پس از پیوستن دو رودخانه به هم و تشکیل سیمینه‌رود، عرض رودخانه نسبت به قبل بیشتر شده



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



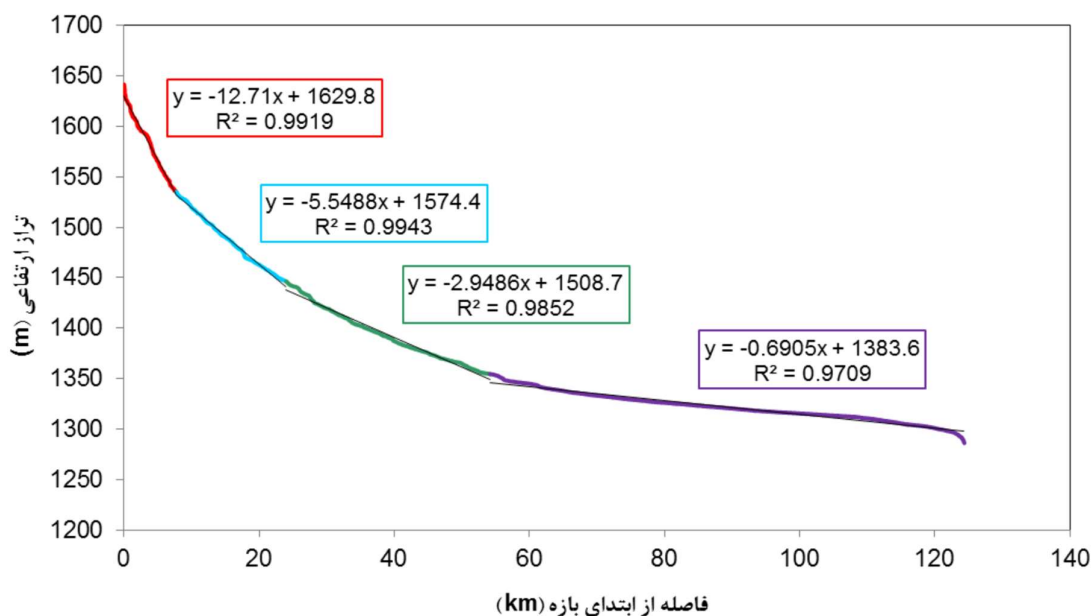
صفحه ۴۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

و تیپ رودخانه از حالت کوهستانی به کوهپایه‌ای (دشتی) تغییر پیدا می‌کند. طبق شکل ۳۵ و به‌طور کلی هرچه به سمت پایین دست حرکت می‌کنیم، شیب رودخانه کمتر ولی عرض رودخانه بیشتر می‌شود. در طول رودخانه عمدتاً کاربری کشاورزی دیده می‌شود. درحالی‌که مناطق مسکونی و تأسیساتی شهر بوکان نیز در قسمتی از رودخانه وجود دارند (شکل ۳۶). پوشش گیاهی نیز متراکم‌تر از قبل به چشم می‌خورد و جنس بستر رودخانه در این بازه عموماً از ریزدانه (سیلت، رس و ماسه) می‌باشد [۱۶].



شکل ۳۵. پروفیل طولی رودخانه سیمینه‌رود [۱۶]

مهم‌ترین عامل نابسامانی کنونی این رودخانه نیز عوامل انسانی ازجمله تجاوز به حریم رودخانه برای استفاده از آب آن در کشاورزی و مصالح آن برای ساخت‌وساز می‌باشد. این عوامل سبب شده تا رودخانه ساختار مورفولوژیک و پوشش گیاهی خود را از دست بدهد و از لحاظ فرسایش، حالت پایدار داشته باشد و بیشتر مواقع در بستر خود رسوب‌گذاری کند. همچنین در مواقع بارندگی‌های سیل‌آسا نیز ممکن است خطرات جبران‌ناپذیری به حاشیه رودخانه وارد شود [۱۶].



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۳۶. نمایی از رودخانه سیمینه‌رود در شهرستان بوکان استان کردستان (ایرنا)

۲-۵- عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه

۲-۵-۱- برداشت بی‌رویه از منابع آبی حوضه: از میان مصارف گوناگون صنعت، کشاورزی، شرب و بهداشت، بخش کشاورزی بیش از ۶۰ درصد از کل منابع آب تجدید پذیر حوضه و حدود ۹۰ درصد از مصرف آب در این حوضه را به خود تخصیص داده است و بزرگ‌ترین مصرف‌کننده حوضه به شمار می‌رود [۴]، [۱۷]. همچنین سرانه مصرف آب خانگی در ایران نیز حدود دو برابر کشورهای اروپایی و سه برابر توصیه سازمان ملل است [۳]. این در حالی است که برداشت بیش از ۴۰ درصد از منابع آبی تجدیدپذیر و حفر چاه‌های متعدد در سطح حوضه بحرانی است و قابل قبول نمی‌باشد. روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه در سناریوهای مختلف برداشت آب از منابع تجدیدپذیر حوضه، در شکل ۳۷ نشان داده شده است. توسعه ناپایدار بخش کشاورزی مهم‌ترین عامل در برداشت بی‌رویه از منابع آبی حوضه دریاچه به شمار می‌رود. اما توجه به این نکته ضروریست که اصلاح مدیریت مصرف‌گرای آب در این بخش به‌عنوان مثال جلوگیری از تولید بیش‌ازحد چغندر قند و یا جایگزینی محصولات پرمصرف از نظر آب، با محصولات کم‌مصرف، می‌تواند میزان قابل توجهی از مصرف نابجا در داخل حوضه را مدیریت کند [۴]، [۹]. همواره بایستی در نظر داشته باشیم که احیای دریاچه در گروی احیای منابع آبی حوضه دریاچه (تالاب‌ها و رودخانه‌ها) است [۱۵].



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

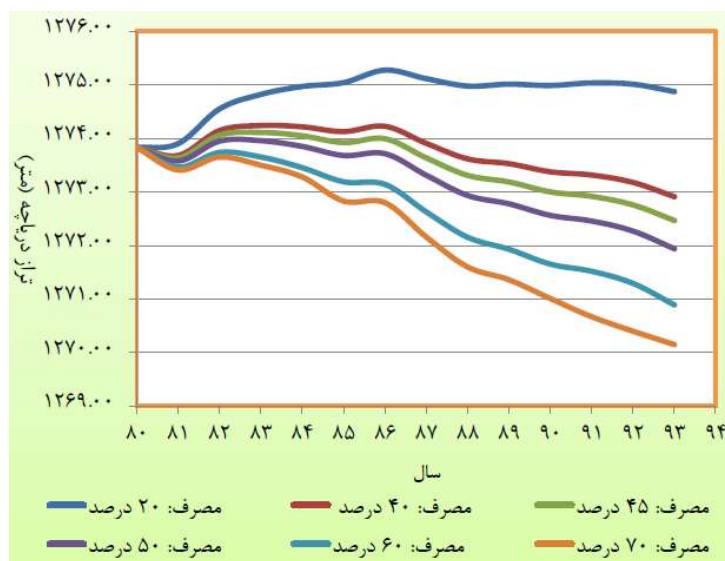


صفحه ۴۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۳۷. روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه نسبت به میزان برداشت از منابع آب تجدید پذیر حوضه [۴]

۲-۵-۲- تغییر اقلیم: مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر در خشک‌سالی‌های اخیر دریاچه، افزایش دما (به‌طور متوسط حدود ۰/۵ درجه سانتی گراد براساس شکل ۳۸)، کاهش بارش (به‌طور متوسط حدود ۵۰ میلی‌متر براساس شکل ۳۹) و به‌تبع آن افزایش تبخیر از سطح دریاچه عنوان شده است [۴]. تعادل داده‌های تبخیر و بارش برای ایجاد تعادل در تراز آب دریاچه ارومیه ضروری است؛ به طوری که مجموع آب ورودی به دریاچه از طریق رودخانه‌ها و بارش با مجموع آب خروجی ناشی از تبخیر به‌منظور حفظ تراز دریاچه در تعادل باشند [۱]. افزایش تبخیر همچنین سبب کاهش کیفیت آب دریاچه و ورودی‌های آن نیز می‌شود. خشک‌سالی‌های مداوم در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ از عوامل خشک‌شدگی دریاچه به شمار می‌روند. البته ذکر این نکته ضروری است که دریاچه ارومیه در تاریخ حیات خود و در شرایط اقلیمی مختلفی که تجربه کرده است، هیچ‌گاه با خشک‌شدگی کامل مواجه نبوده است [۹]؛ از طرفی دریاچه‌های دیگر منطقه همچون دریاچه وان در ترکیه (عمق متوسط: ۱۷۱ متر)، دریاچه سوان در ارمنستان (عمق متوسط: ۲۶ متر) و دریاچه ثرثار در عراق (عمق متوسط: ۴۰-۶۵ متر) در سالیان اخیر افت تراز را تجربه نکردند [۳]. به همین دلیل بعضی از محققین نتیجه گرفته‌اند خشک شدن دریاچه ارومیه ناشی از عوامل انسانی است تا شرایط اقلیمی. اما ذکر این نکته ضروری است که سایر دریاچه‌های ذکر شده نسبت به دریاچه ارومیه عمیق‌تر بوده و دریاچه‌های عمیق نسبت به تغییرات اقلیمی مقاوم‌تر هستند. اما می‌توان گفت با توجه به عمق کم دریاچه ارومیه این دریاچه در برابر تغییر شرایط اقلیمی بسیار حساس بوده و همراه شدن آن با تغییرات ناشی از عوامل انسانی و غیر اقلیمی به سرعت می‌تواند به خشک شدن این دریاچه منجر شود. طرح‌های عمرانی



