



ستاد احیای دریاچه ارومیه



دانشگاه صنعتی شریف
مرکز تحقیقات سنجش از دور (RSRC)

مقایسه پارامترهای اقلیمی ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه با ایستگاه سینوپتیک ارومیه

مدیر فنی

مصطفی جوادیان

نویسندگان

محمد عبدلی

کد سند

OC11RN9605044

مرداد ۱۳۹۶

شناسه سند			
عنوان سند			مقایسه پارامترهای اقلیمی ایستگاه پایش آنلاین دریاچه ارومیه با ایستگاه سینوپتیک ارومیه
نوع سند	گزارش فنی (TR) ☐	خلاصه مدیریتی (ES) ☐	پروپوزال (PR) ☐
	یادداشت تحقیقی (RN) ☒	یادداشت فنی (TN) ☐	مقاله (AR) ☐ خروجی غیررسمی (RM) ☐
کد سند	RN -۹۶-۱۶		
شماره قرارداد			
تاریخ قرارداد	۱۳۹۶		
کارفرما	ستاد احیای دریاچه ارومیه		
گروه فنی			
مدیر فنی طرح	مصطفی جوادیان		
کارشناسان فنی طرح	محمد عبدلی		
تاریخ انتشار	۱۳۹۶		
ویرایش	سوم		

نوع سند	تعریف
گزارش فنی (TR)	Peer review شده با فرایند داوری خیلی دقیق و جدی و دارای محتوی علمی مفصل و ویرایش شده ادبی و فنی
یادداشت فنی (TN)	همانند گزارش فنی است با این تفاوت که مطالب مفصل نبوده و داوری جدی نشده است.
خلاصه مدیریتی (ES)	خلاصه‌ای از یک کار تحقیقاتی یا مطالعاتی که برای مدیران و بارگذاری روی سایت تنظیم شده است.
یادداشت تحقیقی (RN)	جهت پاسخگویی به سوالات و ابهامات و یا آموزش و یادگیری از تکنیک‌ها و الگوریتم‌هایی که کاربرد آن برای مطالعات و پروژه‌های مرکز می‌باشد
خروجی غیر رسمی (RM)	نتیجه کار تحقیقی که تکمیل نشده و لذا داوری جدی نشده و ارزیابی عمیق و ویراستاری روی آن صورت نگرفته و به صورت غیررسمی برای اطلاع عموم در اختیار قرار گرفته است.
پروپوزال (PR)	پیشنهادیه انجام پروژه
مقاله (AR)	مقالات فارسی و انگلیسی

مرکز تحقیقات سنجش‌ازدور (RSRC)، دانشگاه صنعتی شریف، پژوهشگاه زیست‌فناوری، شماره ۲۰۱

تلفن: ۶۶۱۶۴۱۳۸، ۶۶۱۶۴۱۸۵ نمابر: ۶۶۰۳۶۰۱

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.

چکیده

دریاچه ارومیه به علت کاهش شدید سطح تراز در سال‌های اخیر توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. برای بررسی عوامل و تغییرات پارامترهای مختلف و پایش دقیق خصوصیات دریاچه، اطلاعات دقیق با مقیاس زمانی مناسب مورد نیاز می‌باشد. با توجه به خلاء آماری در داده‌های دریاچه ارومیه، شرکت منابع آب و نیروی ایران در آبان سال ۱۳۹۵ شمسی اقدام به ایجاد دو ایستگاه پیشرفته پایش آنلاین در شمال و مرکز دریاچه نمود. مقایسه داده‌های این ایستگاه با ایستگاه‌های نزدیک از این جهت حائز اهمیت می‌باشد که در این ایستگاه تنها برای یک سال اخیر داده در دسترس می‌باشد و برای مطالعه پارامترهای هواشناسی در محل دریاچه ارومیه لازم است ارتباط داده‌های ثبت شده در این ایستگاه با ایستگاه‌های نزدیک سنجیده شود تا بتوان با یک دید صحیح از تفاوت داده‌ها، از سری زمانی ایستگاه‌های نزدیک برای مطالعه بر روی دریاچه استفاده نمود. در این تحقیق داده‌های ایستگاه دریاچه ارومیه در مرکز دریاچه (نزدیک به پل) با ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه مقایسه گردید. برای این کار در مرحله اول پارامترهای مختلف در مقیاس روزانه برای یک سال باهم مقایسه شدند که بیشترین تفاوت برای پارامتر بارش (۱۱۰ میلی‌متر در سال) با خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) ۱/۶ میلی‌متر در روز به دست آمد. در مرحله دوم یک ماه گرم و یک ماه سرد انتخاب گردید و دو پارامتر دما و سرعت باد باهم مقایسه شدند که (RMSE) سرعت باد بین دو ایستگاه در ماه گرم ۱/۳۱ و در ماه سرد ۲/۲۲ متر بر ثانیه به دست آمد؛ به این معنا که اختلاف سرعت باد دریاچه و دشت ارومیه در ماه سرد نسبت به ماه گرم ۰/۸ متر بر ثانیه افزایش یافته است. در مرحله سوم دما و سرعت باد لحظه‌ای در شب و روز مقایسه شدند که نتایج، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو ایستگاه هست. در این مرحله بیشترین RMSE برای دمای لحظه‌ای شب، ۷/۲ درجه سلسیوس به دست آمد. تفاوت در میکرواقلیم دو ایستگاه به دلیل وجود آب دریاچه و وجود پوشش گیاهی متراکم در دشت ارومیه و هم‌چنین توپوگرافی منطقه می‌تواند از جمله دلایل به وجود آمدن این اختلاف‌ها در پارامترهای مختلف باشد. با توجه به تحلیل حساسیت‌های انجام شده در محاسبه تبخیر از سطح دریاچه، وجود اختلاف در پارامترهای هواشناسی دریاچه و دشت ارومیه باعث ایجاد خطا در محاسبات تبخیر از سطح دریاچه تا بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سال می‌گردد که ضرورت توجه به این اختلاف در مطالعات مختلف را نمایان می‌سازد.

کلمات کلیدی: دریاچه ارومیه، ایستگاه پایش آنلاین، هواشناسی، ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه

فهرست مطالب

۱- مقدمه	۱
۱-۱- سؤالات طرح	۳
۲-۱- هدف طرح	۳
۲- معرفی منطقه مطالعاتی	۳
۳- داده‌های مورد استفاده	۵
۳-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله ایستگاه پایش آنلاین	۵
۴- نتایج	۵
۴-۱- مقایسه داده‌های روزانه از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی	۵
۴-۱-۱- مقایسه دمای هوا	۵
۴-۱-۲- مقایسه دمای هوای بیشینه و کمینه	۹
۴-۱-۳- مقایسه بارش	۱۱
۴-۱-۴- مقایسه دمای نقطه شبنم	۱۳
۴-۱-۵- مقایسه سرعت باد	۱۵
۴-۱-۶- مقایسه رطوبت نسبی	۱۹
۴-۲- مقایسه پارامترهای دما و سرعت باد دو ایستگاه در ماه گرم و سرد	۲۲
۴-۲-۱- مقایسه دما	۲۲
۴-۲-۲- مقایسه سرعت باد	۲۳
۴-۲-۳- مقایسه پارامترهای دما و سرعت باد دو ایستگاه در شب و روز	۲۴
۴-۲-۴- مقایسه دما	۲۴
۴-۲-۵- مقایسه سرعت باد	۲۶
۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۲۸
۶- پیشنهادات برای تحلیل‌های بیشتر	۲۹
۷- مراجع	۲۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- پدیده نسیم خشکی- دریا (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, INC)..... ۲
- شکل ۲- موقعیت ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه..... ۴
- شکل ۳- ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه..... ۴
- شکل ۴- تفاوت میانگین دمای هوای روزانه دریاچه و دشت ارومیه (دمای دشت ارومیه- دمای دریاچه)..... ۶
- شکل ۵- مقایسه دمای هوای روزانه ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷..... ۷
- شکل ۶- تحلیل حساسیت تاثیر دمای هوا بر تبخیر از سطح دریاچه در ماه آگوست (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)..... ۸
- شکل ۷- تحلیل حساسیت تاثیر دمای هوا بر تبخیر از سطح دریاچه در مقیاس سالانه (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)..... ۹
- شکل ۸- دمای بیشینه و کمینه در دریاچه و دشت ارومیه..... ۹
- شکل ۹- تفاوت بین دمای بیشینه و کمینه هر روز در ایستگاه دریاچه ارومیه..... ۱۰
- شکل ۱۰- تفاوت بین دمای بیشینه و کمینه هر روز در ایستگاه دشت ارومیه..... ۱۰
- شکل ۱۱- مقایسه بارش روزانه ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷..... ۱۱
- شکل ۱۲- باران سنج ترازویی (اندازه گیری به روش TIPPING BUCKET) و باران سنج ساده..... ۱۲
- شکل ۱۳- مقایسه دمای نقطه شبنم ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷..... ۱۳
- شکل ۱۴- اختلاف دمای نقطه شبنم دریاچه و دشت ارومیه ($T_D \text{ LAKE} - T_D \text{ PLAIN}$)..... ۱۴
- شکل ۱۵- تحلیل حساسیت تاثیر دمای نقطه شبنم بر روی تبخیر از سطح دریاچه (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)..... ۱۴
- شکل ۱۶- تصویر سه بعدی موقعیت ایستگاه ها و توپوگرافی دشت ارومیه..... ۱۵
- شکل ۱۷- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷..... ۱۶

- شکل ۱۸- اختلاف سرعت باد دریاچه و دشت ارومیه (سرعت باد دشت - سرعت باد دریاچه) ۱۶
- شکل ۱۹- گلباد دریاچه ارومیه (ایستگاه مستقر در پل میانگذر) از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی ۱۷
- شکل ۲۰- گلباد ایستگاه سینوپتیک واقع در دشت ارومیه از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی ۱۷
- شکل ۲۱- الف وب- به ترتیب گلباد ایستگاه پل میانگذر دریاچه ارومیه در ماههای پرآب (۱۵ آوریل تا ۱۵ ژوئن) و کم آب (سپتامبر و اکتبر)، ج و د- به ترتیب گلباد ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه در ماههای پرآب (۱۵ آوریل تا ۱۵ ژوئن) و کم آب (سپتامبر و اکتبر) ۱۸
- شکل ۲۲- الف- گلباد ایستگاه پل میانگذر دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماههای پرآب ب- گلباد ایستگاه پل میانگذر دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماههای کم آب ۱۹
- شکل ۲۳- مقایسه رطوبت نسبی ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ ۲۰
- شکل ۲۴- اختلاف رطوبت نسبی دریاچه و دشت ارومیه (دریاچه-دشت) ۲۰
- شکل ۲۵- تغییرات تراز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ ([HTTP://ULRP.SHARIF.IR](http://ULRP.SHARIF.IR)) ۲۱
- شکل ۲۶- تغییر رطوبت نسبی با دما ۲۱
- شکل ۲۷- مقایسه دمای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه دسامبر ۲۰۱۶ میلادی ۲۲
- شکل ۲۸- مقایسه دمای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه جولای ۲۰۱۷ میلادی ۲۲
- شکل ۲۹- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه جولای ۲۰۱۷ میلادی ۲۳
- شکل ۳۰- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه دسامبر ۲۰۱۶ میلادی ۲۳
- شکل ۳۱- مقایسه دمای لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی ۲۴
- شکل ۳۲- اختلاف دمای دریاچه و دشت ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی ۲۵

- شکل ۳۳- مقایسه دمای لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در روز های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی..... ۲۵
- شکل ۳۴- اختلاف دمای دریاچه و دشت ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی..... ۲۶
- شکل ۳۵- مقایسه سرعت باد لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی..... ۲۷
- شکل ۳۶- مقایسه سرعت باد لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در روز های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی..... ۲۷
- شکل ۳۷- فلوچارت مقایسه پارامترهای هواشناسی ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه با ایستگاه سینوپتیک ارومیه..... ۲۸

فهرست جدول ها

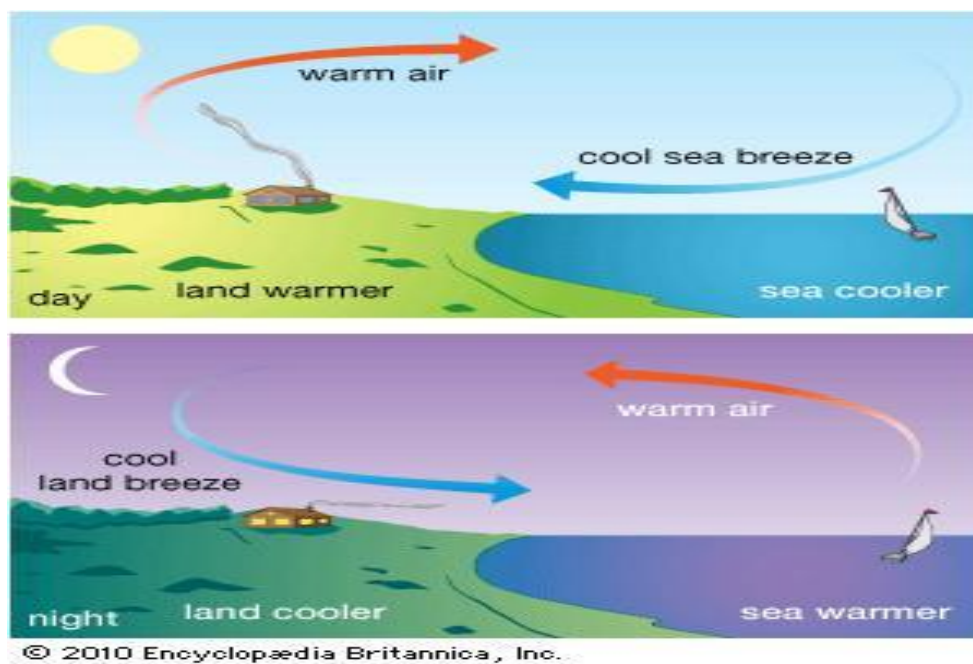
- جدول ۱- پارامترهای اندازه گیری شده به وسیله ایستگاه پایش آنالین..... ۵

۱- مقدمه

کاهش شدید سطح تراز دریاچه ارومیه در سال های اخیر، ضرورت مطالعه دقیق و جامع پایش داده های اقلیمی در حوضه دریاچه ارومیه را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۶). انجام مطالعات با دقت بالا نیازمند داده های دقیق هست. ایستگاه های سینوپتیک معمولاً کامل ترین مجموعه تجهیزات هواشناسی را دارا بوده و به صورت شبانه روزی و هر ساعت نسبت به ثبت اطلاعات و ارسال گزارش های هواشناسی اقدام می نمایند. تعداد ۲۰۰ ایستگاه سینوپتیک در کشور وجود دارد (هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، www.chaharmahalmet.ir) که به طور میانگین تعداد ۶/۳ ایستگاه به ازای هر ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد. حوضه دریاچه ارومیه با داشتن ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت تعداد ۱۱ ایستگاه سینوپتیک دارد که بالاتر از میانگین کشوری است؛ اما همه ایستگاه های حوضه در خارج دریاچه قرار دارند و دریاچه ارومیه با داشتن مساحت ۵۵۰۰ کیلومتر مربعی با احتساب مرز حداکثری تا سال ۱۳۹۵ شمسی فاقد ایستگاه هواشناسی پیشرفته بود (Sima and Tajrishi, 2013) با ایجاد دو سکوی پایش با تجهیزات کامل هیدرولوژیکی و هواشناسی توسط شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، امکان پایش تخصصی تر دریاچه از سال ۱۳۹۵ به بعد به وجود آمد.