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



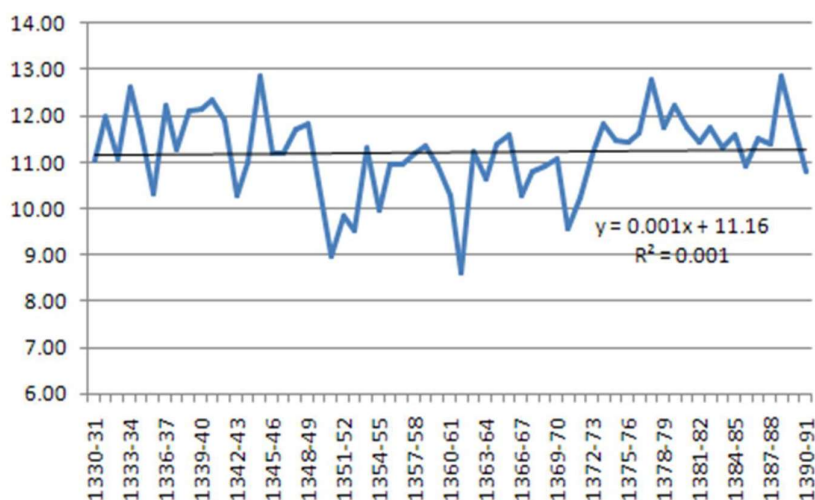
صفحه ۴۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

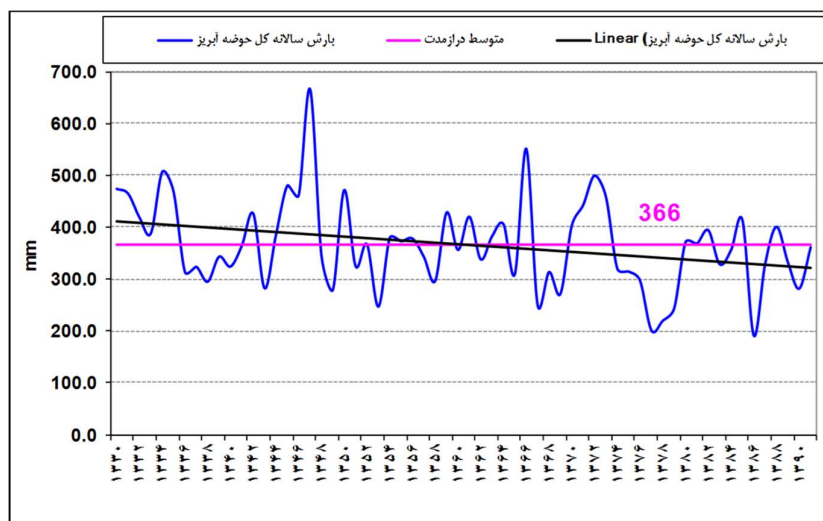
مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

همچون سدسازی، طرح های محلی کشاورزی و برداشت بی رویه از منابع آبی دریاچه، از جمله عوامل انسانی مؤثر در افت تراز آب دریاچه می باشند [۹].



شکل ۳۸. تغییرات دمایی حوضه دریاچه ارومیه در قرن اخیر [۴]



شکل ۳۹. تغییرات بارش حوضه دریاچه ارومیه در قرن اخیر [۴]

۲-۵-۳- افزایش جمعیت در حوضه: رشد میزان مصرف آب در سال های گذشته از رشد جمعیت پیشی گرفته و این هشدار است در جهت مدیریت مصرف آب. به طوری که همواره میان الگوی توزیع آب با الگوی توزیع و پراکنش جمعیت، یک چالش جدی در میان بوده و معمولاً در طول تاریخ هر منطقه ای که از نظر منابع آبی غنی بوده، محور شکل گیری تمدن ها بوده است و بالعکس [۹]. هم چنین با افزایش جمعیت، سطح



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴۷ از ۶۶

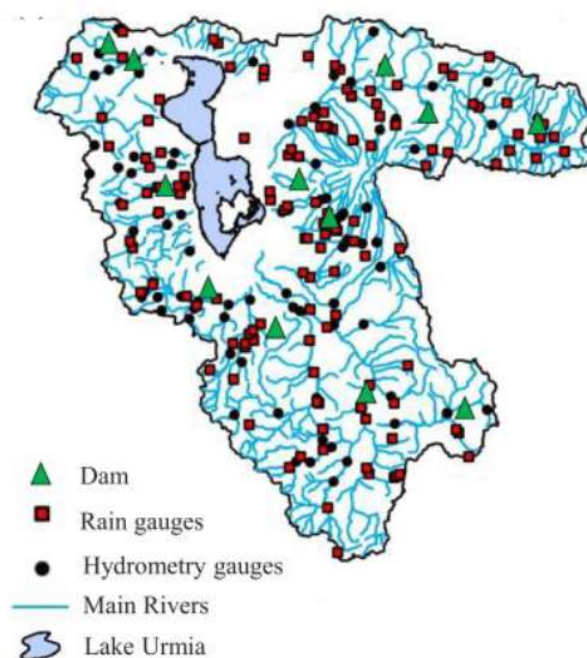
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

زیر کشت آبی در حوضه افزایش پیدا کرده و در حدود ۵۰۰ هزار هکتار تخمین زده شده است که نسبت به سال ۱۳۵۰ شمسی، رشد ۱/۶ برابری را نشان می‌دهد [۴].

۲-۵-۴- احداث سد: در حوضه دریاچه طبق آمار توسط وزارت نیرو ۶۷ سد و توسط جهاد کشاورزی ۵۰ سد احداث شده‌اند [۹]. از این سدها معادل ۱۴۷۶ میلیون مترمکعب در سال به مصارف شرب، صنعت و کشاورزی تخصیص می‌یابد که سهم تخصیص آب برای مصارف کشاورزی حدوداً ۸۰٪ و برای سایر مصارف شرب، بهداشت، صنعت و حقابه زیست‌محیطی رودخانه‌ها حدوداً ۲۰٪ باقی خواهد ماند [۳]، [۹]. این نکته نشان می‌دهد که مدیریت منابع آب و اصلاح مصرف به همراه تدوین قوانین جدید جهت بهره‌برداری و ساخت سد جدید در حوضه دریاچه، می‌تواند کمک بزرگی به احیای دریاچه داشته باشد [۹]. موقعیت سدهای اصلی حوضه نسبت به دریاچه ارومیه در شکل ۴۰ نمایش داده شده است.



شکل ۴۰. محل سدهای اصلی احداث شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه [۱]

۲-۵-۵- پل میان‌گذر شهید کلانتری: یکی از دخالت‌های مهم و تأثیرگذار انسانی در زمینه خشک‌سالی دریاچه ارومیه، احداث میان‌گذر شهید کلانتری (بزرگراه دریاچه ارومیه) و مختل شدن چرخه آبی از شمال به جنوب دریاچه است [۹]. به طوری که دریاچه به دو بخش شمالی (۳۸ درصد) و جنوبی (۶۲ درصد) تقسیم شده است [۱]. این جاده در حدود ۱۵/۵ کیلومتر طول دارد که ساحل شرقی و غربی دریاچه را به هم وصل



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۴۸ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

می‌کند [۲]. اگرچه هدف از ساخت این میان‌گذر، کوتاه شدن مسیر میان دو شهر ارومیه و تبریز بوده (فاصله ۲۶۰ کیلومتری دو شهر به نصف کاهش یافته‌است) و تاثیر قابل توجهی در کاهش مصرف سوخت، کاهش تصادفات جاده‌ای و کاهش آلودگی هوا دارد اما در مقابل اثرات جبران‌ناپذیری محیط‌زیستی ازجمله به هم خوردن تعادل دمایی دریاچه، ناهمسانی شوری و تبخیر در شمال و جنوب دریاچه و تخریب اکوسیستم طبیعی دریاچه را به همراه داشته است [۱]. این جداسازی دریاچه، سبب تفاوت در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، رسوب‌گذاری و هیدرولیکی جریان آب دو طرف دریاچه شده به‌طوری‌که میزان شوری آب در بخش شمالی دریاچه به‌شدت افزایش پیدا کرده و سبب از بین رفتن گونه ارزشمند آرتمیا در این بخش شده است. همچنین احداث این میان‌گذر سبب افزایش رفت‌وآمد در دریاچه شده و به همراه خود، آلودگی‌های صوتی و تخلیه مواد آلاینده خودروها را نیز به دنبال دارد [۹]. متأسفانه ارزیابی اثرات محیط زیستی (به دلیل تداخل با پارک ملی دریاچه ارومیه) در زمان اجرای میان‌گذر دریاچه، صورت نگرفته و این پروژه به‌عنوان نمونه بارزی از فعالیتی شتاب‌زده و توسعه ناپایدار، اثراتی منفی بر اکوسیستم پارک ملی دریاچه ارومیه وارد نموده است [۲]، [۱].

۲-۵-۶- عدم اجرای قوانین محیط‌زیستی: همان‌طور که گفته شد، در بهره‌برداری از سدهای حوضه، جریان محیط زیستی و حقایق رودخانه‌های پایین‌دست، تخصیص داده نشده است. این حقایق صرف‌نظر از عوامل خشک‌شدگی دریاچه بایستی در مقایسه با مصارف کشاورزی، صنعت و شرب مدنظر قرار گیرند. همچنین توسعه ناپایدار محدوده دریاچه از نظر اقتصادی و اجتماعی و عدم ارزیابی محیط زیستی قبل از اجرای طرح‌های توسعه در حوضه، بزرگ‌ترین ضربه را بر پیکره دریاچه وارد آورده است [۹].

۲-۶- پیامدهای احتمالی خشک شدن دریاچه ارومیه

با ادامه این روند، وقوع خسارات جبران‌ناپذیر از منظر اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی تا شعاع چند صد کیلومتری از محل ایجاد (همچون کلان‌شهرهای تهران و اراک)، دور از انتظار نیست. برخی از این آسیب‌ها و تهدیدهای احتمالی پیش رو در صورت ادامه روند خشک‌سالی عبارت‌اند از [۴]، [۹]:

- افزایش و پراکندگی ناهمگون جمعیت به‌خصوص در شمال غرب کشور
- تشدید بیابان‌زایی و پدید آمدن کانون‌های تولید ریزگردهای نمکی و غیرنمکی (شکل ۴۱)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

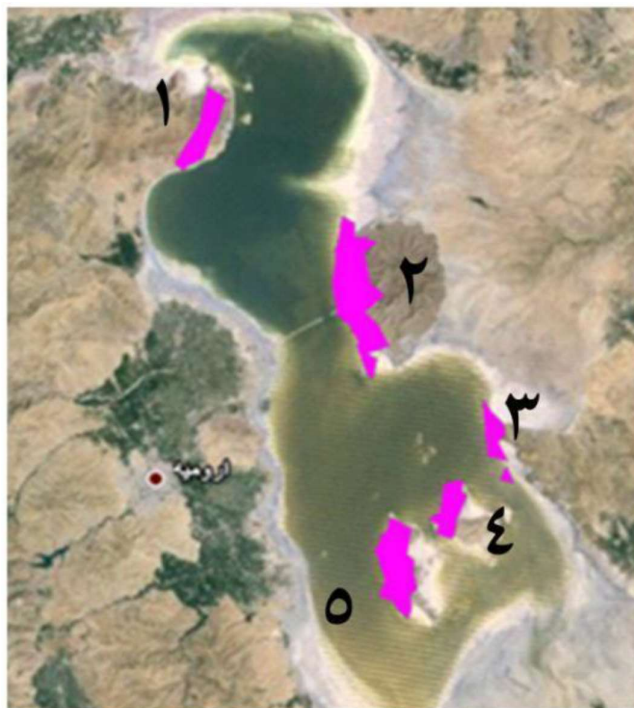


صفحه ۴۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۴۱. کانون های احتمالی تولید ریزگرد در حاشیه دریاچه ارومیه [۴]

- تخریب اکوسیستم طبیعی دریاچه از جمله مرگ آبزیان، پرندگان و گونه های گیاهی
- شوری و نابودی خاک منطقه و در نتیجه کاهش بهره وری در کشاورزی و تهدید زنجیره غذایی
- به خطر افتادن سلامت ساکنان و شیوع بیماری های صعب العلاج
- کاهش جذب گردشگر و ورشکستگی اقتصاد
- تأثیرات منفی بر روی آب و هوا و اقلیم منطقه
- پایان کار اسکله ها و شناورها
- از بین رفتن گونه های ارزشمندی همچون آرتمیا و فیتوپلانکتون ها
- افزایش سطح آلودگی (بازتابش پرتوهای فرابنفش خورشید از سطح) که سبب بروز بیماری های چشمی و پوستی شده و کاهش مساحت دریاچه را نیز سبب می شود (شکل ۴۲).



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

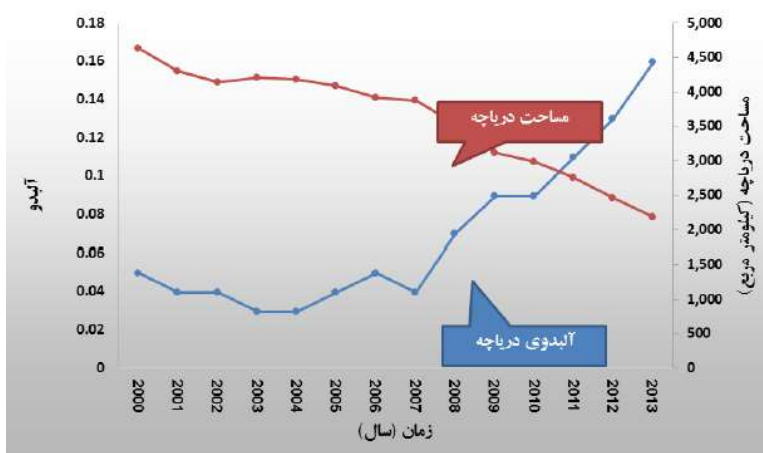


صفحه ۵۰ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۴۲. افزایش آبییدو و به تبع آن کاهش سطح دریاچه ارومیه [۴]

۲-۷- اقدامات انجام شده در راستای احیا

راهکارهای احیای دریاچه ارومیه به اعتراف اهالی خبره و کارشناسان، تنها بایستی در داخل حوضه و مدیریت صحیح جستجو شوند که این هدف تنها با همکاری تمامی ذی‌نفعان، مسئولان منطقه، مدیران کشور، مردم منطقه، دانشگاهیان و افراد متخصص قابل دستیابی است. ستاد احیای دریاچه ارومیه نیز با توجه به شکل ۴۳ یک زمان‌بندی ۳ فازه را برای احیا در نظر گرفته است که شامل گام‌های زیر می‌باشد [۹]:

- ۱- فاز تثبیت تراز دریاچه ارومیه (۱۳۹۵-۱۳۹۳): هدف اصلی از این فاز تثبیت تراز دریاچه ارومیه و همچنین اجرای پروژه‌های کاهش اثرات محتمل ناشی از تداوم خشکی دریاچه ارومیه می‌باشد.
- ۲- فاز احیای دریاچه ارومیه و افزایش تدریجی تراز آب (۱۴۰۱-۱۳۹۶): هدف اصلی این فاز اجرایی نمودن مجموع راهکارهای تأمین آب مورد نیاز دریاچه و افزایش تدریجی تراز آن می‌باشد.
- ۳- فاز احیای نهایی و حفظ پایدار دریاچه (۱۴۰۲-۱۴۰۱): هدف مورد انتظار از این فاز تثبیت شرایط احیاء شده دریاچه و ایجاد الزامات لازم برای احیای نهایی و حفظ پایدار شرایط دریاچه می‌باشد.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

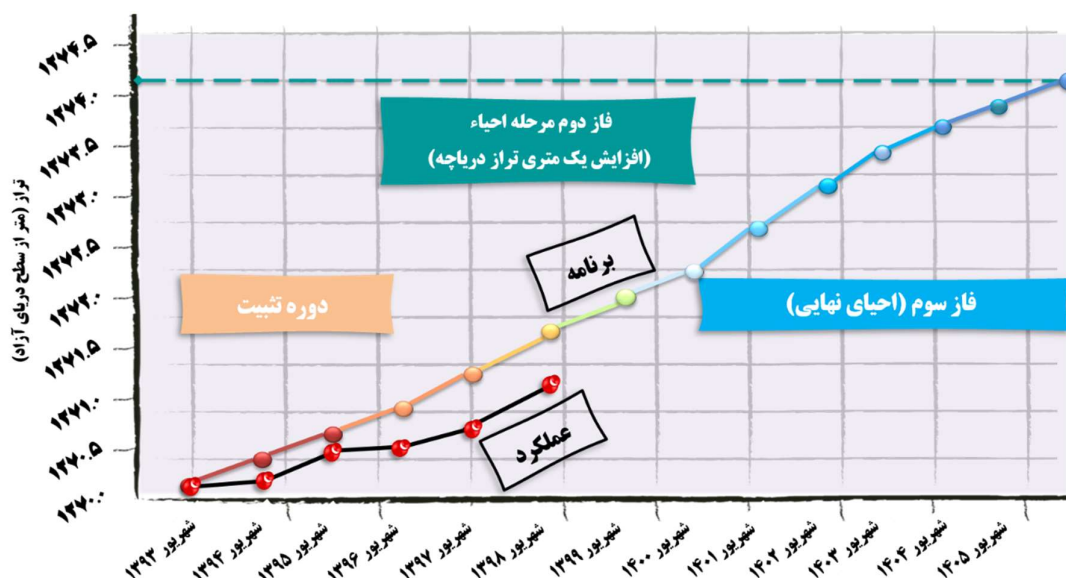


صفحه ۵۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



شکل ۴۳. نمودار شماتیک زمان بندی ۳ فازه پروژه احیای دریاچه ارومیه و تغییرات تراز دریاچه در فازهای مختلف (<http://www.ulrp.ir/fa/>)

اقدامات انجام شده نیز به ۶ دسته کلی زیر دسته بندی می شوند [۹]:

- ۱- افزایش حجم آب ورودی به دریاچه از طریق کاهش تلفات آب در طول مسیر و رهاسازی آب پست سدهای در حال بهره برداری، جلوگیری از احداث سدهای جدید (سدهایی که در مرحله مطالعه و اجرا هستند)، انتقال پساب تصفیه خانه های به دریاچه
- ۲- کاهش برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی با ممانعت از برداشت های غیرمجاز و پایش مداوم حوضه با استفاده از گروه های گشت و بازرسی
- ۳- کنترل ریزگردها و جلوگیری از بیابان زایی با کمک سازمان جهاد کشاورزی، جنگل ها و آبخیزداری و سازمان حفاظت محیط زیست و همچنین همکاری با کشورهای منطقه، شناسایی کانون های ریزگرد و نحوه کنترل آنها
- ۴- مدیریت مصرف در حوزه های شرب، صنعت و به خصوص کشاورزی با توجه به هدف گذاری ستاد احیا دریاچه ارومیه به منظور کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی طی ۵ سال در حوضه، استفاده از فناوری های نوین آبیاری و کنتورهای هوشمند برق و آب در صنعت کشاورزی منطقه
- ۵- مطالعات در خصوص طرح های انتقال آب از حوضه های دیگر
- ۶- آموزش، فرهنگ سازی، اطلاع رسانی و جلب مشارکت مردم در راستای احیای دریاچه