برای بررسی پدیده های مختلف هیدرولوژیکی و اقلیمی، سری زمانی داده های مختلف مورد نیاز می باشد (Pelletier et al., 1997). با توجه به اینکه تقریباً یک سال از تاسیس ایستگاه دریاچه ارومیه می گذرد، برای بررسی پدیده ها در بازه زمانی طولانی تر نیاز است که ارتباط پارامترهای اقلیمی مختلف اندازه گیری شده با ایستگاه های سینوپتیک مجاور مشخص شود. ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه با داشتن ۳۵ کیلومتر فاصله از دریاچه، نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک به ایستگاه مرکزی پایش آنالین دریاچه ارومیه می باشد؛ به همین علت ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه برای مقایسه با ایستگاه پایش آنالین دریاچه انتخاب شد. چالش مهم مقایسه این ایستگاه و ایستگاه های مجاور، قرار داشتن ایستگاه دریاچه در داخل آب و ایستگاه های دیگر در خشکی است که تفاوت در میکرو اقلیم دو منطقه باعث می شود که در مقایسه دو ایستگاه، استفاده از پدیده های هواشناسی و اقلیم شناسی ضرورت یابد. یکی از این پدیده ها نسیم خشکی-دریا^۱ می باشد که عامل اصلی مبادلات بین پیکره آبی و خشکی است (Zhu et al., 2004).

^۱ Land_Sea Breeze



شکل ۱- پدیده نسیم خشکی- دریا (Encyclopædia Britannica, Inc)

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، این پدیده جهت باد ساحل و پیکره آبی را در شب و روز توجیه می‌کند. در جریانات هوایی، هوا همیشه از فشار بالا به فشار پایین حرکت می‌کند. فشار و دما رابطه عکس دارند، بدین معنی که با افزایش دما فشار کاهش یافته و با کاهش دما، فشار افزایش می‌یابد. وقتی در طول روز نور خورشید به سطح زمین و پیکره آبی می‌تابد، آب به علت داشتن ظرفیت گرمایی بالا دیرتر از سطح زمین گرم می‌شود. در نتیجه در طول روز سطح زمین زودتر از آب گرم شده و باعث کاهش فشار هوا در سطح زمین می‌شود. اختلاف فشار هوا بین سطح آب و خشکی باعث حرکت هوا از سطح آب به سمت ساحل می‌شود که باد از سمت دریا به خشکی شروع به وزیدن می‌کند. در طول شب برعکس پدیده بالا اتفاق می‌افتد. بدین صورت که پیکره آبی که به علت داشتن ظرفیت گرمایی بالا دیرتر از زمین گرم شده بود، در طول شب گرمای خود را دیرتر از دست می‌دهد. لذا در طول شب آب گرم‌تر از خشکی است که باعث می‌شود فشار هوا بر روی سطح آب کاهش یافته و باد از سمت خشکی با دمای کمتر و فشار بیشتر به سمت پیکره آبی با دمای بیشتر و فشار کمتر شروع به وزیدن کند (Rotunno et al., 1983).

۱-۱- سؤالات طرح

سؤالاتی که این تحقیق سعی دارد تا به آن پاسخ دهد عبارت اند از:

- چه تفاوت‌هایی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه آنالین دریاچه ارومیه با ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه وجود دارد؟
- در صورت مشاهده تفاوت، دلایل به وجود آمدن این تفاوت‌ها چیست؟
- آیا این تفاوت‌ها در همه زمان‌ها یکسان است، یا در زمان‌های مختلف تفاوت معناداری دیده می‌شود؟

۱-۲- هدف طرح

هدف این یادداشت تحقیقی، بررسی و مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه، به منظور پی بردن به میزان اختلاف پارامترهای مختلف هواشناسی دو ایستگاه، برای مطالعات مختلف از جمله تخمین تبخیر از سطح دریاچه می‌باشد.

۲- معرفی منطقه مطالعاتی

دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران، حدفاصل مختصات جغرافیایی $37/04$ تا $38/17$ درجه شمالی و 45 تا 46 درجه شرقی واقع شده است. این دریاچه سابق بر این، دومین دریاچه آب شور جهان از نظر مساحت به شمار می‌رفته است. طبق کنوانسیون رامسر مصوب ۱۹۷۱ میلادی، دریاچه ارومیه تالابی با اهمیت بین‌المللی محسوب شده و از نظر یونسکو، جزو ذخایر زیست کره به حساب می‌رود. تخمین زده شده که حداکثر مساحت سطح دریاچه در گذشته ۵۵۰۰ کیلومترمربع بوده (Sima et al., 2013) که از سال ۱۹۵۵ میلادی، به صورت پیوسته رو به کاهش نهاده و در سال ۲۰۱۶ به کمتر از ۲۰۰۰ کیلومترمربع رسیده است (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴ و مرکز سنجش ازدور شریف، ۱۳۹۶).

حداکثر عمق دریاچه ۱۶ متر و عمق متوسط آن ۵ متر بوده است. از لحاظ شرایط اقلیمی، حوضه ارومیه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. متوسط میزان بارش در منطقه حدوداً ۳۵۰ میلی‌متر تخمین زده شده است که بخش عمده بارش از فصل پاییز تا اواسط بهار رخ می‌دهد. در داخل دریاچه، جزایر متعدد سر از آب بیرون آورده‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به جزایر آرزو، اسپیر، کبودان و اشک داغی اشاره کرد که همگی در جنوب دریاچه واقع شده‌اند. همچنین شبه‌جزیره اسلامی که سابقاً بانام شاهی از آن یاد می‌شد، در شرق دریاچه واقع شده است. آب این دریاچه بسیار شور بوده و عمدتاً از رودخانه‌های زربینه‌رود، سیمینه‌رود، تلخه رود، گادر، باراندوز، شهرچای، نازلو و زولا تغذیه می‌شود. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

در شکل ۲ نشان داده شده است که به فاصله ۳۳ کیلومتری از همدیگر قرار گرفته‌اند. هم‌چنین تصویر ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲ - موقعیت ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه



شکل ۳ - ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه

۳- داده‌های مورد استفاده

برای این تحقیق از داده‌های ایستگاه سینوپتیک ارومیه در مقیاس زمانی روزانه و سه ساعته و از داده‌های ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه در مقیاس زمانی ده دقیقه‌ای استفاده گردید. برای این کار داده‌های ده دقیقه‌ای به مقیاس روزانه و سه ساعته تبدیل گردید. ایستگاه پایش آنالین دریاچه ۱۹ پارامتر را اندازه‌گیری می‌کند که با توجه به داده‌های موجود از ایستگاه سینوپتیک ارومیه، پارامترهای دما، بارش، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی و سرعت باد برای مقایسه انتخاب گردید.

۳-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله ایستگاه پایش آنالین

پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله ایستگاه پایش آنالین در جدول ۱ ارائه گردیده که به صورت آنالین ثبت و در بازه‌های زمانی ده دقیقه‌ای ذخیره می‌گردد.

جدول ۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله ایستگاه پایش آنالین مستقر در دریاچه

شدت بارش	دمای هوا
حالت بارش	جهت روشنایی
نوع بارش	روشنایی در چهار جهت اصلی
فشار هوای نسبی	دمای نقطه شبنم
رطوبت نسبی	تابش جهانی (Global radiation)
دمای بسترو نزدیک بستر	سرعت و جهت باد
دمای نیم متری و یک متری از بستر	تابش خالص (Net radiation)
دمای نزدیک سطح آب	دمای سطح آب
روشنایی شفق (Twilight) در چهار جهت اصلی	دمای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی متری از سطح آب

۴- نتایج

۴-۱- مقایسه داده‌های روزانه از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی

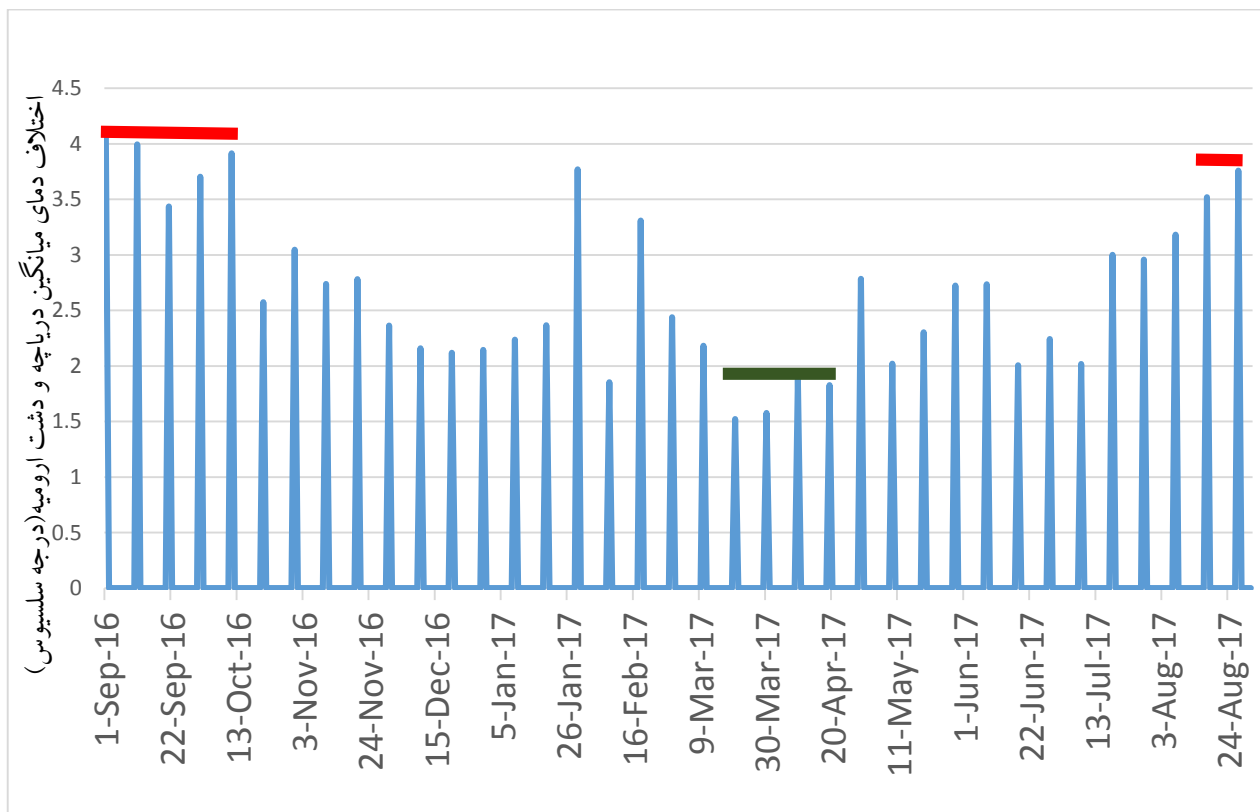
در ادامه داده‌های میانگین روزانه پارامترهای دمای هوا، بارش، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی و سرعت باد هر دو ایستگاه در طول یک سال باهم مقایسه گردیدند. نتایج به دست آمده به تفکیک هر پارامتر در زیر آمده است.

۴-۱-۱- مقایسه دمای هوا

دمای هوای ایستگاه سینوپتیک ارومیه و دمای هوای ایستگاه واقع در دریاچه باهم مقایسه گردید که سری زمانی اختلاف دما در این دو ایستگاه در شکل ۴ نشان داده شده است. به دلیل بالا بودن دمای ایستگاه دریاچه در طول

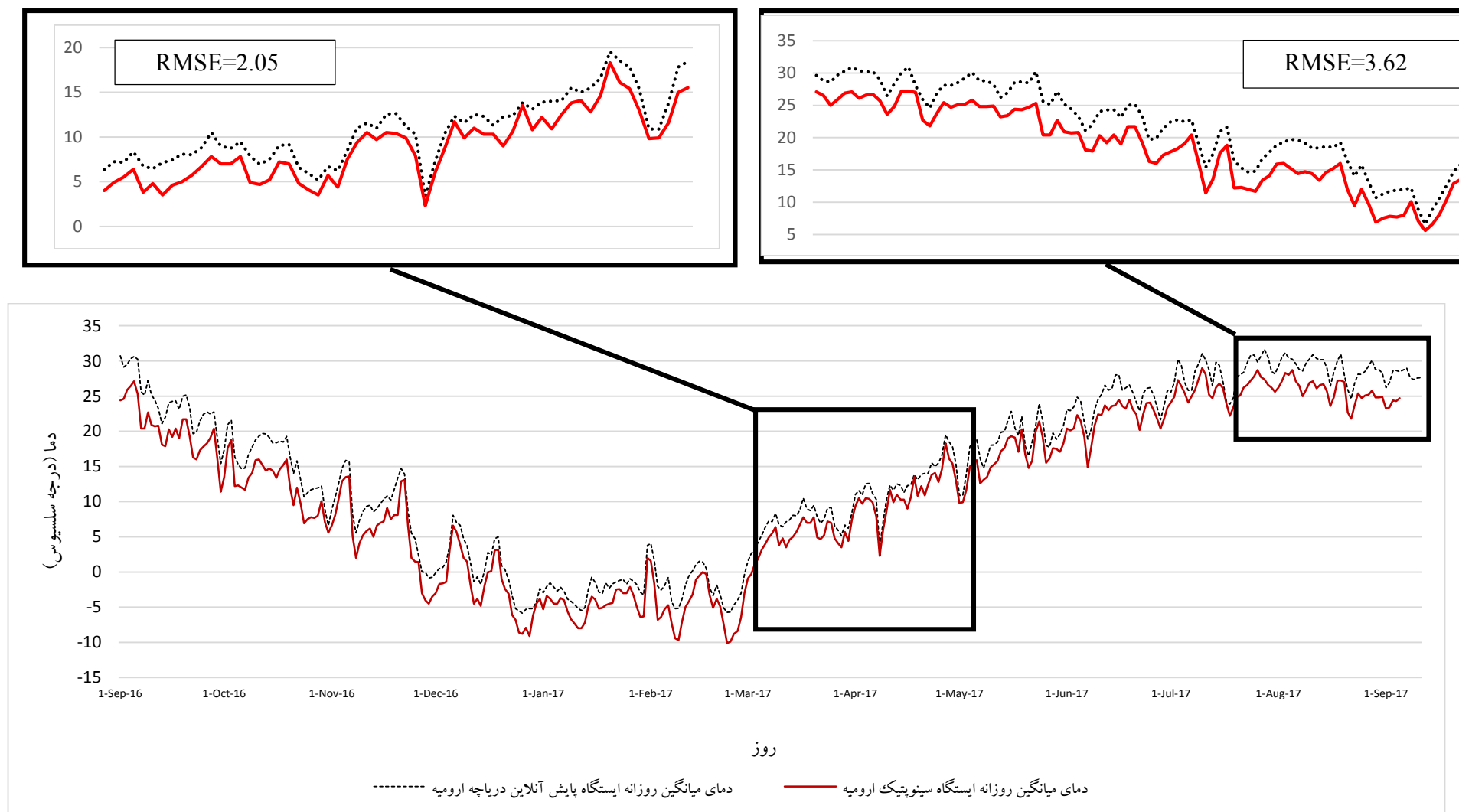
سال، اختلاف دما در اینجا از تفریق دمای دشت ارومیه از دمای هوای دریاچه حاصل شده است. مطابق شکل ۴ ماه‌های آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای بیشترین اختلاف دما (تقریباً ۴ درجه سلسیوس) و ماه‌های مارس و آوریل دارای کمترین اختلاف دما (تقریباً ۲ درجه سلسیوس) می‌باشند. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که در ماه‌های گرم سال اختلاف به بیشترین مقدار خود می‌رسد و در ماه‌های سرد میزان اختلاف کم‌تر می‌گردد که در بازه مورد مطالعه کمترین اختلاف دما در فصل بهار رخ داده است.

بالاتر بودن اختلاف دمای هوا در ماه‌های گرم سال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به این دلیل که در این ماه‌ها میزان تبخیر بالا بوده و دمای هوا نیز تاثیر مستقیم بر روی تبخیر و تعرق دارد. استفاده از داده‌های دشت ارومیه برای محاسبه تبخیر باعث کم تخمین زدن تبخیر از سطح دریاچه در ماه‌های گرم خواهد شد.



شکل ۴- تفاوت میانگین دمای هوای روزانه دریاچه و دشت ارومیه (دمای دشت ارومیه-دمای دریاچه)

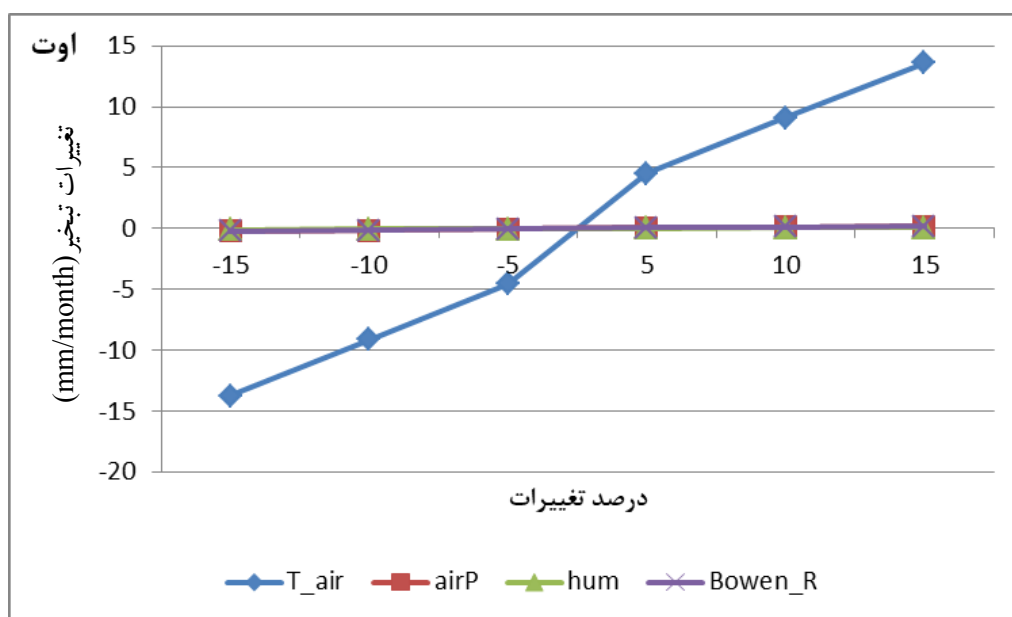
سری زمانی دمای دریاچه و دشت ارومیه از ماه سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵ - مقایسه دمای هوای روزانه ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷

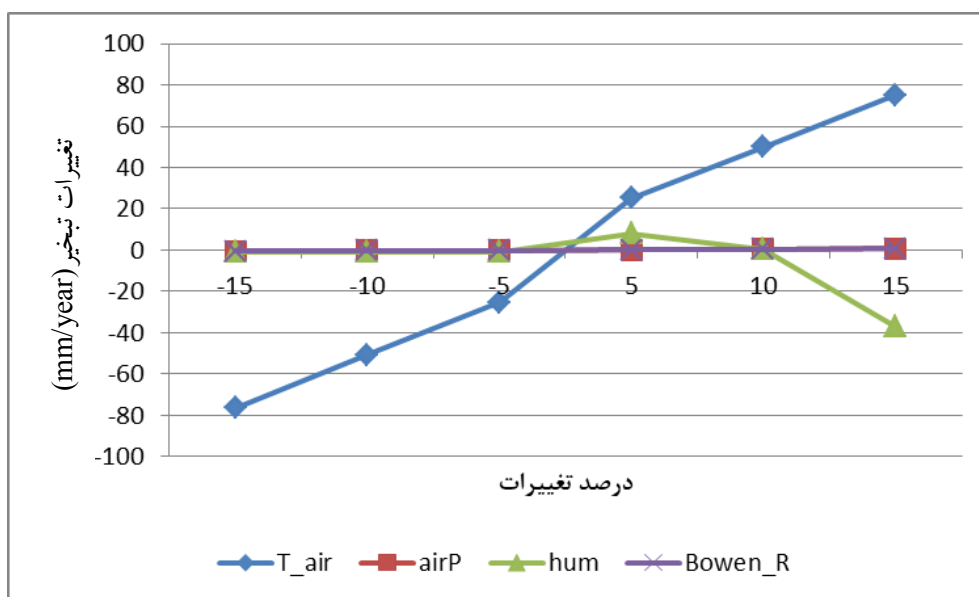
با توجه به شکل ۵ مشاهده می شود که دمای ایستگاه دریاچه در طول سال بالاتر از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین دمای دو ایستگاه ۲/۸ درجه سلسیوس محاسبه گردید که نشانگر بالا بودن دمای ایستگاه دریاچه به مقدار ۲/۸ درجه سلسیوس از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می باشد. با توجه به اینکه ایستگاه پایش آنالین در دریاچه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در دشت واقع شده است و میکرو اقلیم دشت با دریاچه متفاوت می باشد، وجود اختلاف دمایی دور از انتظار نیست. از طرف دیگر بین پوشش گیاهی و دمای هوا رابطه وجود دارد، بطوریکه با افزایش پوشش گیاهی دمای هوا کاهش می یابد (Lakshmi et al., 2013). با قرار گرفتن ایستگاه سینوپتیک ارومیه در منطقه ای با پوشش گیاهی متراکم انتظار می رود دمای کمتری نسبت به ایستگاه دریاچه ارومیه داشته باشد.

تحلیل حساسیت انجام شده توسط مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف (۱۳۹۶) برای تاثیر دمای هوا بر تبخیر از سطح دریاچه در یکی از ماه های گرم (آگوست) در شکل ۶ نشان داده شده است. طبق این شکل با تغییر ۱۵ درصدی در دمای هوا، تبخیر ماهانه حدود ۱۵ میلی متر در ماه تغییر می یابد. در این صورت، بالا بودن ۳/۶ درجه ای دمای هوا در ایستگاه دریاچه، تبخیر از سطح دریاچه را حدود ۱۵ میلی متر در ماه افزایش خواهد داد.



شکل ۶- تحلیل حساسیت تاثیر دمای هوا بر تبخیر از سطح دریاچه در ماه آگوست (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)

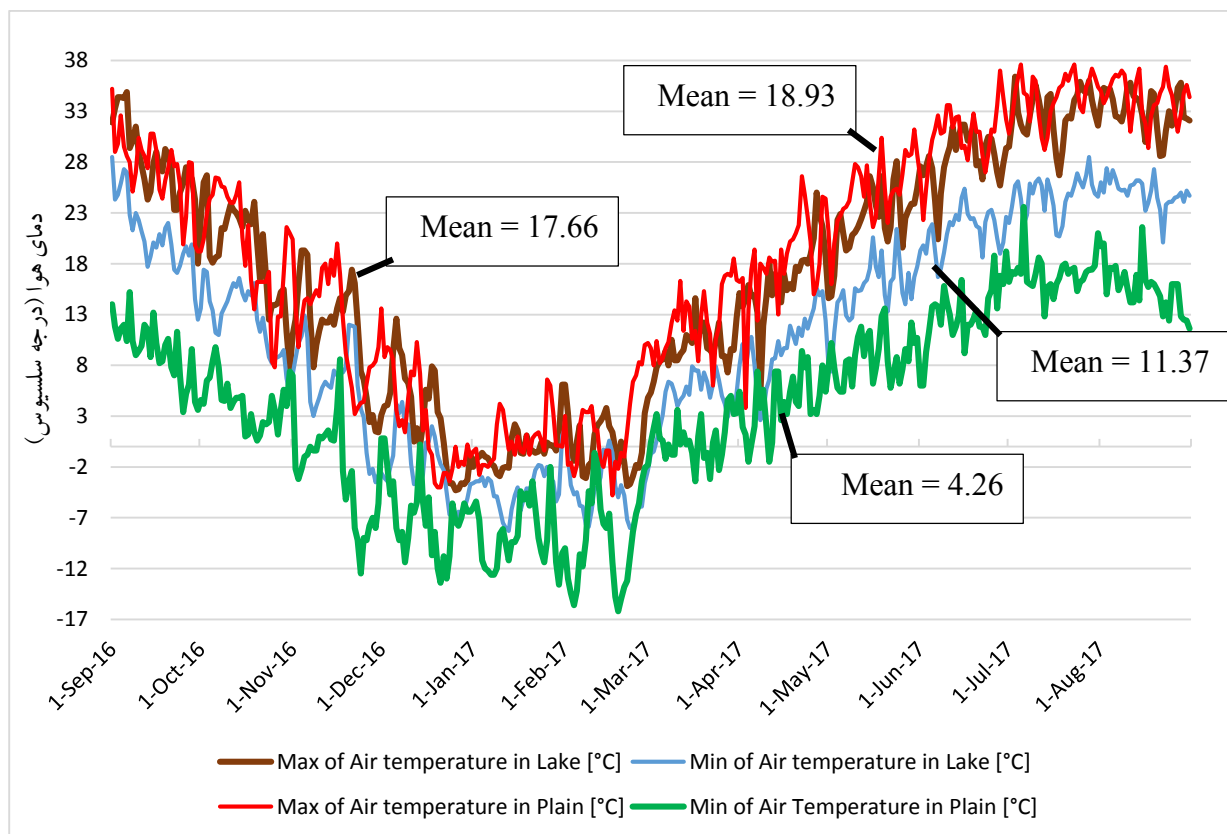
شکل ۷ تحلیل حساسیت دمای هوا برای محاسبه تبخیر از سطح دریاچه را در مقیاس سالانه نشان می دهد. دمای دریاچه در بازه یک ساله ۲/۸ درجه سلسیوس از دشت ارومیه بیشتر است که معادل با ۲۰ درصد افزایش میانگین دما می باشد. با توجه به تحلیل حساسیت زیر، افزایش ۲۰ درصدی دمای هوا باعث افزایش بیش از ۸۰ میلی متر در تبخیر سالانه می گردد.



شکل ۷- تحلیل حساسیت تاثیر دمای هوا بر تبخیر از سطح دریاچه در مقیاس سالانه (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)

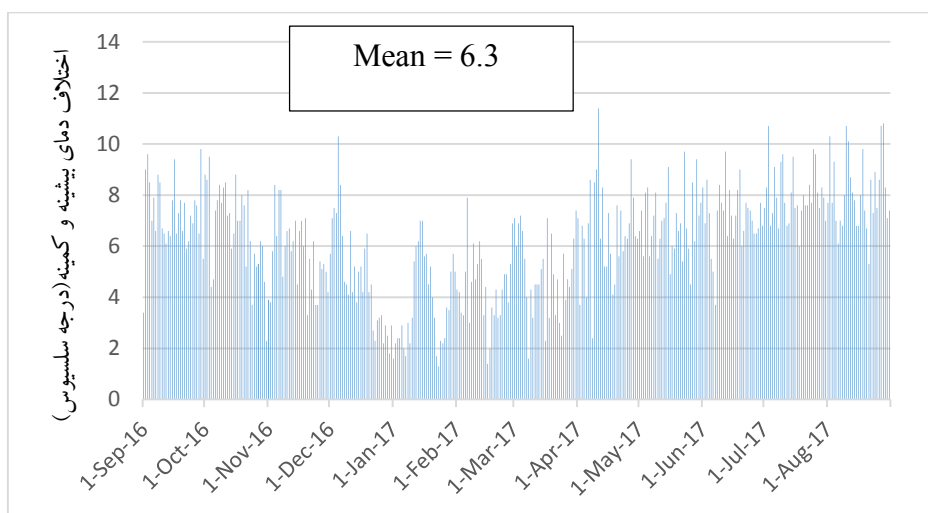
۴-۱-۲- مقایسه دمای هوای بیشینه و کمینه

دمای بیشینه و کمینه در دو ایستگاه مورد مطالعه (ایستگاه دریاچه و دشت ارومیه) مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل ۸ نشان داده شده است.