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۲ از ۶۶

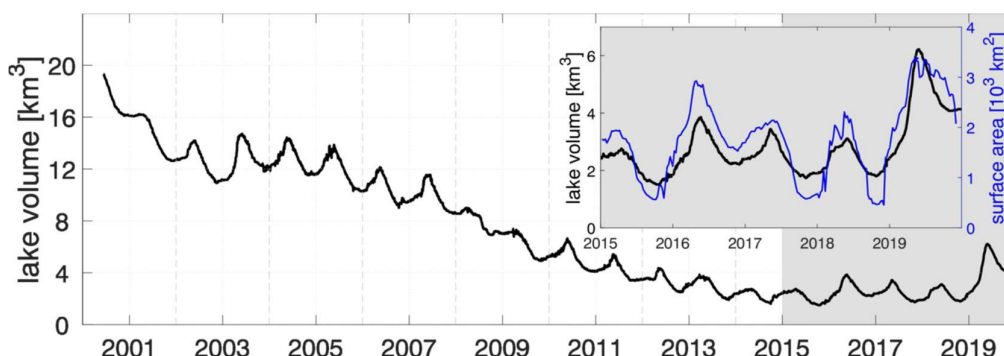
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

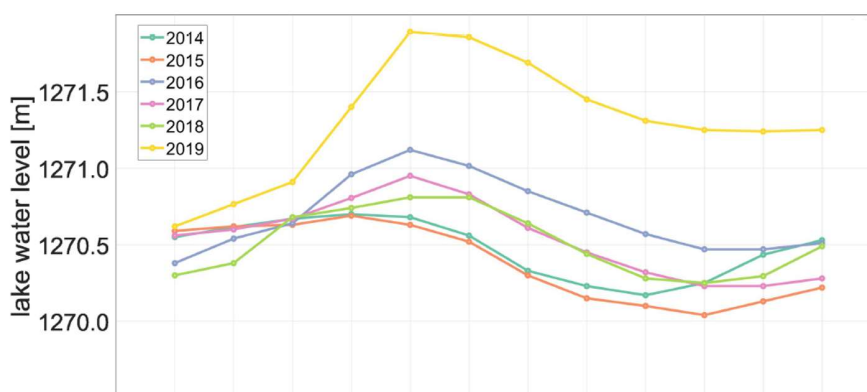
جلد ۱

۸-۲- راهکارهای احیای دریاچه ارومیه

تحلیل‌های بلندمدت (از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹) و مطابق شکل ۴۴ نشان می‌دهند که تراز آب، سطح آب و حجم آب دریاچه به ترتیب ۲۲ سانتیمتر، ۲۰۰ کیلومتر مربع و ۰/۷۲ کیلومتر مکعب به‌طور سالیانه، کاهش داشته‌اند اما در سال‌های اخیر و بر اساس تحلیل کوتاه‌مدت (از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹) وضعیت دریاچه ارومیه به ثبات مناسبی رسیده است (شکل ۴۵)؛ به‌طوری‌که تراز، سطح و حجم آب دریاچه به ترتیب ۱۴/۵ سانتی‌متر، ۲۰۴ کیلومتر مربع و ۰/۴۲ کیلومتر مکعب در هر سال رشد داشته است. چنین ثباتی ناشی از یک دوره پربابی (همراه با بارش زیاد) و افزایش آورد رودخانه‌های ورودی به دریاچه بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ میلادی بوده است. البته به نظر می‌رسد که این تثبیت شکننده می‌باشد، زیرا بیشترین افزایش حجم آب در منطقه بزرگ کم‌عمق جنوبی با پتانسیل تبخیر زیاد در فصول گرم ایجاد شده است و در صورت بروز خشک‌سالی، روند مثبت تراز آب متوقف خواهد شد [۱۳].



شکل ۴۴. نمودار تغییرات حجم و سطح آب دریاچه ارومیه بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ میلادی [۱۳]



شکل ۴۵. نمودار تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ میلادی [۱۳]



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

راهکارهای احیای دریاچه ارومیه طبق نقشه راه ستاد احیای دریاچه ارومیه به ۶ بسته پیشنهادی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۶]:

- ۱- مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی
- ۲- مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی
- ۳- اقدامات کنترلی و حفاظتی
- ۴- اقدامات پژوهشی و نرم‌افزاری
- ۵- تأمین منابع آب جدید
- ۶- افزایش حجم آب ورودی به دریاچه

اگرچه تا به حال طرح‌های مختلفی جهت احیای دریاچه ارومیه، تالاب‌های اقماری و رودخانه‌های حوضه آن پیشنهاد شده است با این حال کارشناسان و اهالی فن تنها راه علاج بخشی منطقه را مدیریت صحیح منابع آب در داخل حوضه می‌دانند [۱۷]. تا زمانی که تراز آب دریاچه بیش از ۱۲۷۴/۱ متر از سطح آب‌های آزاد باشد، دریاچه به عملکرد اکولوژیک مناسب خود ادامه خواهد داد و خطری تنوع زیستی دریاچه را تهدید نخواهد کرد [۱۱]. احیای دریاچه ارومیه تنها با راهکارهای کوتاه‌مدت آن هم بدون توجه به وضعیت اکولوژی منطقه، امکان‌پذیر نیست [۳]. می‌بایست توجه شود که قبل از اجرای هر طرح بایستی مطالعات کافی، جمع‌آوری داده‌های میدانی مناسب و نمونه‌برداری از پهنه دریاچه، تالاب‌های حاشیه‌ای و رودخانه‌های منتهی به دریاچه انجام گیرد [۷]. به‌طور کلی راهکارهای بلندمدت و کوتاه‌مدتی که برای احیای دریاچه پیشنهاد شده‌اند به شرح زیر می‌باشند:

۲-۸-۱- راهکارهای کوتاه‌مدت: تغییر الگوی مصرف و مدیریت مصرف آب به‌خصوص در بخش کشاورزی، تخصیص حقاله‌محیط زیستی، وضع قوانین سخت‌گیرانه و کنترل و نظارت بیشتر در خصوص احداث سد و جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز، لایروبی و ساماندهی رودخانه‌های ورودی به دریاچه جهت کاهش تبخیر و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه، جلوگیری از هدررفت آب رودخانه برای مصارف کشاورزی، اجرای طرح‌های کاهش تبخیر سطحی دریاچه [۹]، [۱۱]، [۱۵]

۲-۸-۲- راهکارهای بلندمدت: بازنگری در استراتژی‌های کشاورزی از جمله اصلاح ساختار اشتغال، بهره‌وری بهینه از ظرفیت‌های اجتماعی و اقتصادی منطقه، انتقال آب از حوضه‌های دیگر (در صورت عدم تأثیر بر اکوسیستم دریاچه)، آموزش و فرهنگ‌سازی به‌منظور جلب مشارکت عمومی و سازمان‌های مردم‌نهاد، استفاده از کمک نهادهای بین‌المللی، انجام مطالعات تکمیلی در زمینه راهکارهای احیا از جمله پوشش



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

گیاهی منطقه، تغییر اقلیم و هواشناسی، رسوب‌شناسی و پهنه‌بندی نمک، ارزیابی اثرات محیط زیستی و ریسک انتقال آب از حوضه‌های دیگر، مطالعات اکولوژیکی منطقه [۹]

۹-۲- تشریح برخی از راهکارهای پیشنهادی در مطالعات گذشته

«لازم به ذکر است هیچکدام از این راهکارها بدون بررسی و انجام مطالعات یکپارچه مورد نیاز تأیید نگارندگان این گزارش نمی‌باشند و این قسمت صرفاً نقل قول راهکارهای پیشنهادی در مطالعات قبلی می‌باشد.»

۹-۲-۱- راهکارهای اکولوژیک پیشنهادشده در مطالعات پیشین

۹-۲-۱-۱- احیای تدریجی دریاچه با تقسیم آن به حوضه‌های کوچک‌تر (پارٹیشن‌بندی): با توجه به کلیت راهکارهای ارائه‌شده، تنها راهکار پایدار و سازگار با محیط‌زیست منطقه که هیچ‌گونه تنش اجتماعی و اقتصادی بر حوضه وارد نمی‌کند، احیا اکولوژیک دریاچه است. احیای اکولوژیک که فرایندی زمان‌بر و طولانی‌مدت است، طبق تعریف کارگروه تخصصی احیای اکولوژیک دریاچه ارومیه این‌گونه تعریف می‌شود: "فرایندی که با کمک آن اکوسیستم تخریب شده و یا آسیب دیده و یا نابود شده بازسازی می‌شود و بر پایه سه اصل مؤثر بودن، کارایی و همراهی استوار است [۳]. " در حقیقت در این روش عامل خارجی به کمک سیستم نمی‌آید و خود اکوسیستم به‌تنهایی و مستقل، به‌صورت یکپارچه توان حفظ ساختار و حیات خود را داراست. شروط اساسی احیای اکولوژیک عبارت‌اند از [۳]:

- وجود گونه‌های بومی و شاخص منطقه
 - فراهم بودن شرایط لازم برای حفظ گونه‌ها و تولیدمثل آن‌ها به‌منظور پایداری جمعیت حوضه
 - حفظ یکپارچگی، خودپایداری و عملکرد طبیعی اکوسیستم در کنار حذف عوامل مزاحم و تهدیدکننده آن
 - مدیریت و حفظ منابع آبی حوضه
 - ارزیابی اثرات احیای حداکثری پیش و پس از تغییرات در اکوسیستم
 - استفاده از دانش، مصالح و سازه‌های بومی منطقه به جای مصالح آلوده‌کننده محیط‌زیست
 - تعامل با مردم محلی، پژوهشگران، سرمایه‌گذاران و سایر افراد مرتبط با طرح در طول روند احیا
- ازجمله راهکارهای اکولوژیک پیشنهادی، ایجاد سازه‌هایی برای رساندن آب از جنوب به شمال دریاچه (قسمت کم آب‌تر) و ایجاد تالاب‌های اقماری یا محصورشده در جنوب دریاچه است [۳]. البته در اجرای راهکارهای فوق بایستی به مسائل زیر توجه شود [۳]:



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

- ۱- به دلیل حساسیت منطقه و قوانین موجود پیرامون آن، از دخالت‌های انسانی تا حد امکان اجتناب شود.
- ۲- این پیشنهادها بیش از آنکه در راستای احیای دریاچه باشد، در جهت بهره‌برداری اقتصادی از ذخایر نمک موجود در دریاچه مفید است.
- ۳- علاوه بر در نظر گرفتن مسائل حقوقی، بایستی ارزیابی‌های محیط‌زیستی (EIA) نیز از طرح قبل از اجرا صورت پذیرد.
- ۴- به دلیل پیچیدگی ابعاد اکولوژیکی و هیدرولوژیکی دریاچه ارومیه، تأثیر دخالت‌های این‌چنینی بر دریاچه ناشناخته است.
- ۵- ممکن است تغییرات اعمال‌شده بر دریاچه، روال طبیعی خودپالایی دریاچه را مختل کند.
- ۶- در مورد احداث سازه‌های هیدرولیکی یا غیرهیدرولیکی بایستی از تجربیات ناموفق مربوط به احداث میان‌گذر شهید کلانتری درس گرفته شود تا گردش کلی آب دریاچه مختل نشود.
- ۷- زمان‌بندی و امکان‌پذیری هرگونه احداث سازه مربوط به طرح بررسی شود.
- ۸- خشک‌کردن قسمتی از دریاچه و پرآب کردن قسمت دیگر سبب گرادیان هیدرولیکی و غلظت در دریاچه شده و مشکل ریزگرد را به دنبال خواهد داشت. هم‌چنین تنوع رسوبات در جنوب دریاچه از بین خواهد رفت و گیاهان آن ناحیه نیز خشک خواهند شد.
- ۹- بحث‌های قومیتی و امنیتی مربوط به انتقال آب از جنوب به شمال دریاچه (از کردستان به آذربایجان) بایستی مدنظر قرار گیرند.
- ۱۰- تأثیرات هیدروشیمیایی مربوط به کیفیت آب دریاچه در شمال و جنوب و هم‌چنین حجم و ترکیب رسوبات در این طرح بررسی گردد.
- در کنار ریسک‌های موجود در طرح تقسیم‌بندی دریاچه، اهداف و مزایای طرح نیز بایستی لحاظ شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از [۳]:
- ۱- بازگردانی دریاچه به شرایط پیش از خشک‌شدگی فعلی با مدیریت درست و صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی حوضه
- ۲- نگاه سیستمی و یکپارچه طرح بر کل حوضه دریاچه ارومیه
- ۳- توسعه پایدار در بخش اقتصادی منطقه
- ۴- کنترل بیابان‌زایی و ریزگردها
- ۵- عدم انتقال آب از حوضه‌های دیگر



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

خلاصه مهم‌ترین اقدامات اجرایی کوتاه‌مدت (بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۴۰۰) در راستای حفاظت و احیای اکولوژیک دریاچه ارومیه نیز به شرح زیر است [۳]:

- ۱- احیای پوشش گیاهی دریاچه و جلوگیری از تبخیر آب و فرسایش خاک
- ۲- اصلاح الگوی مصرف آب در بخش شرب و کشاورزی
- ۳- افزایش بهره‌وری در کشت محصولات و بهبود روش‌های آبیاری کشاورزی
- ۴- پایش پیوسته وضعیت دریاچه، اطلاعات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مربوط به آن (همچون دما و تراز آب) به‌منظور ایجاد بانک اطلاعاتی برای دریاچه ارومیه
- ۵- اجرای مدل‌های جامع بر اساس نتایج و داده‌های به‌دست‌آمده از پایش
- ۶- ایجاد فرصت‌های جدید شغلی برای مردم منطقه
- ۷- بازنگری در طرح‌های کلان عمرانی در منطقه به‌ویژه احداث سد و لزوم ارزیابی زیست‌محیطی آن‌ها قبل از اقدام
- ۸- تهیه نقشه‌های شوری، رسوبات و پوشش گیاهی در منطقه
- ۹- توجه به اقدامات مؤثر همچون کاهش تبخیر و کاهش تلفات آب در بالادست دریاچه (رودخانه‌ها)
- ۹-۲-۱- احیای پوشش گیاهی دریاچه: همان‌طور که قبلاً گفته شد، پوشش گیاهی در حاشیه دریاچه ارومیه مطابق شکل ۴۶ عمدتاً از نوع هالوفیت بوده که سازگاری بالایی با اکوسیستم منطقه ازجمله شوری آب، بافت خاک رسی و غلظت یون‌ها در آب زیرزمینی منطقه دارد. هالوفیت‌ها در خاک‌هایی با مقدار بالای سدیم کلراید و سدیم سولفات رشد می‌کنند. یکی از راهکارهای احیای اکولوژیک دریاچه، استفاده از این پوشش گیاهی خودرو و بومی منطقه و بر مبنای شورورزی یا به عبارت دیگر بهره‌برداری پایدار گیاهی و جانوری از منابع آب و خاک شور می‌باشد [۳]. ازجمله مزایای استفاده از این راهکار طی ۲ برنامه ۶ ساله، در زیر آمده است [۳]:

- نگهداری آب در خاک و جلوگیری از تبخیر شدید آن (سازگاری با تغییر اقلیم منطقه)
- برخلاف گیاهان پرمصرف همچون گندم و برنج، به شوری خاک و آب حساس نیستند
- راهکار غیرسازه‌ای به شمار می‌رود
- هزینه و زمان احیا را کوتاه می‌کند
- کنترل ریزگردها از طریق تثبیت خاک و کنترل سیلاب در منطقه



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۷ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

- جذب کربن دی اکسید و کمک به کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای تحت عنوان پروژه‌های CDM^2
- منبع غذایی مناسب و تولید علوفه برای گونه‌های جانوری منطقه
- بهره‌برداری تجاری و اقتصادی همچون تولید چوب و کاغذ، محصولات بهداشتی و دارویی، صنایع شیشه و صابون سازی و ...



شکل ۴۶. نمایی از پوشش گیاهی در حاشیه دریاچه ارومیه (ایسنا)

سایر گیاهان بومی و سازگار با اقلیم منطقه که می‌توان جهت احیای اکوسیستم منطقه از آن‌ها استفاده کرد، گونه‌های اتریپکس‌های آمریکایی، اسکنبیل، گز و تاغ است (شکل ۴۷) [۳]. البته بدیهی است که قبل از هر اقدامی می‌بایست سازگاری این گیاهان و تاثیر آنها بر اکوسیستم منطقه مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.



شکل ۴۷. نمایی از درختچه تاغ در ایران (ایرنا)



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۸ از ۶۶

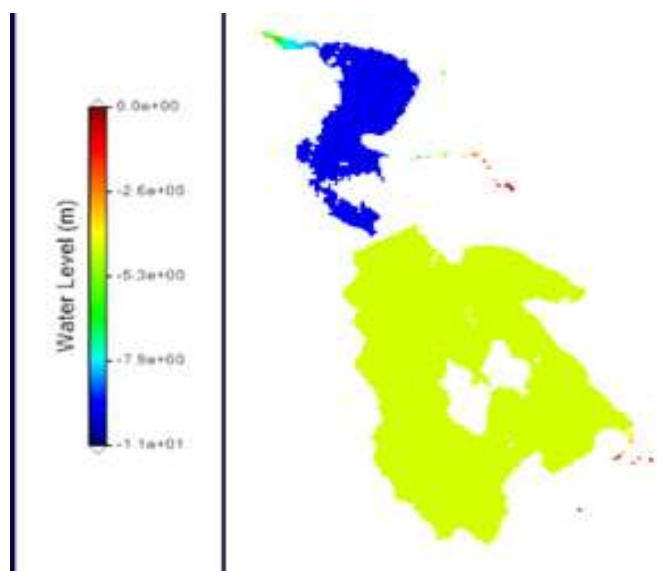
ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۲-۹-۲- راهکارهای غیراکولوژیک پیشنهادشده در مطالعات پیشین

۲-۹-۲-۱- بستن گذرگاه شهید کلانتری: در این سناریو و بر اساس شکل ۴۸، بخش جنوبی دریاچه در مواقعی به تراز اکولوژیک یعنی ۱۲۷۴/۱ متر از سطح دریا می رسد و در کل شرایط بهبودیافته ای از نظر تراز آب، تبخیر و سطح دریاچه فراهم می آورد. بخش شمالی نیز کمترین میزان تراز آب را خواهد داشت و در دوره های مدل سازی به دلیل تبخیر زیاد، تا حد خشکی کامل پیش خواهد رفت [۱۱]. مشخصات هیدرودینامیکی دریاچه نیز در طول مدت مدل سازی در جدول ۸ ارائه شده است.