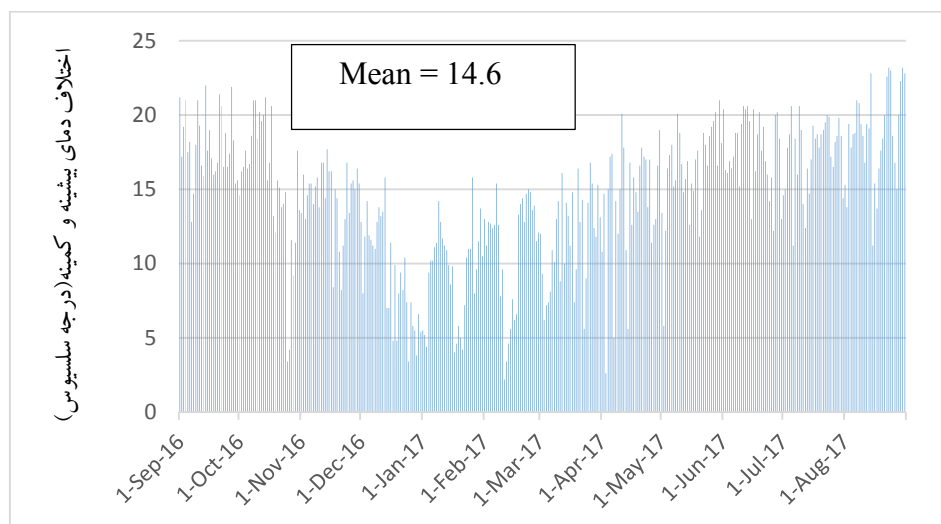


شکل ۸- دمای بیشینه و کمینه در دریاچه و دشت ارومیه

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می گردد، دمای بیشینه دشت و دریاچه ارومیه به هم نزدیک می باشد؛ به صورتی که میانگین بیشینه دما در دشت ارومیه ۱۲/۱ درجه سلسیوس از دریاچه بیشتر می باشد، اما دمای کمینه دریاچه و دشت ارومیه تفاوت چشمگیری دارند؛ در حالتی که میانگین کمینه دما در دشت ارومیه، ۷ درجه سلسیوس کم تر از دریاچه ارومیه می باشد. پایین تر بودن دمای بیشینه و بالاتر بودن دمای کمینه در دریاچه ارومیه نشان دهنده تاثیر تعدیل هوای دریاچه ارومیه به دلیل وجود آب می باشد. تفاوت بین دمای بیشینه و کمینه در هر روز برای دریاچه و دشت ارومیه در شکل ۹ و شکل ۱۰ آورده شده است.



شکل ۹- تفاوت بین دمای بیشینه و کمینه هر روز در ایستگاه دریاچه ارومیه



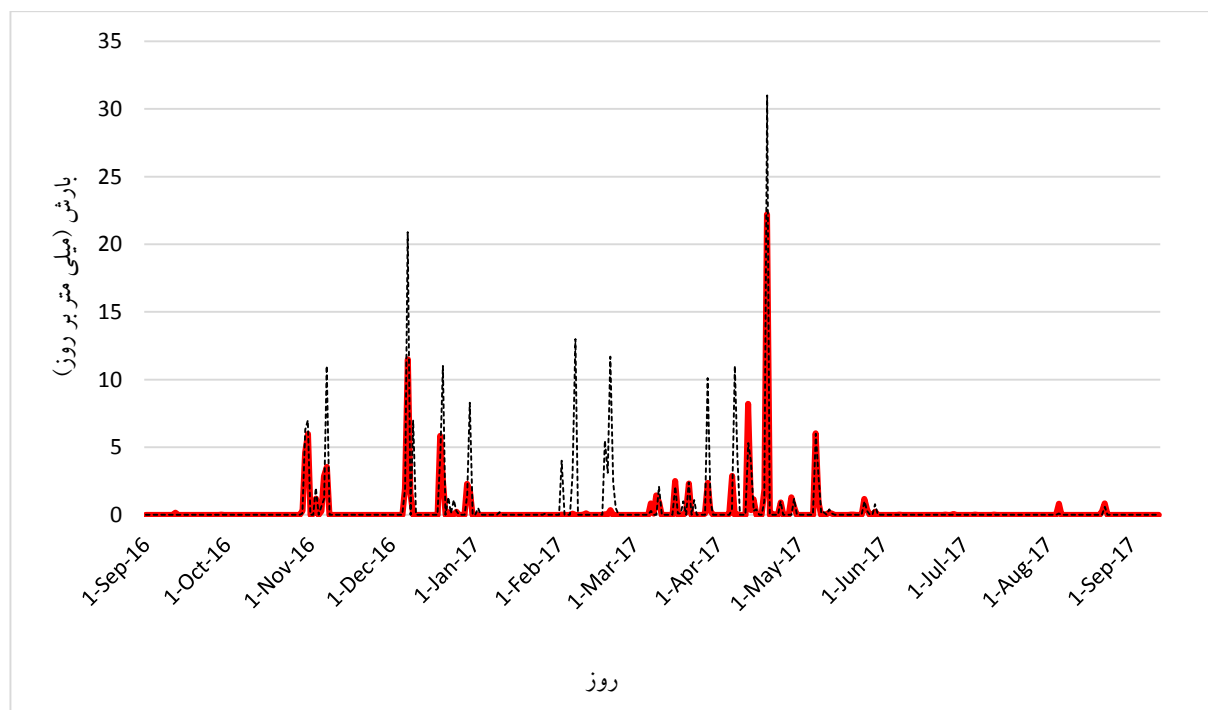
شکل ۱۰- تفاوت بین دمای بیشینه و کمینه هر روز در ایستگاه دشت ارومیه

همانطور که در شکل های بالا مشاهده می گردد، اختلاف بین دمای بیشینه و کمینه در دریاچه بسیار کمتر از دشت ارومیه می باشد. این اختلاف هم در دریاچه و هم در دشت در ماه های سرد به کم ترین مقدار و در ماه های

گرم به بیشترین مقدار خود می‌رسد، به صورتی که میانگین اختلاف دمای بیشینه و کمینه در دریاچه ۶/۳ و در دشت ۱۴/۶ درجه سلسیوس می‌باشد.

۴-۱-۳- مقایسه بارش

مقدار بارش روزانه ایستگاه دشت ارومیه با بارش ایستگاه پایش آنالاین دریاچه مقایسه و سری زمانی آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که در اکثر موارد، بارش در هر دو ایستگاه رخ داده است و مقدار بارش در دشت ارومیه بیشتر از دریاچه ارومیه می‌باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین بارش دو ایستگاه ۱/۶ میلی‌متر در روز محاسبه گردید که نشانگر بالا بودن بارش ایستگاه سینوپتیک ارومیه به مقدار ۱/۶ میلی‌متر در هر روز می‌باشد. همچنین مجموع بارش برای ۱۲ ماه مورد مطالعه در ایستگاه دریاچه ارومیه ۱۱۰ میلی‌متر و در ایستگاه سینوپتیک ارومیه ۲۲۳ میلی‌متر می‌باشد که بارش در دشت ارومیه دو برابر دریاچه می‌باشد. با توجه به سری زمانی بارش مشاهده می‌شود که چهار روز در ماه اکتبر سال ۲۰۱۷ میلادی در ایستگاه سینوپتیک ارومیه بارش رخ داده، ولی در ایستگاه دریاچه ارومیه بارشی ثبت نشده است.



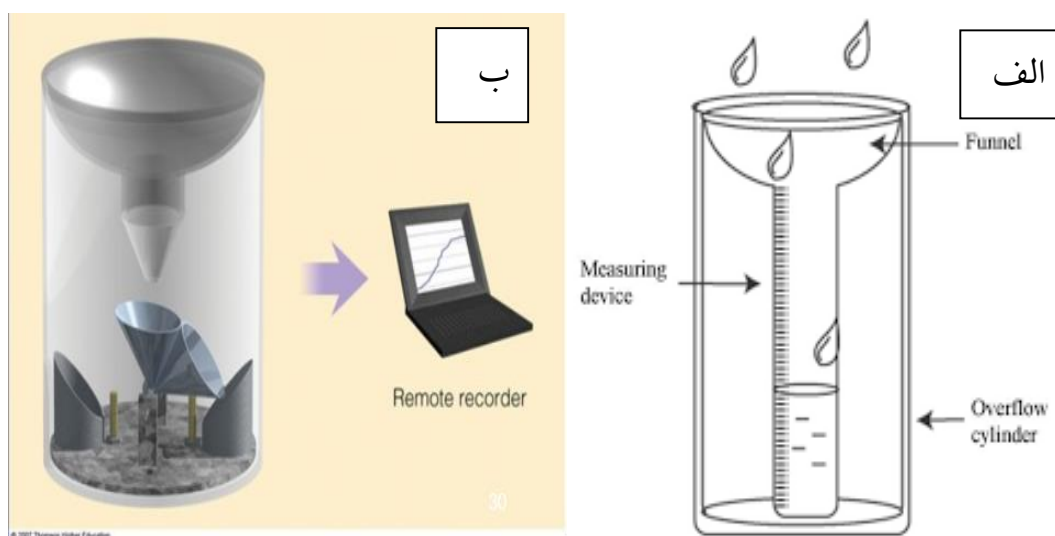
شکل ۱۱- مقایسه بارش روزانه ایستگاه پایش آنالاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷

با بررسی روزهای ذکر شده مشخص شد که در این روزها بارش به صورت برف بوده است که می‌توان نتیجه گرفت که ایستگاه پایش آنالاین دریاچه، برف را به عنوان بارش ثبت و ذخیره نمی‌کند. در مورد سایر

ماه‌ها که بارش به صورت باران بوده است، در اکثر موارد بارش ثبت شده در دریاچه کمتر از دشت ارومیه می باشد که اختلاف ارتفاع ۶۰ متری بین دو ایستگاه و قرار گرفتن ایستگاه دریاچه در پست ترین ناحیه حوضه می تواند یکی از علت های این تفاوت باشد.

دلیل دیگر برای تفاوت بارش در دو ایستگاه را می توان در روش اندازه گیری بارش توسط دستگاه های مستقر در ایستگاه نیز جست وجو کرد. داده بارش در ایستگاه دریاچه ارومیه به صورت شدت بارش (Intensity) اندازه گیری می شود، در حالی که در ایستگاه سینوپتیک ارومیه میزان بارندگی به صورت مقدار بارش گزارش می شود. در ایستگاه های سینوپتیک معمولاً از دستگاه باران سنج معمولی استفاده می شود، در حالی که در ایستگاه هایی که به صورت آنالین کنترل می شوند اکثراً از باران نگار ثابت، از نوع ترازویی استفاده می شود. باران نگار، بارندگی را در طول زمان به طور پیوسته اندازه گیری می کند در صورتی که باران سنج، مقدار بارش را در یک بازه زمانی (مثلاً شش ساعته یا روزانه) گزارش می دهد. در شکل ۱۲ (الف) و (ب) باران سنج ترازویی و باران سنج ساده را مشاهده می گردد.

در باران نگار ترازویی یا الکلی، بارانی که روی قیف گیرنده می بارد به داخل یکی از کفه های ترازو که در زیر قیف تعبیه شده است هدایت می شود. پس از پر شدن کفه ترازو، تعادل به هم می خورد و آب موجود در آن به داخل ظرف دیگری تخلیه شده و کفه دیگر ترازو زیر قیف قرار می گیرد. به دلیل ساختار باران سنج های ترازویی این سنج ها برای بارش های شدید (Extreme) مناسب نیستند و احتمال خطا در این نوع بارش ها در این باران سنج بیشتر می باشد. بنابراین می توان یکی از دلایل کم بودن میزان بارش ثبت شده در دریاچه ارومیه را تفاوت در دستگاه های اندازه گیری در این دو ایستگاه دانست.