شکل ۴۸. تغییرات تراز آب دریاچه در طول مدل سازی سناریو بستن گذرگاه شهید کلانتری [۱۱]

جدول ۸. مشخصات دریاچه در طول مدت مدل سازی در ۲ سناریوی مختلف [۱۱]

سناریو	حداکثر تراز آب (متر)	حداقل تراز آب (متر)	حداکثر مساحت (کیلومتر مربع)	حداقل مساحت (کیلومتر مربع)	حداکثر حجم آب (میلیون مترمکعب)	حداقل حجم آب (میلیون مترمکعب)	حداکثر حجم تلفات تبخیر (میلیون مترمکعب)
S1*	۱۲۷۳/۳۸	۱۲۷۰/۹۴	۴۱۳۹	۲۵۰۰	۱۱۵۳۹	۳۲۹۹	۱۳۰
S2 جنوبی	۱۲۷۴/۵	۱۲۷۱/۸۳	۲۸۰۲	۱۸۵۵	۸۶۸۴	۲۳۸۸	۸۸
S2 شمالی	۱۲۶۹/۵۲	۱۲۶۷/۶۷	۹۱۰	۱۹۴	۹۸۴	۲۴	۲۳

* سناریوی S1 ادامه وضع موجود و S2 بستن گذرگاه شهید کلانتری می باشد.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۵۹ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۲-۹-۲-۲- اصلاح گذرگاه شهید کلانتری: بر خلاف راهکار قبلی سایر مطالعات پیشین ضرورت افزایش آبگذری از میان گذر شهید کلانتری را تأیید می کنند. همچنین ارزیابی های اثرات محیط زیستی نیز، اصلاح میان گذر را قبول دارند. البته قبل از هر اقدامی باید آثار هیدرودینامیکی- کیفی- اکولوژیکی - اجتماعی - اقتصادی اصلاح میان گذر مورد توجه قرار گیرد. همچنین در کنار این توجهات، پایش کمی و کیفی آب (خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) ضروری است. بدین منظور ۲ ایستگاه آنلاین پایش کمی و کیفی آب دریاچه در شمال و محل میان گذر احداث شده است. تالاب های اقماری همچون تالاب کانی برازان، سولدوز و نوروزلو نیز به سامانه پایش مجهز شده اند.

جهت مدل سازی ۳ بعدی دریاچه در طول اصلاح میان گذر، در مطالعات پیشین از نرم افزار MIKE FLOW 3D استفاده شده است. در این مدل سازی بایستی اثر جریان ورودی رودخانه ها، اثرات وزش باد بر دریاچه و جابجایی جریان در لایه سطحی و لایه های زیرسطحی در حالت های مختلف وجود یا عدم وجود میان گذر، مورد بررسی قرار گیرد. در مطالعات اجتماعی نیز باید معیشت ساکنان حوضه ارومیه و بحث گردشگری منطقه اولویت باشد. زمان مناسب جهت اجرای طرح، دوره فعلی خشکیدگی نسبی دریاچه در محل میان گذر بیان شده است.

جهت اصلاح میان گذر، انجام محاسبات هیدرولیکی برای یافتن محل مناسب و تعداد مورد نیاز آبگذری به منظور برقراری گردش طبیعی آب دریاچه ضروری می باشد. گردش هیدرولیکی خود به چهار عامل جریان، رسوب گذاری، ترسیب نمک و تبخیر از سطح دریاچه وابسته است. حالت خاص بازشدگی ۳۰۰۰ متری میان گذر و تراز آب در این سناریو در شکل ۴۹ آمده است. با این توضیح که صرف نظر از توجیه اقتصادی این سناریوها از میان راهکارهای اصلاح، سناریوی دو بازشدگی به طول ۵۰۰ متر در شانه غربی جاده میان گذر به فواصل ۲/۵ کیلومتر و ۵ کیلومتر از محل پل موجود، به عنوان سناریوی برتر در مطالعه فوق معرفی شد [۲]. اگرچه در مطالعه ای دیگر توسط دانشگاه تبریز بیان شده است که ایجاد بازشدگی های اضافی در ساختار فعلی میان گذر به تنهایی تغییر محسوسی در تراز آب و شوری شمال و جنوب دریاچه به وجود نخواهد آورد [۱].



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

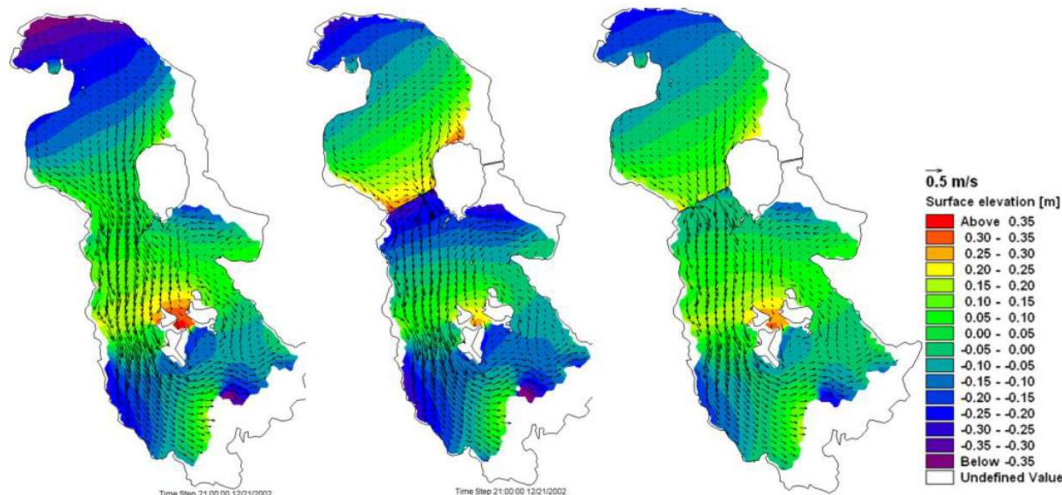


صفحه ۶۰ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱



با بازشدگی اضافی ۳۰۰۰ متری حالت فعلی میانگذر قبل از احداث میانگذر

شکل ۴۹. مدل‌سازی تراز آب و سرعت در سطح آب دریاچه در ۳ سناریوی مختلف [۲]

در این مطالعات به‌طور کلی مهم‌ترین عامل در گردش و جریان آب در دریاچه، وزش باد اعلام شد. البته در این مطالعه عملکرد مدل توسعه داده شده برای دریاچه ارومیه به دلیل عدم وجود داده‌های اندازه‌گیری سرعت صحت سنجی نشده است. بنابراین نتایج آن ممکن است به نتیجه‌گیری متناقض و دور از واقع منجر شوند. با این حال، در این مطالعه ذکر شده است در حالت کم‌آبی که ناحیه جنوبی تقریباً خشک است، بود و نبود میان‌گذر تأثیری بر گردش آب در دریاچه ندارد. در حالت پرآبی که ناحیه جنوبی نیز دارای آب است، میان‌گذر منجر به تغییر الگوی جریان در دو بخش شمالی و جنوبی شده و الگوی گردش آب در دریاچه را به‌ویژه در مواقع طوفانی برهم زده می‌زند. با دور شدن از میان‌گذر، اثر آن بر روی مقادیر سرعت جریان نیز کاهش می‌یابد. به‌عنوان نتیجه این مطالعه، هرچه موقعیت قرارگیری بازشدگی جدید به سمت بازشدگی فعلی نزدیک‌تر باشد، شاخص‌های ارزیابی اصلاح گردش هیدرولیکی بهبود یافته و در نتیجه وضعیت جریان به وضعیت پیش از احداث میان‌گذر نزدیک‌تر خواهد شد. اگرچه با توجه به تغییرات بستر دریاچه در طول زمان، طرح اصلاح میان‌گذر و در نتیجه اصلاح گردش و جریان آب در دریاچه، طرحی بلندمدت بوده و بایستی در کنار آن سایر گزینه‌های احیای دریاچه را نیز پیش برد [۲].

۲-۹-۳- مدیریت رودخانه‌های درون حوضه: تخصیص حقابه محیط زیستی (حداقل جریان) در مقایسه با سایر مصارف متداول، برای رودخانه‌های اصلی ورودی به دریاچه، از جمله راهکارهای تداوم حیات دریاچه می‌باشد. چهار نوع روش به‌منظور تعیین دبی زیست‌محیطی موردنیاز رودخانه‌ها وجود دارد: روش



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۱ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

هیدرولوژیکی، روش هیدرولیکی، روش شبیه‌سازی زیستگاه و روش جامع [۱۴]. تخصیص حداقل جریان محیط زیستی یک چالش جدی در ایران عنوان شده و به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۴]:

"نیاز زیست‌محیطی، اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از دبی‌های جریان با مقدار، زمان وقوع، فراوانی و تداوم جریان معین تعریف می‌شوند. این جریان‌ها که شرایط مستعد نگهداری مجموعه‌ای از زیستگاه‌های آبی و فرآیندهای اکوسیستم را فراهم می‌کنند، به‌عنوان «جریان‌های زیست‌محیطی» نامیده می‌شوند."

به‌عنوان نمونه از رودخانه‌های ورودی به دریاچه، رودخانه نازلو مورد بررسی قرار گرفته است. وضعیت کیفی آب این رودخانه نشان می‌دهد که غلظت نیترات و فسفات، تا حدودی خطرناک برای گونه‌های شاخص ماهی قرار دارد که منشأ آن پساب خانگی و کشاورزی است؛ از این رو بایستی حداقل جریان زیست‌محیطی بین ۰/۸ (حداقل در تابستان) تا ۸/۰ مترمکعب در ثانیه (حداکثر در بهار) برای این رودخانه لحاظ گردد [۱۴]. از دیگر مشکلات مربوط به مدیریت رودخانه‌ها، برداشت مصالح موجود در رودخانه (اغلب شن و ماسه مرغوب) به‌منظور ساخت‌وساز می‌باشد. این برداشت‌های بی‌رویه عموماً تأثیر منفی بر رودخانه داشته و می‌تواند تا چند ده کیلومتر از نقطه برداشت، اثرات نامطلوب داشته باشد. ازجمله اثرات سوء این برداشت‌ها در زیر آمده است [۱۶]:

- فرسایش بستر رودخانه
- چند شاخه شدن (شریانی شدن) رودخانه
- آب‌شستگی پایه پل‌ها

به‌منظور مدیریت این آثار نامطلوب می‌توان مکان‌های مناسب برداشت مصالح را معرفی کرد تا نه تنها آثار نامطلوب دیده نشود بلکه در اثر برداشت تأثیرات مثبتی بر رودخانه اضافه شود. ازجمله این مکان‌های مناسب، جزیره‌هایی است که عموماً در قسمت‌های شریانی رودخانه دیده می‌شوند. با حذف این عوامل، زبری مقطع رودخانه کم و سطح مقطع آن زیاد می‌شود؛ درنتیجه ظرفیت هیدرولیکی رودخانه افزایش پیدا کرده و بازدهی آن بالاتر می‌رود. محل مناسب دیگر برداشت، محل اتصال شاخه‌های فرعی به شاخه‌های اصلی می‌باشد. زیرا با برداشت این رسوبات عملاً راه رودخانه باز شده و احتمال چند قطعه شدن آن کاهش پیدا می‌کند [۱۶].

۲-۹-۲-۴- کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی: یکی از راهکارهای احیای دریاچه، کاهش ۴۰ درصدی مصارف کشاورزی در رودخانه‌های شهرچای، نازلو، باراندوز، سیمینه‌رود و روضه چای به‌منظور تأمین حقابه



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۲ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

دریاچه ارومیه و مدیریت مصرف آب در حوضه می باشد [۱۵]. مشکلات پیش آمده که با حل آن ها می توان کاهش ۴۰ درصدی مصرف منابع آب را متصور بود، به صورت زیر می باشند [۱۶]:

- توسعه ناپایدار اراضی کشاورزی
- برداشت غیر اصولی شن و ماسه
- برداشت غیر مجاز آب از چاه ها
- انشعاب و تغییر مسیر رودخانه اصلی جهت آبیاری مزارع
- تصرف حاشیه رودخانه
- رشد درختان غیر مثمر

برخی از اهداف طرح کاهش مصرف آب در حوزه کشاورزی نیز عبارتند از [۱۵]، [۱۶]:

- آزادسازی در حاشیه رودخانه با استفاده از ظرفیت های قانونی و به تبع آن حذف چاه های غیر مجاز (این راهکار کاهش مصرف آب را مدیریت می کند ولی از نظر تنش اجتماعی و امنیت منطقه مشکل زاست و صرف هزینه بالایی را می طلبد.)
 - تغییر کاربری اراضی از کشت گونه های غیر مثمر و آب دوست به سمت گونه های مثمر و سازگار با کم آبی که اصطلاحاً به آن کشت موقت، سطحی یا کم مصرف گفته می شود. (این راهکار از نظر تنش اجتماعی هزینه کمتری را می طلبد.)
 - توسعه پایدار بخش کشاورزی در کنار احیای اکوسیستم رودخانه های منطقه
 - اصلاح و تجدید محیط رودخانه های ورودی به دریاچه از نظر رسوب گذاری، ورود مواد آلاینده، فرسایش، برداشت مصالح، لایروبی مسیر عبور رودخانه، به حداقل رساندن تلفات آب و بهبود روش های برداشت آب
 - حفاظت از حریم رودخانه ها و نوار ساحلی آن ها به منظور حیات گونه های آب دوست منطقه
 - حفظ کاربری های رودخانه مانند کشتیرانی، تفریحی و ماهیگیری
 - ارزیابی اثرات زیست محیطی رودخانه ها با توجه به شرایط مخرب پیش آمده نظیر احداث سد، برداشت های غیر مجاز آب و انحراف مسیر آب از شاخه اصلی رودخانه
- به منظور رسیدن به این اهداف بایستی درختان و گیاهان مزاحم از مسیر رودخانه ها حذف شوند. برداشت های غیر مجاز آب و مصالح به ترتیب در بخش کشاورزی و ساخت و ساز رصد شود. طرح های ساماندهی و کنترل رودخانه ها به ویژه در مواقع سیلاب مدنظر قرار گیرند. طرح لایروبی به گونه ای انجام شود



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۳ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

که درختان غیرمثمر در خارج از محدوده لایروبی قرار گیرند و تا حد امکان آسیب‌های اجتماعی به مردم منطقه به حداقل مقدار ممکن برسد [۱۵]، [۱۶].

۲-۹-۵- انتقال آب از حوضه‌های دیگر: موضوع انتقال آب از منابع آبی خارج از حوضه، به‌عنوان مثال انتقال آب از دریای خزر به‌عنوان بزرگ‌ترین و در دسترس‌ترین منبع آبی نزدیک دریاچه ارومیه، همواره مورد بحث و تبادل نظر بوده است. کارشناسان همواره بر این نکته تأکید دارند که انتقال آب از حوضه‌های دیگر تنها سبب افزایش مصرف در حوضه مقصد می‌شود [۳]. جالب است که ارزیابی اثرات انتقال آب از دریای خزر به دریاچه ارومیه صرف‌نظر از کیفیت آب دو منبع، برای سایر پروژه‌های انتقال آب نیز قابل بسط است. در رابطه با هر پروژه انتقال آبی، بایستی ۳ ارزیابی و امکان‌سنجی برای منبع تأمین آب، مسیر انتقال آب و منبع تحویل آب صورت گیرد. برای هر قسمت نیز بایستی مطالعات زیست‌محیطی، ارزیابی اکولوژیکی و ارزیابی اقتصادی صورت پذیرد [۷]. اما از نظر کارگروه تخصصی احیای اکولوژیک دریاچه ارومیه، انتقال آب از حوضه‌ای به حوضه دیگر با اصول اکولوژیکی سازگاری نداشته و مورد تأیید کارگروه نمی‌باشد [۳]! علل اصلی مخالفت و ریسک‌های پیش رو از نظر کارگروه احیای اکولوژیک در مورد طرح انتقال آب از حوضه‌های مجاور در زیر آمده است [۳]:

- انتقال آب از یک اکوسیستم به اکوسیستم دیگر می‌تواند هم برای مبدأ و هم مقصد اثرات جبران‌ناپذیری داشته باشد. زیرا آب صرفاً H_2O نیست بلکه یک اکوسیستم زنده و پویا با ترکیب فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاص خودش است.
- ورود گونه‌های مهاجم و خسارت فراوان اقتصادی و زیست‌محیطی به حوضه گیرنده. به‌عنوان مثال ورود آزولا به تالاب‌های شمال که به دلیل رقابت اکسیژن خواهی با گونه‌های بومی، سبب نابودی آبریان منطقه شد و یا ورود گیاه سنبل آبی به دریاچه ویکتوریای آفریقا که باعث نابودی صدها گونه آبری گردید.
- تهدید بقای گونه ارزشمند و تکامل‌یافته آرتمیا در دریاچه ارومیه که سالیان سال با ترکیب آب این دریاچه رشد کرده و به ترکیب آن به نوعی وابسته است. به‌خصوص اگر آب انتقالی (همچون آب دریای خزر) مملو از فیتوپلانکتون‌ها و میکرواورگانیزم‌های مزاحم باشد.
- انتقال ویروس‌ها و باکتری‌ها و جهش آن‌ها در اکوسیستم مبدأ که باعث بیماری‌زایی می‌شوند.
- تغییرات شیمی و فیزیک آب که ممکن است سبب افزایش تبخیر سطحی شود و به‌تبع آن انباشت رسوبات بیشتری در مقصد دیده شود.



مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۴ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

شرح کامل طرح های انتقال آب به دریاچه ارومیه به همراه مرور مطالعات پیشین در این حوزه و مشخصات کمی و کیفی طرح انتقال آب از دریاچه وان، زاب و پساب تصفیه خانه در گزارش جلد چهارم تحت عنوان «بررسی سناریوهای انتقال آب به دریاچه ارومیه» آمده است.

۳- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات پیشین انجام شده در زمینه علل خشکی دریاچه ارومیه و راهکارهای احیای آن، می توان دریافت که مهم ترین عامل خشکی دریاچه دخالت های انسانی و عدم مدیریت مناسب منابع آب موجود در حوضه آبریز مورد بحث بوده است. راهکارهای احیای دریاچه ارومیه نیز بایستی در داخل حوضه جستجو شود در غیر این صورت اکولوژی مبدأ و مقصد آسیب جدی می بینند. در ادامه گزارش های پروژه «مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف» و به منظور بررسی و تبیین راهکارهای انتقال آب به دریاچه، در گزارش دوم مبانی و نتایج مدل سازی هیدرودینامیک (جریان و تراز آب) دریاچه ارائه خواهند شد. پس از مطالعه هیدرودینامیک، و در گزارش جلد سوم، ابتدا مروری بر مطالعات پیشین در زمینه ی مدل سازی کیفی دریاچه ارومیه و رودخانه های منتهی به آن انجام خواهد گرفت و سپس خروجی مدل سازی کیفی دریاچه به کمک مدل عددی $FVCOM^3$ که یک مدل توسعه یافته سه بعدی با مش بندی آزاد و به روش حجم محدود است به دست خواهد آمد. در نهایت مقایسه نتایج به دست آمده با داده های اندازه گیری میدانی مختلف ارائه خواهد شد. در گزارش جلد چهارم نیز پروژه انتقال آب از منابع نامتعارف به دریاچه ارومیه با مقایسه مقادیر مختلف متغیرهای کیفی آب مقصد و منبع، مسیر انتقال، محل آگیری و آبدهی، میزان برداشت آب و بررسی مسائل قانونی و محیط زیستی، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت تا پیشنهادها و اقدامات لازم در این زمینه ارائه گردد.