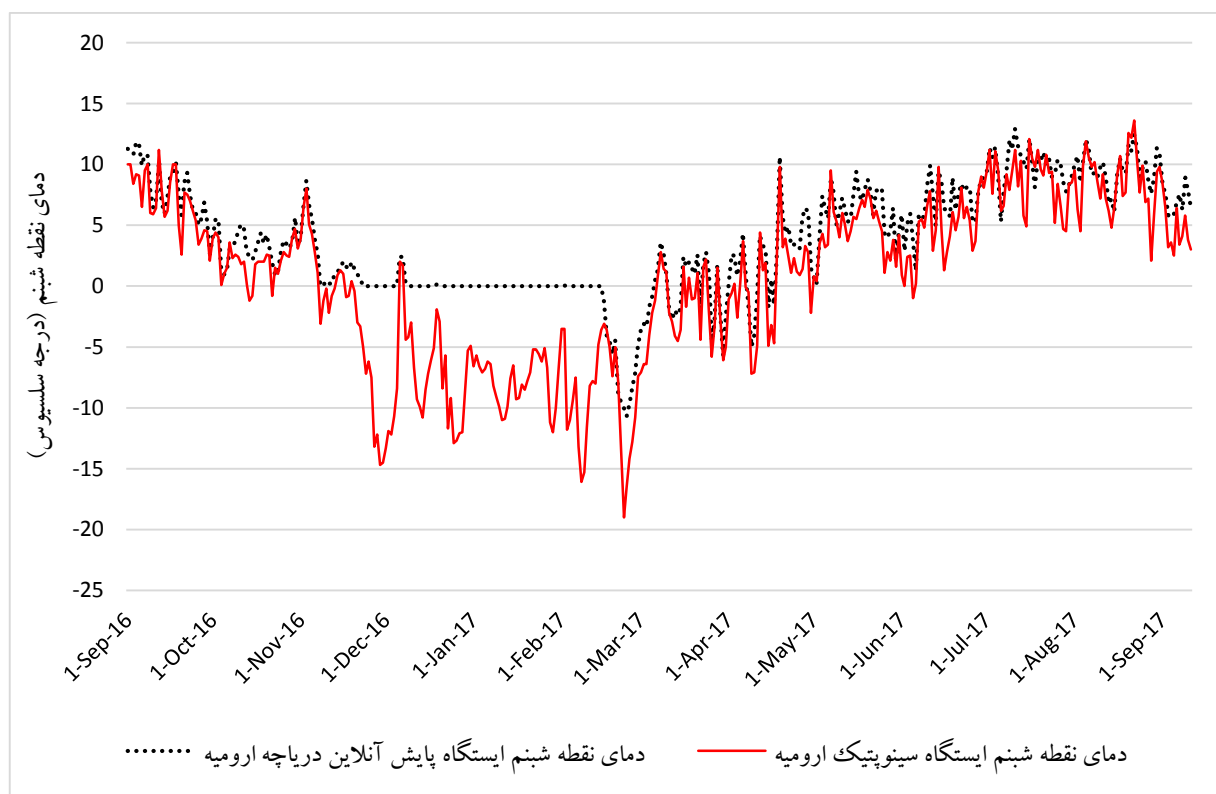


شکل ۱۲- باران سنج ترازویی (اندازه گیری به روش Tipping bucket) و باران سنج ساده

۴-۱-۴- مقایسه دمای نقطه شب‌نم

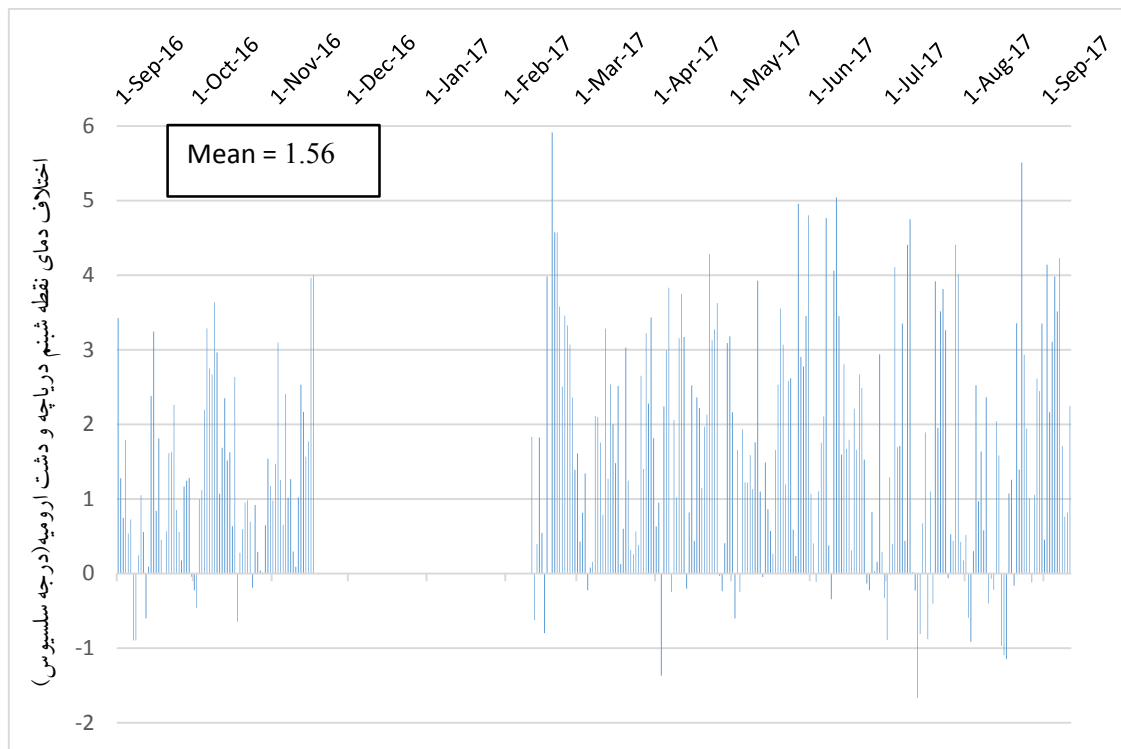
دمای نقطه شب‌نم در ایستگاه سینوپتیک ارومیه و ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه باهم مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل ۱۳ نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که دمای نقطه شب‌نم ایستگاه دریاچه در طول سال بالاتر از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد. به‌منظور پی‌بردن به میزان دقیق این اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین دمای نقطه شب‌نم دو ایستگاه ۲/۲ درجه سلسیوس محاسبه گردید که نشانگر بالا بودن دمای نقطه شب‌نم ایستگاه دریاچه به مقدار ۲/۲ درجه سلسیوس از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد که دلایل این اتفاق را می‌توان در دو پارامتر فشار و رطوبت نسبی که در دمای نقطه شب‌نم موثرند، جست‌وجو کرد.

هم‌چنین با توجه به شکل زیر مشاهده می‌گردد که از دسامبر ۲۰۱۶ میلادی تا مارس ۲۰۱۷ میلادی که ماه‌های سرد را شامل می‌شوند، دمای نقطه شب‌نم در ایستگاه دریاچه ارومیه صفر شده است؛ این درحالی است که در ایستگاه سینوپتیک ارومیه این عدد زیر صفر بوده و اختلاف دما در برخی روزها به ۱۵ درجه سلسیوس می‌رسد. بنابراین احتمال می‌رود که اندازه‌گیری دستگاه در ماه‌های سرد با مشکل مواجه شده باشد. در ادامه برای مشخص شدن اختلاف دو سری زمانی، نمودار اختلاف آنها ترسیم گردید که در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



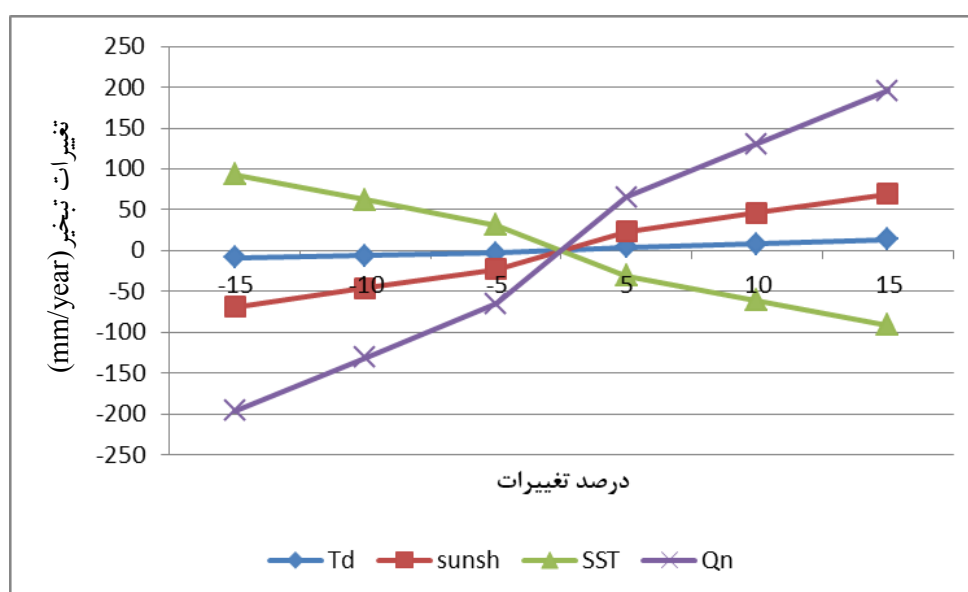
شکل ۱۳- مقایسه دمای نقطه شب‌نم ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷

با توجه به شکل زیر مشاهده می گردد که مقادیر اختلاف در ماه های سپتامبر تا اوایل دسامبر کم تر از ماه های فوریه تا اواخر سپتامبر می باشد. بازه میانی به دلیل صفر بودن داده دمای نقطه شبنم در این بازه از محاسبات حذف گردید.



شکل ۱۴- اختلاف دمای نقطه شبنم دریاچه و دشت ارومیه ($T_d \text{ lake} - T_d \text{ plain}$)

تحلیل حساسیت انجام شده توسط مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف (۱۳۹۶) برای تاثیر دمای نقطه شبنم در تبخیر از سطح دریاچه در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

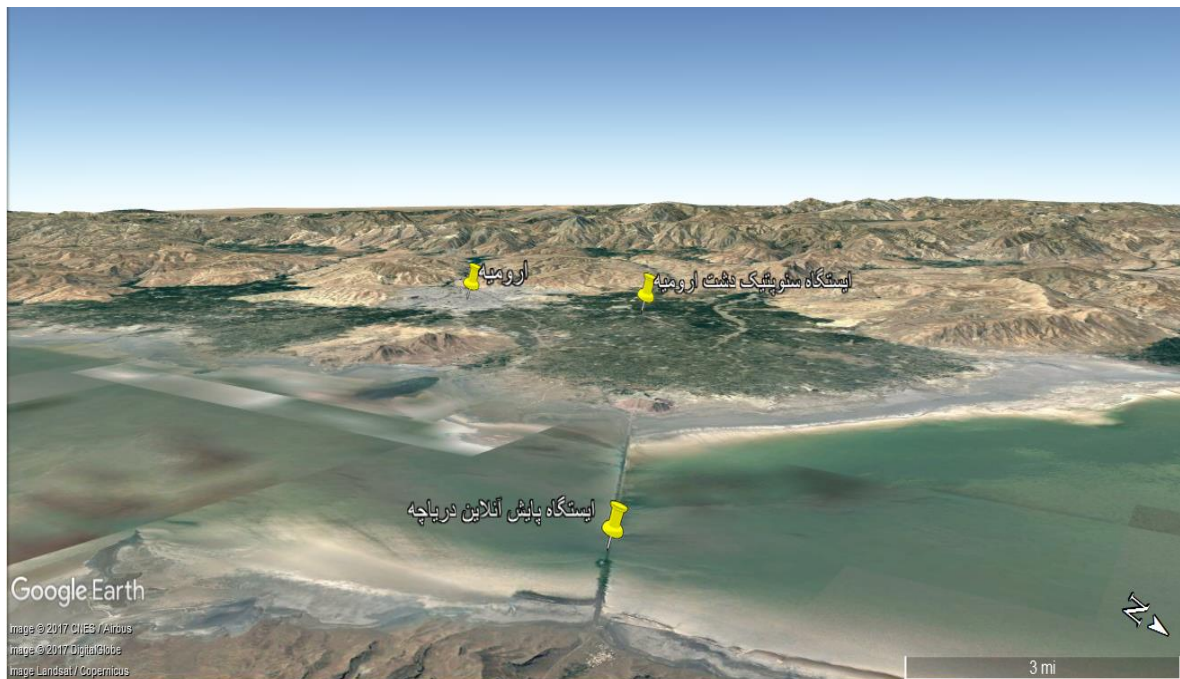


شکل ۱۵- تحلیل حساسیت تاثیر دمای نقطه شبنم بر روی تبخیر از سطح دریاچه (مرکز سنجش از دور دانشگاه شریف، ۱۳۹۶)

همانطور که در شکل ۱۵ مشاهده می گردد، دمای نقطه شب‌نم تاثیر چندانی بر روی تبخیر از سطح دریاچه نداشته و با ۱۵ درصد افزایش و یا کاهش این پارامتر، تبخیر از سطح دریاچه کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر در سال تغییر می‌یابد.

۴-۱-۵- مقایسه سرعت باد

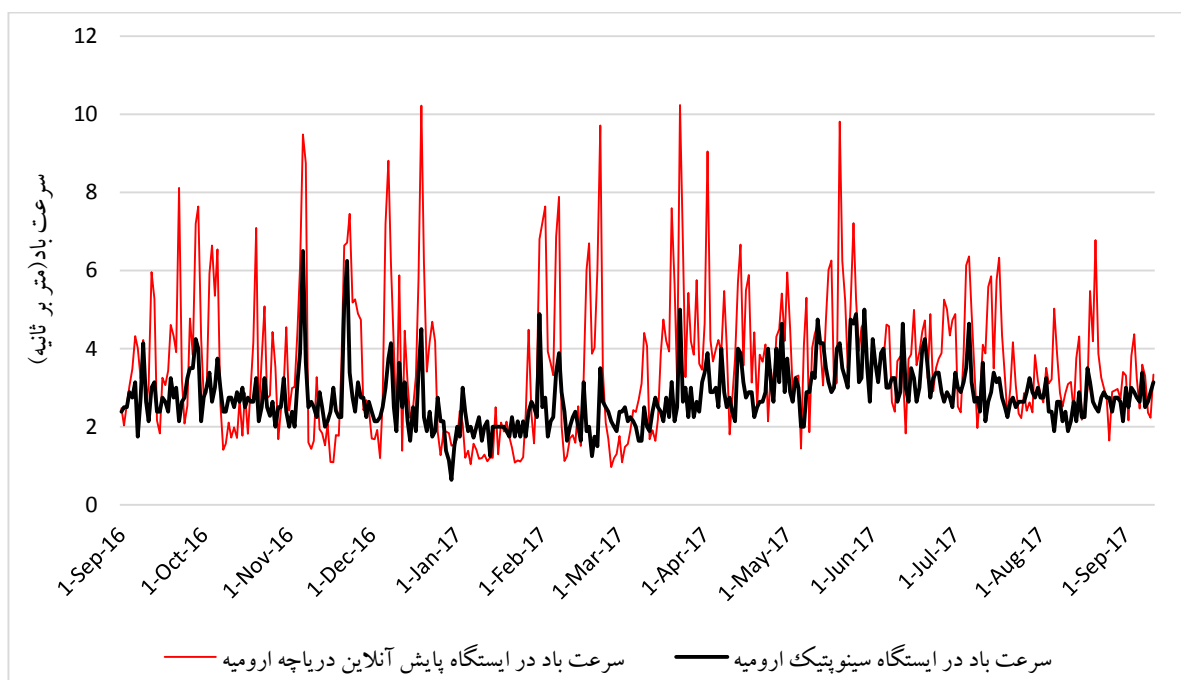
سرعت باد ایستگاه سینوپتیک ارومیه با سرعت باد ایستگاه دریاچه ارومیه باهم مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل ۱۶ نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که سرعت باد ایستگاه دریاچه در طول سال بالاتر از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد. به‌منظور پی‌بردن به میزان دقیق این اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین سرعت باد دو ایستگاه $1/72$ متر بر ثانیه محاسبه گردید که نشانگر بالا بودن سرعت باد ایستگاه دریاچه به مقدار $1/72$ متر بر ثانیه از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد.



شکل ۱۶- تصویر سه بعدی موقعیت ایستگاه‌ها و توپوگرافی دشت ارومیه

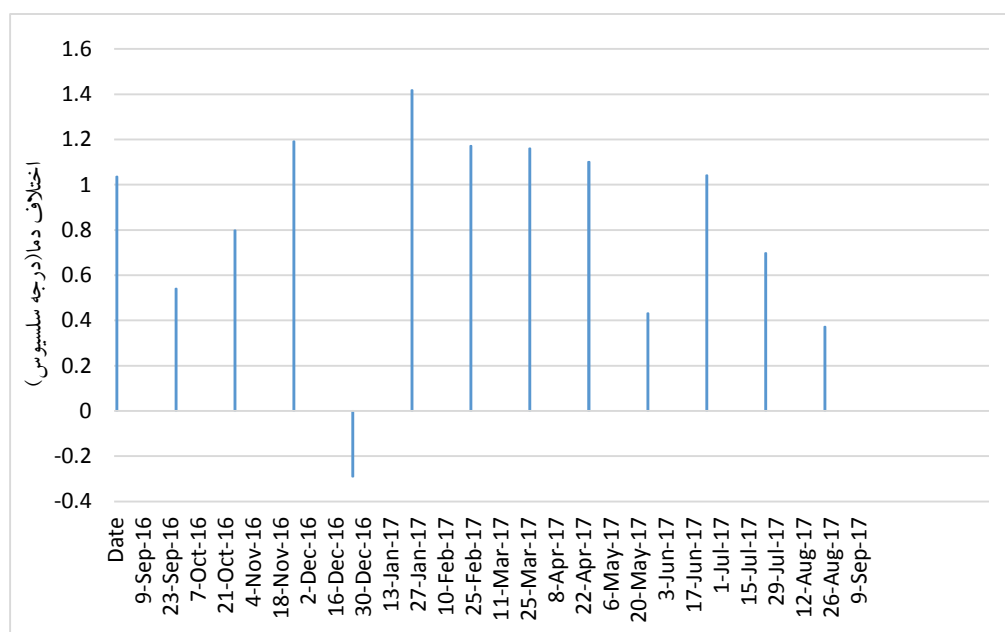
جهت غالب بادهای غرب و شمال غرب ایران، از سمت غرب به شرق اتفاق می‌افتد. (کیانی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به توپوگرافی منطقه و قرارگیری ایستگاه سینوپتیک ارومیه که در شکل ۱۷ نشان داده شده است، در نزدیکی رشته کوه‌های غرب ارومیه ممکن است سرعت باد ایستگاه سینوپتیک توسط کوه‌های مجاور تعدیل شده باشد. در صورتی که موقعیت ایستگاه دریاچه به نحوی است که هیچ مانعی برای کاهش سرعت باد

وجود ندارد. بنابراین محل قرارگیری ایستگاه‌ها و توپوگرافی آن‌ها می‌تواند یکی از دلایل اختلاف سرعت باشد. هم‌چنین در نصب ایستگاه‌های جدید همیشه بحث کالیبره بودن دستگاه باید دقیقاً مورد توجه قرار گیرد.



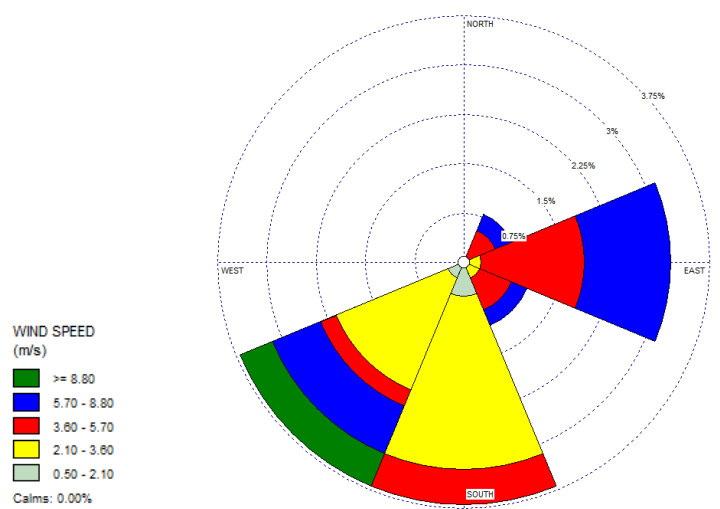
شکل ۱۷- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷

هم‌چنین در شکل ۱۸ اختلاف سرعت بین دریاچه و دشت ارومیه نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌گردد که در طول سال به جز ماه دسامبر، سرعت باد دریاچه از دشت بیشتر بوده و بیش‌ترین اختلاف در بهار مشاهده می‌شود که در این ماه‌ها اختلاف دما بین دریاچه و دشت ارومیه نیز قابل توجه می‌باشد.

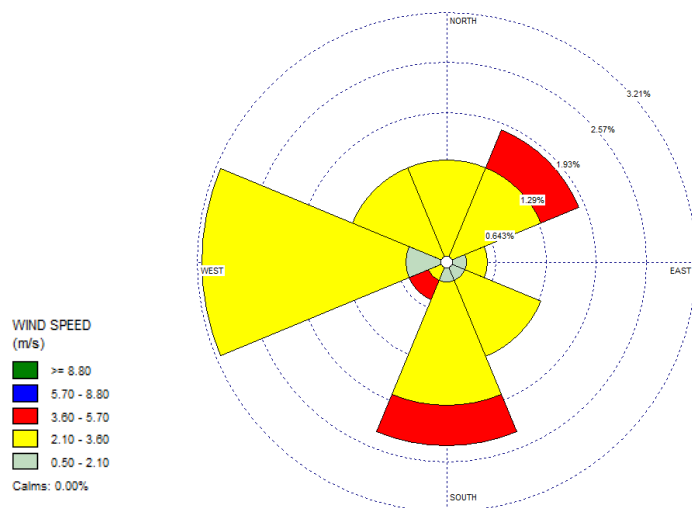


شکل ۱۸- اختلاف سرعت باد دریاچه و دشت ارومیه (سرعت باد دشت - سرعت باد دریاچه)

در ادامه جهت باد در دریاچه و دشت ارومیه و نحوه تغییر جهت باد در ماه‌های پرآبی و کم‌آبی دریاچه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در شکل ۱۹ گلباد به ترتیب دریاچه و دشت ارومیه نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، جهت باد غالب در ایستگاه دریاچه از سمت جنوب غربی است، در حالی که جهت باد غالب در دریاچه غربی است. همچنین مشاهده می‌شود که ایستگاه واقع در پل میانگذر دریاچه ارومیه تعداد رخداد بادهای با سرعت بیش‌تر از ۵ متر بر ثانیه (۱۸ کیلومتر بر ساعت) بسیار بیشتر از ایستگاه سینوپتیک واقع در دشت ارومیه می‌باشد.



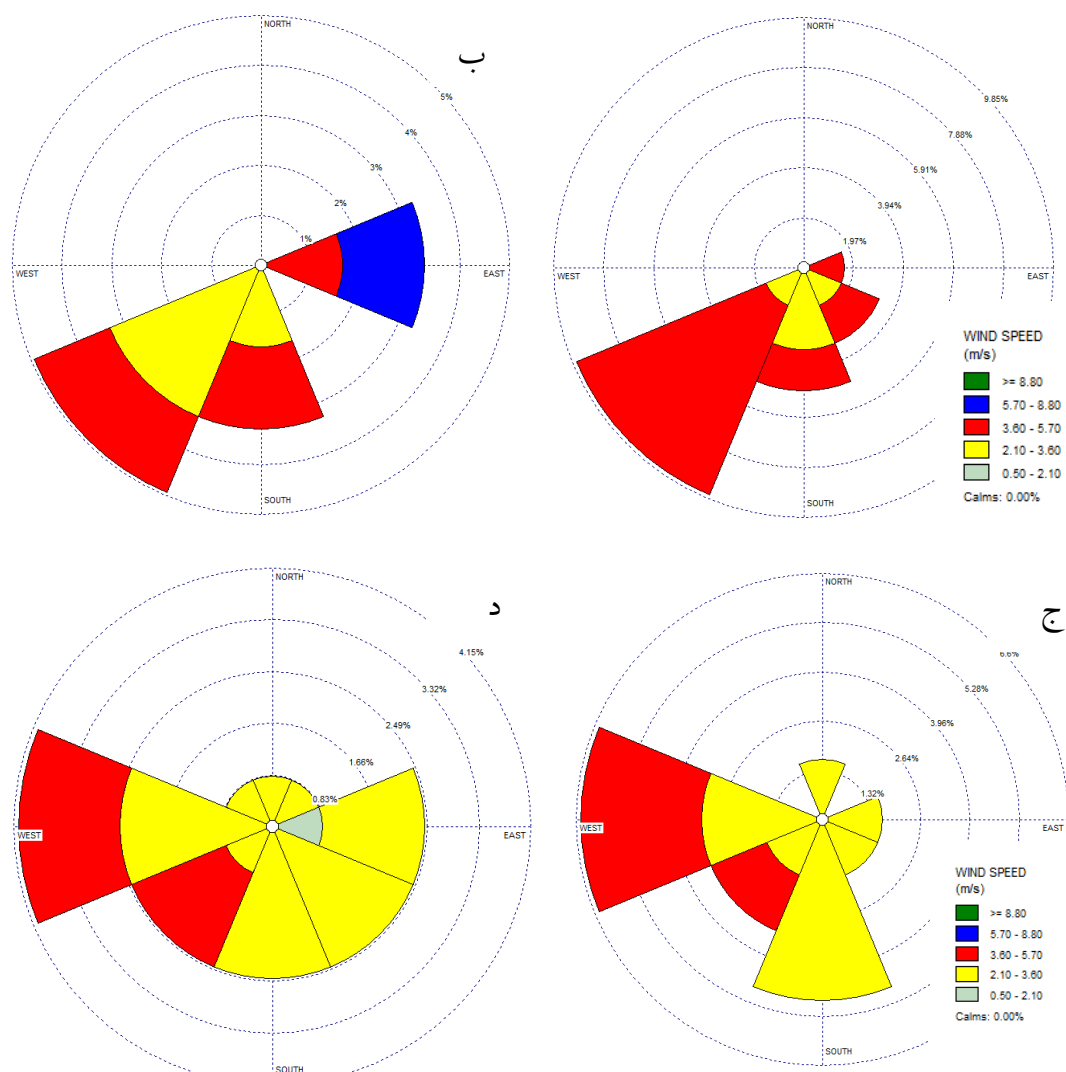
شکل ۱۹- گلباد دریاچه ارومیه (ایستگاه مستقر در پل میانگذر) از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی



شکل ۲۰- گلباد ایستگاه سینوپتیک واقع در دشت ارومیه از سپتامبر سال ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷ میلادی

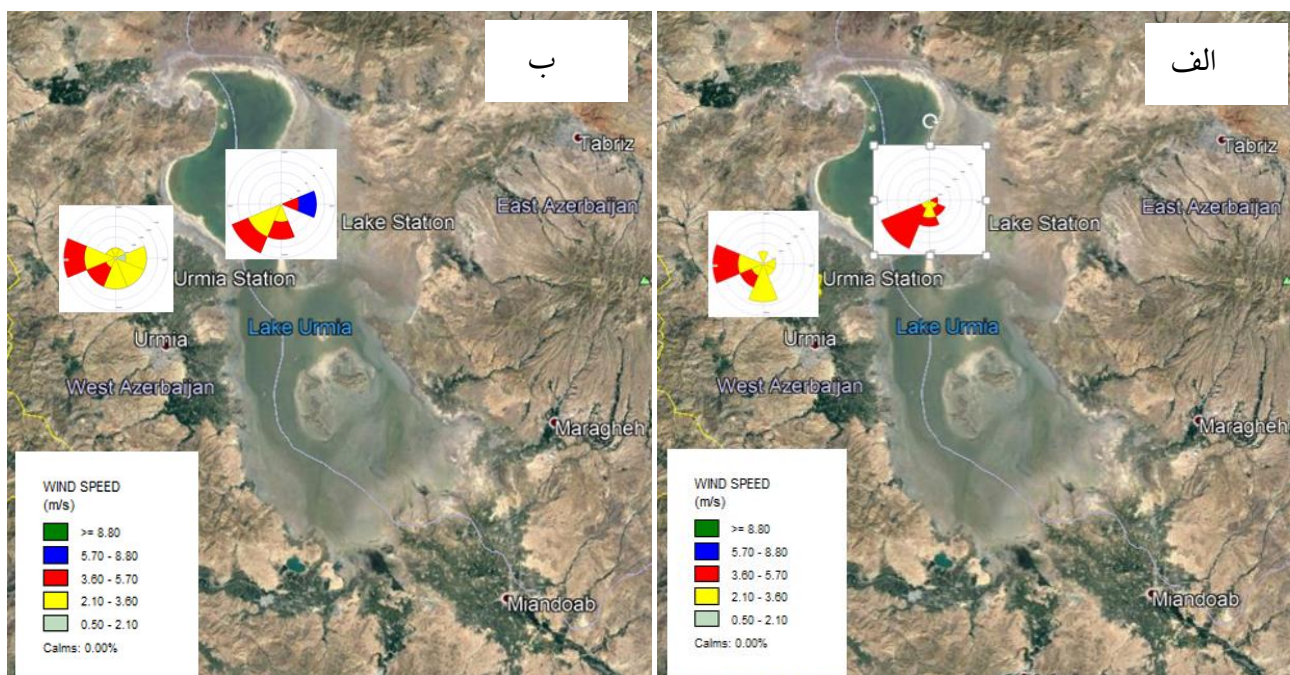
با توجه به تغییرات تراز دریاچه در سال‌های اخیر، ماه‌های سپتامبر و اکتبر به عنوان نماینده ماه‌های کم‌آبی دریاچه و ۱۵ آوریل تا ۱۵ ژوئن به عنوان روزهای پرآبی دریاچه در نظر گرفته شد.

در گلباد ایستگاه پل میانگذر دریاچه و ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه در دو حالت پرآبی و کم آبی دریاچه را نشان می دهد. با توجه به این شکل ها می توان گفت که جهت باد در دریاچه، در حالت خشک و تر در حالت کلی ثابت باقی می ماند ولی در حالت خشک دریاچه که همزمان با بالا بودن میانگین دمای اتفاق می افتد، تعداد رخداد سرعت بادهای بالاتر از ۵ متر بر ثانیه افزایش پیدا می کند که جهت این بادهای از سمت شرق به غرب می باشد. افزایش سرعت باد و دما همزمان با کاهش تراز دریاچه می تواند روند خشکی را بیش از پیش تسریع نماید. هم چنین در ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه در ماه هایی که دریاچه پر آب است، جهت باد تغییر نکرده و در جهت باد غالب است ولی هنگامی که دریاچه خشک می شود رخداد بادهای جنوب به شمال بیش تر می شود.