³ Finite Volume Community Ocean Model



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۵ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

۴- مراجع

- [۱] بررسی هیدرودینامیکی ایجاد آبگذر از میان‌گذر دریاچه ارومیه، شرکت طرح نواندیشان (شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل‌ونقل کشور)، جلد اول: جمع‌آوری اطلاعات موجود و مروری بر مطالعات پیشین، ۱۳۹۹
- [۲] بررسی اثرات جاده میان‌گذر بر اکوسیستم دریاچه ارومیه و ارائه طرح اجرایی برای راهکارهای اصلاحی مورد نظر، سازمان حفاظت محیط زیست، دانشگاه تبریز، گزارش مرحله دوم، جلد اول: مطالعه هیدروژئولوژی آبخوان دشتهای منتخب حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۶
- [۳] مجید نجمی، دبیرخانه کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه، گزارش کارگروه تخصصی احیای اکولوژیک دریاچه ارومیه، ۱۳۹۳
- [۴] مهدی رجبی، سروش سراوانی، آرمین نوربخش، مسعود تجریشی، ضرورت احیای دریاچه ارومیه و احیای دریاچه ارومیه علل خشکی و تهدیدات، دانشگاه شریف، دبیرخانه مرکزی ستاد احیای دریاچه ارومیه کمیته اجتماعی فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴
- [۵] JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), DATA COLLECTION SURVEY ON IMPROVEMENT OF THE HYDROLOGICAL CYCLE MODEL OF LAKE URMIA BASIN IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN, PROGRESS REPORT 1 (FOR SOUTH PART OF URMIA LAKE BASIN), Ministry of Energy (MOE) and Urmia Lake Restoration Program (ULRP), 2017
- [۶] جمهوری اسلامی ایران، وزارت نیرو، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران (آب نیرو)، مطالعات انتقال آب از دریای خزر به دریاچه ارومیه (مرحله شناخت)، گزارش مطالعات هیدرولوژی، ۱۳۹۶
- [۷] وزارت نیرو، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، مطالعات احیای دریاچه ارومیه، راهکار انتقال آب از دریای خزر به دریاچه ارومیه، گزارش اقدامات و مطالعات انجام یافته، دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۵
- [۸] JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), DATA COLLECTION SURVEY ON IMPROVEMENT OF THE HYDROLOGICAL CYCLE MODEL OF LAKE URMIA BASIN IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN, PROGRESS REPORT 2 (FOR SOUTH PART OF URMIA LAKE BASIN) (DRAFT), Ministry of Energy (MOE) and Urmia Lake Restoration Program (ULRP), 2018
- [۹] عقلمند، رضا و علی عباسی، دریاچه ارومیه: چالش‌های زیست محیطی و راهکارهای کاهش اثرات آن، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، ۱۳۹۶.
- [۱۰] ناصر آق و گروه همکاران، گزارش بررسی اولیه دریاچه ارومیه، تالاب‌ها و رودخانه‌های حوضه آبریز آن، ۱۳۹۴
- [۱۱] حسن حمیدی رزی، مهدی مظاهری، جمال محمد ولی سامانی و مارکوس کارواجالینو فرناندز، بررسی اثر بخشی سناریوهای مختلف احیای دریاچه ارومیه با استفاده از مدل هیدرودینامیکی دوبعدی، فصلنامه مهندسی عمران و



مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف



صفحه ۶۶ از ۶۶

ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1

مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

جلد ۱

محیط زیست دانشگاه تبریز، ۱۳۹۸

[۱۲] مصطفی کریمیان اقبال و گروه محققین، بررسی انتقال آب دریاچه وان به دریاچه ارومیه: مطالعه کانی شناسی و شیمیایی ترکیب آب دو دریاچه، ۱۳۹۵.

[۱۳] P. Saemian, O. Elmi, B. D. Vishwakarma, M. J. Tourian, and N. Sneeuw, "Analyzing the Lake Urmia restoration progress using groundbased and spaceborne observations," *Sci. Total Environ.*, p. 139857, 2020.

[۱۴] مهدی یاسی، راهکار احیای دریاچه ارومیه با مدیریت زیست محیطی رودخانه‌های درون حوضه، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، ۱۳۹۳

[۱۵] پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، راهکارهای اجرایی نمودن مصوبه کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه نازلو، روضه‌چای، شهرچای و باراندوز (گزارش مهندسی رودخانه شهرچای)، دانشگاه ارومیه، ۱۳۹۷

[۱۶] الناز موسوی و جواد سروریان، راهکارهای اجرایی نمودن مصوبه کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه آبریز زرینه‌رود و سیمینه‌رود در محدوده‌های مطالعاتی بوکان، تکاب و سقز، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷

[۱۷] ستاد احیای دریاچه ارومیه، بررسی و ارزیابی کلان طرح انتقال آب از دریای خزر به دریاچه ارومیه (جمع بندی نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته توسط کمیته ها و کارگروه های تخصصی ستاد احیای دریاچه ارومیه در خصوص طرح انتقال آب از دریای خزر به دریاچه ارومیه)، ۱۳۹۳

مجموعه داوری گزارش مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

گزارش: مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)

	مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف	
صفحه ۱ از ۴۴	ULRP-SUT-BMAS-RPT001-REV1	مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)
عنوان طرح پژوهشی مطالعات مدل سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف عنوان گزارش مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه) مجری طرح: عمار صفائی همکاران: محمدعلی منلی علی عالی فر دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف مرداد ۱۳۹۹		

داوری نهایی

فرم ارائه نظر بر گزارشات مطالعاتی ستاد احیا دریاچه ارومیه

عنوان قرارداد: مطالعات مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی، شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف		
عنوان گزارش: مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)		
کارفرما: ستاد احیای دریاچه ارومیه	مجری: دکتر عمار صفایی	
تاریخ تهیه گزارش: مرداد ۱۳۹۹	تاریخ ارسال نظرات: مهر ۱۳۹۹	
ناظر/داور:	درصد پیشرفت: ۱۰۰٪	

ردیف	صفحه / بخش	ارائه نظر فنی
۱		نیازمند اصلاحات ویرایشی جزئی می باشد که در فایل به آن اشاره شده است.
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		

ارائه نظر جمع بندی با توجه به شرح خدمات
به طور کلی به عنوان مقدمه، مجموعه مطالب مفیدی جمع آوری شده و به شکل مناسبی نیز ارائه شده است.

پاسخ مجری به داور

پیوست

پاسخنامه داوری گزارشهای جلد ۱ تا ۳ پروژه مطالعات مدلسازی و تحلیل هیدرودینامیکی،
شیمیایی و کیفی دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن جریانات ورودی متعارف و نامتعارف

ضمن تشکر فراوان از داور محترم و نظرات ارزشمند ایشان، تغییرات در متن گزارشهای جلد ۱ تا ۳ (ویرایش اول) اعمال شده است و در ادامه نیز اصل نظرات همراه با پاسخهای مربوطه ارائه شده است.

ردیف	شماره جلد	عنوان گزارش	شماره مدرک	شماره ویرایش
۱	اول	مقدمه (معرفی دریاچه ارومیه و سناریوهای انتقال آب به دریاچه)	ULRP-SUT-BMAS-RPT001	۰

اصلاحات انجام شده با توجه به نظر داور			
ردیف	صفحه	نظر داور	توضیحات
۱	۲۸	کیفیت اشکال بهبود یابد	کیفیت تمامی اشکال موجود در گزارش اول در نسخه نهایی بهبود یافت.
۲	۳۰	حذف عبارت	عبارت اضافه «دانشگاه تهران» حذف شد.
۳	۳۲	مفهوم شکل ۱۶	مفهوم این شکل در گزارش توضیح داده شد. هر چه رنگ ها به قرمز نزدیکتر باشند، میزان روزهای با بارش بیشتر از ۱۰ میلیمتر (در بین سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵) بیشتر بوده است. این روند برای رنگ آبی برعکس می باشد یعنی تعداد روز های با بارش ۱۰ میلیمتر کمتر بوده است.
۴	۶۲	کیفیت شکل بهبود یابد	کیفیت تمامی اشکال موجود در گزارش اول در نسخه نهایی بهبود یافت.
۵	۶۳	سناریوها چیست؟	سناریوها در نسخه جدید گزارش توضیح داده شده اند. S1 ادامه روند موجود و S2 بستن گذرگاه کلاتتری است.
۶	۶۷	پیشنهاد می شود جهت حفظ یکپارچگی مطالب به فصل سوم منتقل گردد.	با تشکر، این بخش و زیرمجموعه های آن حذف و به گزارش چهارم (طرح های انتقال آب به دریاچه ارومیه) منتقل شدند.
۷	۸۹	حذف عبارت	عبارت مربوطه اصلاح شد.