شکل ۲۱- الف و ب- به ترتیب گلباد ایستگاه پل میانگذر دریاچه ارومیه در ماه های پر آب (۱۵ آوریل تا ۱۵ ژوئن) و کم آب (سپتامبر و اکتبر)، ج و د- به ترتیب گلباد ایستگاه سینوپتیک دشت ارومیه در ماه های پر آب (۱۵ آوریل تا ۱۵ ژوئن) و کم آب (سپتامبر و اکتبر)

شکل ۲۲ نقشه حوضه دریاچه ارومیه و گلباد دو ایستگاه مورد مطالعه را در دو حالت پراچی و کم آبی دریاچه را نشان می دهد.



شکل ۲۲- الف- گلباد ایستگاه پل میانگدر دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه های پراچ ب- گلباد ایستگاه پل میانگدر دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه های کم آب

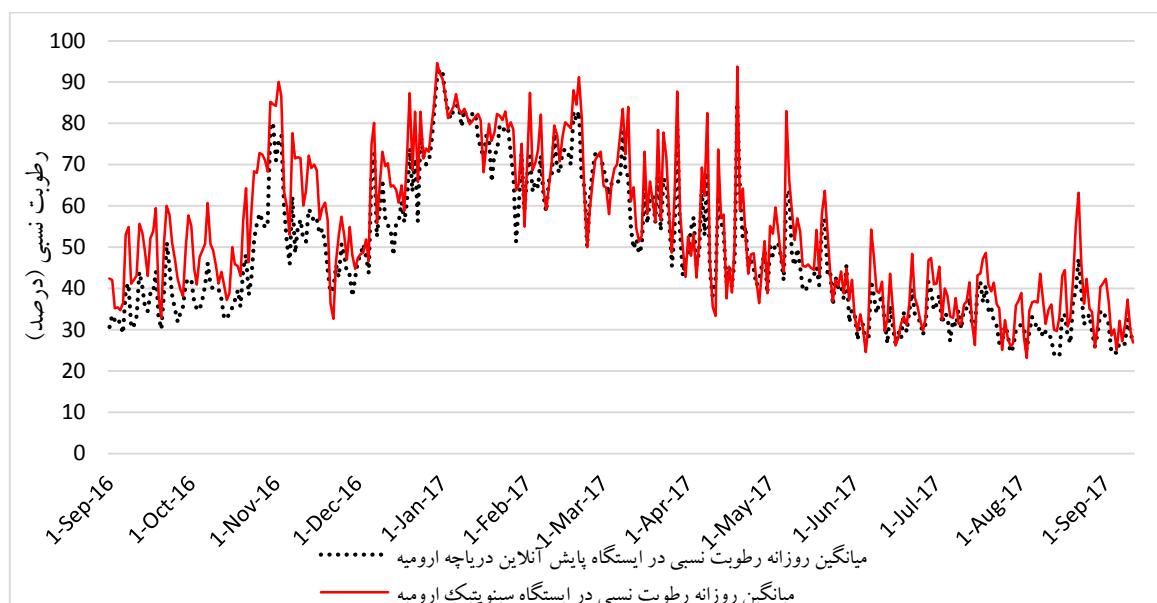
۴-۱-۶- مقایسه رطوبت نسبی

رطوبت نسبی در ایستگاه سینوپتیک ارومیه با ایستگاه واقع در دریاچه ارومیه باهم مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل ۲۳ نشان داده شده است. طبق تعریف، رطوبت نسبی به نسبت رطوبت مطلق در دمای t به رطوبت اشباع در همان دما تعریف می شود (Perry, 2007). به عبارت دیگر نسبت بخار آب موجود در حجم معینی از هوا در دمای t به حداکثر بخار آبی که می تواند در همین حجم در دمای t داشته باشد را رطوبت نسبی می گویند. رابطه (۱) نحوه محاسبه درصد رطوبت نسبی را نشان می دهد. در این معادله، P_w فشار بخار آب در دمای محیط و $P_{ws}(t)$ فشار بخار اشباع در همان دما می باشد.

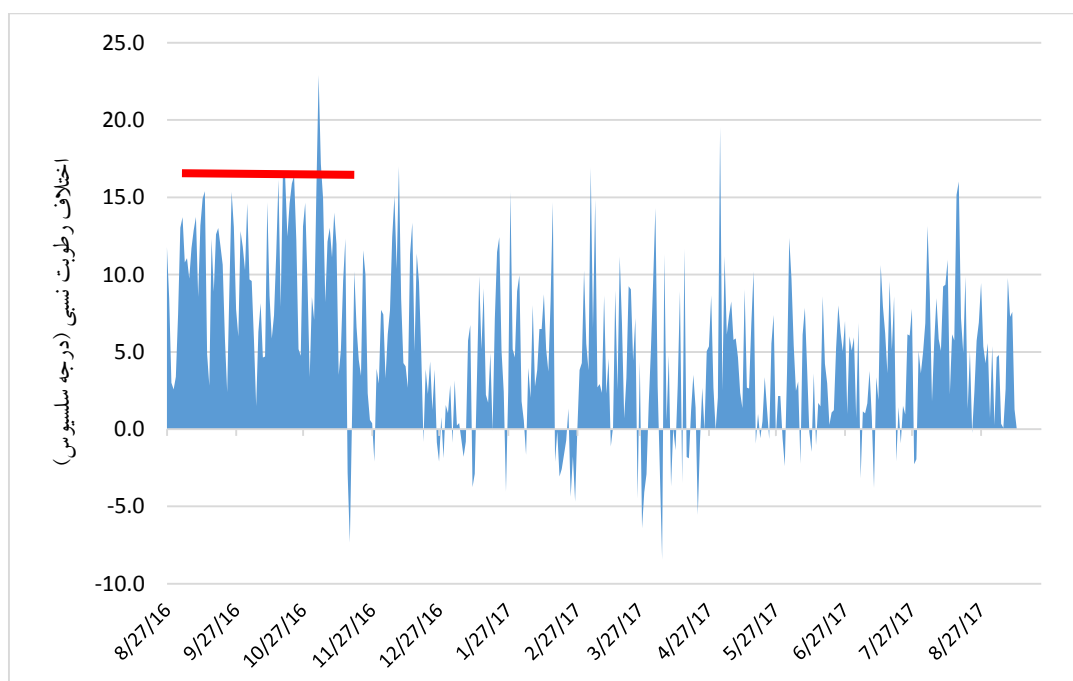
$$RH \% = 100 \times \frac{P_w}{P_{ws}(t)} \quad (1)$$

با توجه به شکل ۲۳ مشاهده می شود که رطوبت نسبی ایستگاه سینوپتیک ارومیه در طول سال بالاتر از دریاچه می باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق این اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین رطوبت نسبی دو ایستگاه ۷/۶ درصد محاسبه گردید که نشانگر بالاتر بودن رطوبت نسبی ایستگاه سینوپتیک ارومیه

در حدود ۸ درصد از ایستگاه دریاچه ارومیه می باشد. شاخص RMSE تقسیم بر میانگین مقادیر مشاهداتی (درصد خطا) برای رطوبت نسبی ۱۵ درصد به دست آمد.



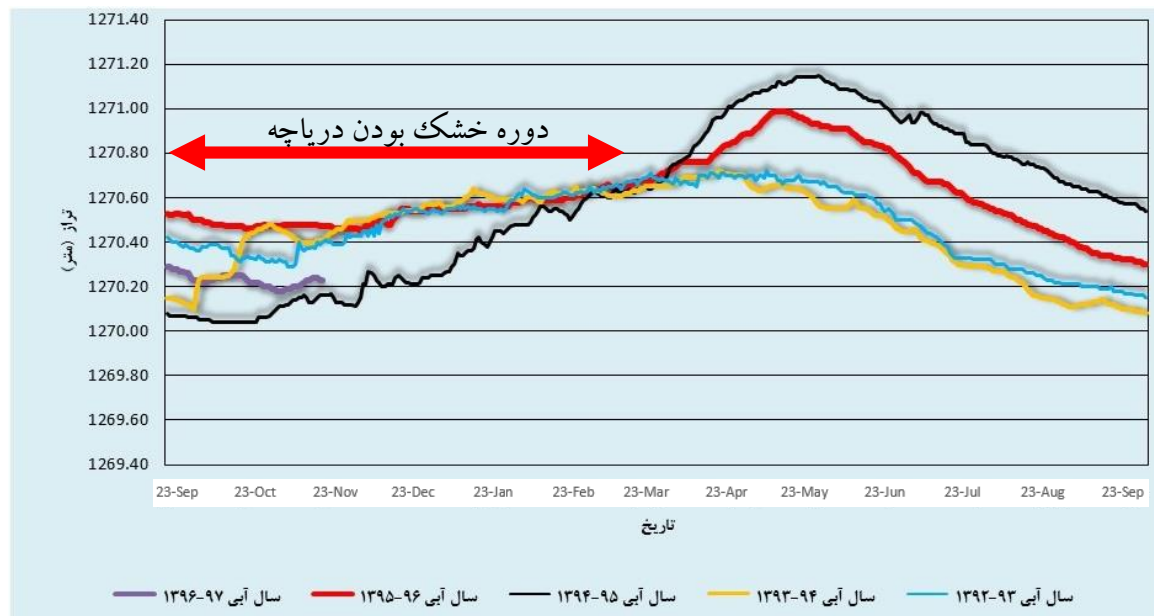
شکل ۲۳- مقایسه رطوبت نسبی ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه از سپتامبر ۲۰۱۶ تا سپتامبر ۲۰۱۷



شکل ۲۴- اختلاف رطوبت نسبی دریاچه و دشت ارومیه (دریاچه-دشت)

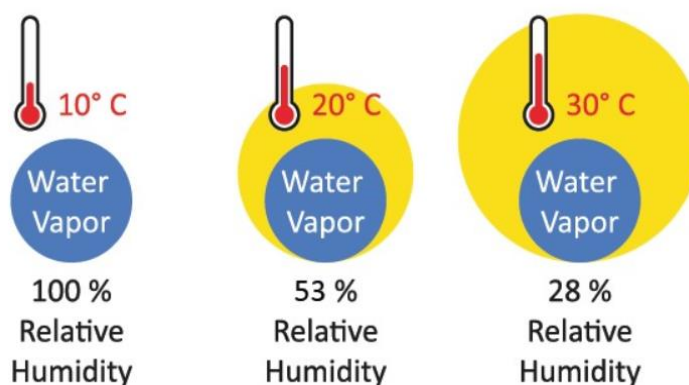
شکل ۲۴ اختلاف رطوبت نسبی در دریاچه و دشت ارومیه را نشان می دهد. با توجه به این شکل مشاهده می گردد که اختلاف در ماه های آگوست تا نوامبر بیشتر از ماه های دیگر می باشد. با توجه به سری زمانی تغییرات سطح تراز دریاچه ارومیه در سال آبی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ که مطابق با زمان مورد مطالعه در این تحقیق

می باشد، بیشترین اختلاف در رطوبت نسبی دشت و دریاچه در زمان کم آبی دریاچه رخ می دهد که دلیل آن بیشتر بودن دما در دریاچه نسبت به دشت ارومیه و هم چنین بیشتر شدن این اختلاف در ماه های آگوست تا نوامبر می باشد که در بخش مقایسه دما به آن اشاره شده است.



شکل ۲۵- تغییرات تراز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ (<http://ulrp.sharif.ir>)

با توجه اینکه دما در دریاچه نسبت به ایستگاه سینوپتیک ارومیه بیشتر می باشد و همچنین رطوبت نسبی و دما باهم رابطه دارند؛ به صورتی که با افزایش دما، رطوبت نسبی کاهش می یابد، شاید بتوان کمتر بودن رطوبت نسبی ایستگاه دریاچه را به بیش تر بودن دمای آن نسبت به ایستگاه سینوپتیک ارومیه نسبت داد. با افزایش دما ظرفیت هوا برای جذب بخار آب بیشتر می شود و اگر در محل بخار آبی وجود نداشته باشد تا فضای بیشتر شده را پوشش دهد، تعداد مولکول های بخار هوا در حجم مشخص کمتر شده و در نتیجه رطوبت نسبی کاهش می یابد شکل ۲۶ این پدیده را به خوبی نشان می دهد.



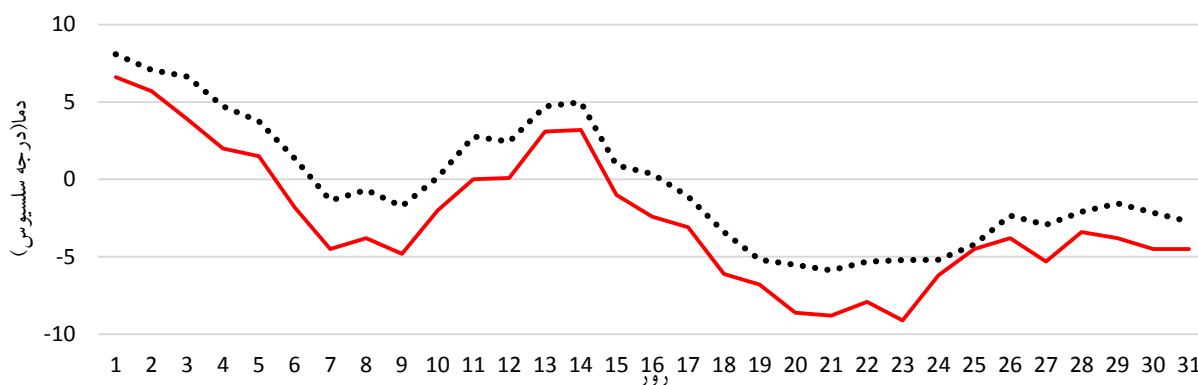
شکل ۲۶- تغییر رطوبت نسبی با دما

۴-۲- مقایسه پارامترهای دما و سرعت باد دو ایستگاه در ماه گرم و سرد

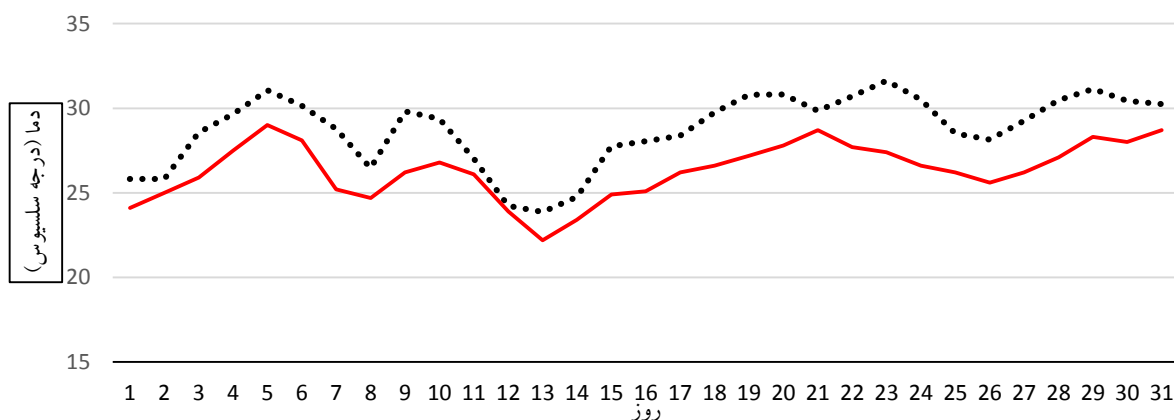
در این بخش داده‌های روزانه دو پارامتر دما و سرعت باد برای دو ماه دسامبر سال ۲۰۱۶ و جولای ۲۰۱۷ میلادی باهم مقایسه گردیده تا میزان اختلاف پارامترهای دو ایستگاه در ماه گرم و سرد مشخص گردد.

۴-۲-۱- مقایسه دما

دمای روزانه دو ایستگاه در ماه‌های دسامبر و جولای باهم مقایسه گردید. سری زمانی اختلاف دمای این دو ماه باهم در شکل ۲۷ و شکل ۲۸ نمایش داده شده است. با توجه به این دو شکل مشاهده می‌شود که دمای ایستگاه دریاچه در هر دو ماه گرم و سرد بالاتر از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق اختلاف، "مقدار RMSE" بین دمای دو ایستگاه برای ماه گرم ۲/۶ و برای ماه سرد ۲/۴ درجه سلسیوس محاسبه گردید که نشان‌دهنده افزایش جزئی اختلاف دمای دشت و دریاچه ارومیه در ماه گرم و سرد می‌باشد. در تحلیل این تفاوت جزئی نیز می‌توان به اثر پوشش گیاهی متراکم دشت ارومیه بر تعدیل دما، به‌ویژه در ماه‌های گرم سال اشاره نمود.



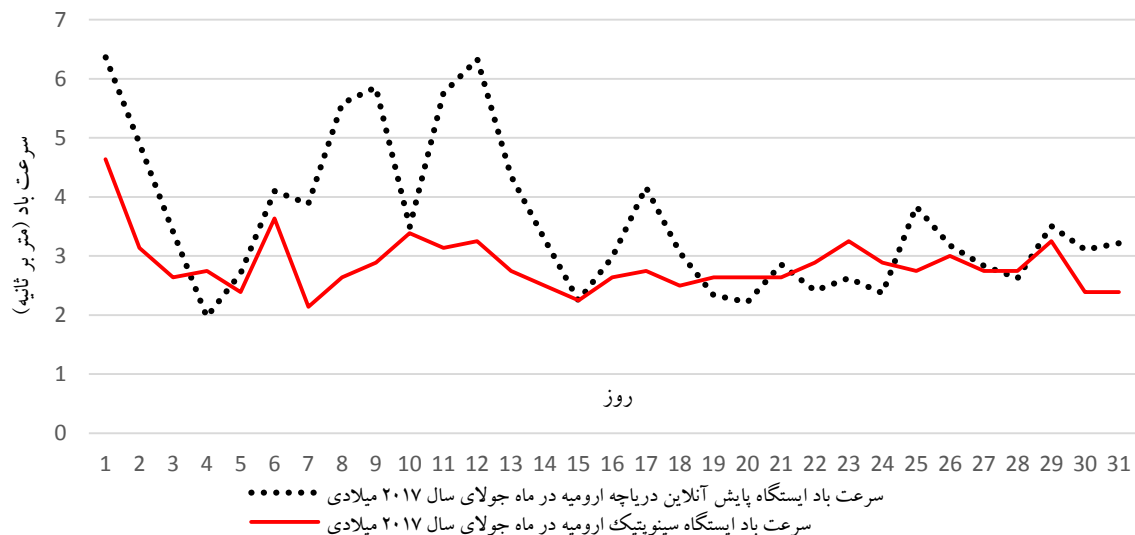
شکل ۲۷-مقایسه دمای ایستگاه پایش آنلاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه دسامبر ۲۰۱۶ میلادی



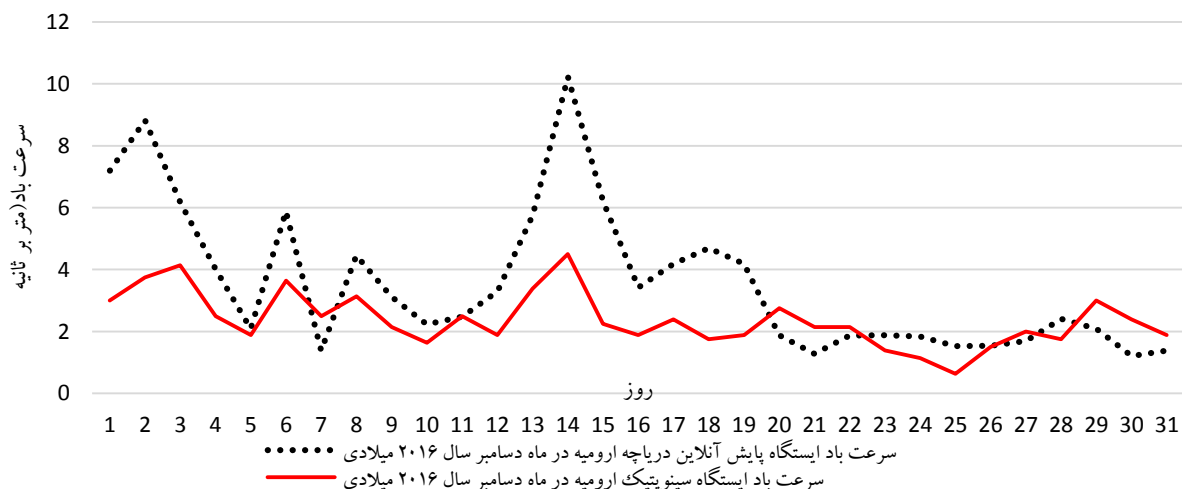
شکل ۲۸-مقایسه دمای ایستگاه پایش آنلاین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه جولای ۲۰۱۷ میلادی

۴-۲-۲- مقایسه سرعت باد

سرعت باد روزانه این دو ایستگاه در ماه‌های دسامبر و جولای با هم ارائه مقایسه گردید که سری زمانی این تغییرات در شکل ۲۹ شکل ۳۰ نمایش داده شده است. با توجه به این دو شکل مشاهده می‌شود که سرعت باد ایستگاه دریاچه در هر دو ماه گرم و سرد در اکثر روزها بالاتر از ایستگاه سینوپتیک ارومیه می‌باشد. به‌منظور پی بردن به میزان دقیق این اختلاف، "مقدار RMSE" سرعت باد بین این دو ایستگاه برای ماه گرم ۱/۳ و برای ماه سرد ۲/۱ متر بر ثانیه محاسبه گردید، که نشان‌دهنده بیشتر بودن اختلاف سرعت باد به اندازه ۰/۸ متر بر ثانیه در ماه سرد می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌گردد دامنه تغییرات سرعت باد در دشت ارومیه بسیار کمتر از دامنه تغییرات سرعت باد در دریاچه ارومیه می‌باشد که نشانگر محیط پویای دریاچه می‌باشد که این دامنه تغییرات در ماه سرد در دریاچه نسبت به ماه گرم بیشتر می‌شود که نیازمند مطالعه دقیق و عمیق تر موضوع می‌باشد.



شکل ۲۹- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه جولای ۲۰۱۷ میلادی



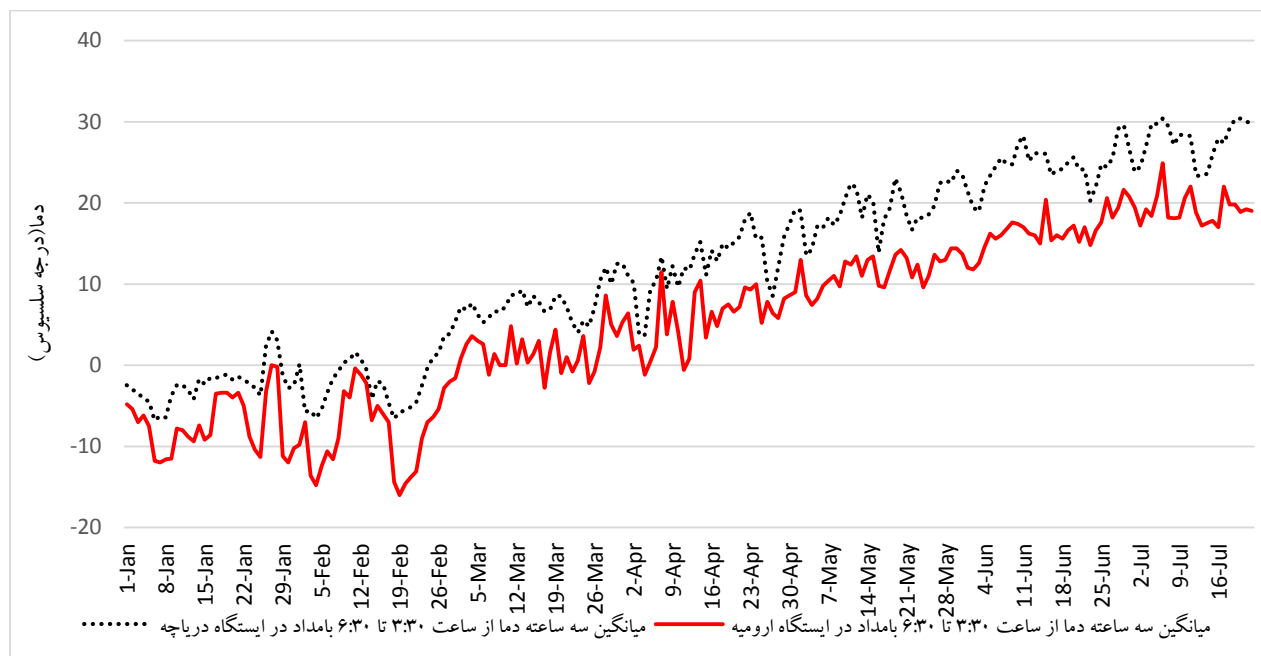
شکل ۳۰- مقایسه سرعت باد ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در ماه دسامبر ۲۰۱۶ میلادی

۴-۲-۳- مقایسه پارامترهای دما و سرعت باد دو ایستگاه در شب و روز

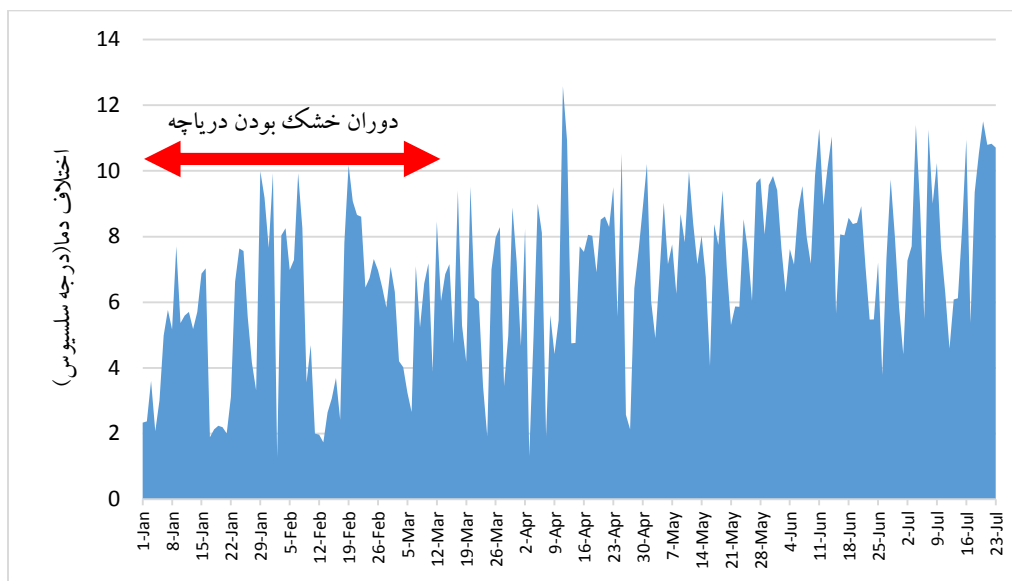
برای مقایسه دما و سرعت باد در شب و روز بین ایستگاه سینوپتیک ارومیه و ایستگاه پایش آنالین دریاچه، دو بازه سه ساعته به عنوان نماینده شب و روز انتخاب گردید. با توجه به داده‌های موجود ساعت ۳ تا ۶:۳۰ بامداد به عنوان نماینده شب که بازه سرد روز می‌باشد، و بازه ۹ تا ۱۲:۳۰ به عنوان نماینده روز انتخاب گردید. داده‌های ایستگاه پایش آنالین در بازه زمانی ده دقیقه‌ای ذخیره می‌شود. در برخی روزها، برای تعدادی از این بازه‌های ده دقیقه‌ای، داده‌ای ثبت نشده است که برای محاسبه میانگین باید این بازه‌ها مشخص و اصلاح می‌گردید. به دلیل زمان گیر بودن اصلاح داده‌ها، بازه هفت ماهه‌ای از ژانویه تا جولای ۲۰۱۷ میلادی برای بازه تحقیق انتخاب گردید. نتایج به دست آمده از مقایسه پارامترهای دما و سرعت باد به ترتیب در ادامه ارائه گردیده‌اند.

۴-۲-۴- مقایسه دما

دمای دو ایستگاه در دو بازه ۳ تا ۶:۳۰ بامداد و بازه ۹ تا ۱۲:۳۰ روز باهم مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل‌های ۳۱ و ۳۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳۱ مشاهده می‌شود که دمای هوای ایستگاه دریاچه در بازه شب از ایستگاه سینوپتیک ارومیه بالاتر می‌باشد. از شکل ۳۳ هم استنباط می‌شود که دمای شب‌های دریاچه و دشت ارومیه در ماه‌های ژانویه و فوریه نسبت به دمای شب‌ها در ماه‌های دیگر به هم نزدیک‌ترند.

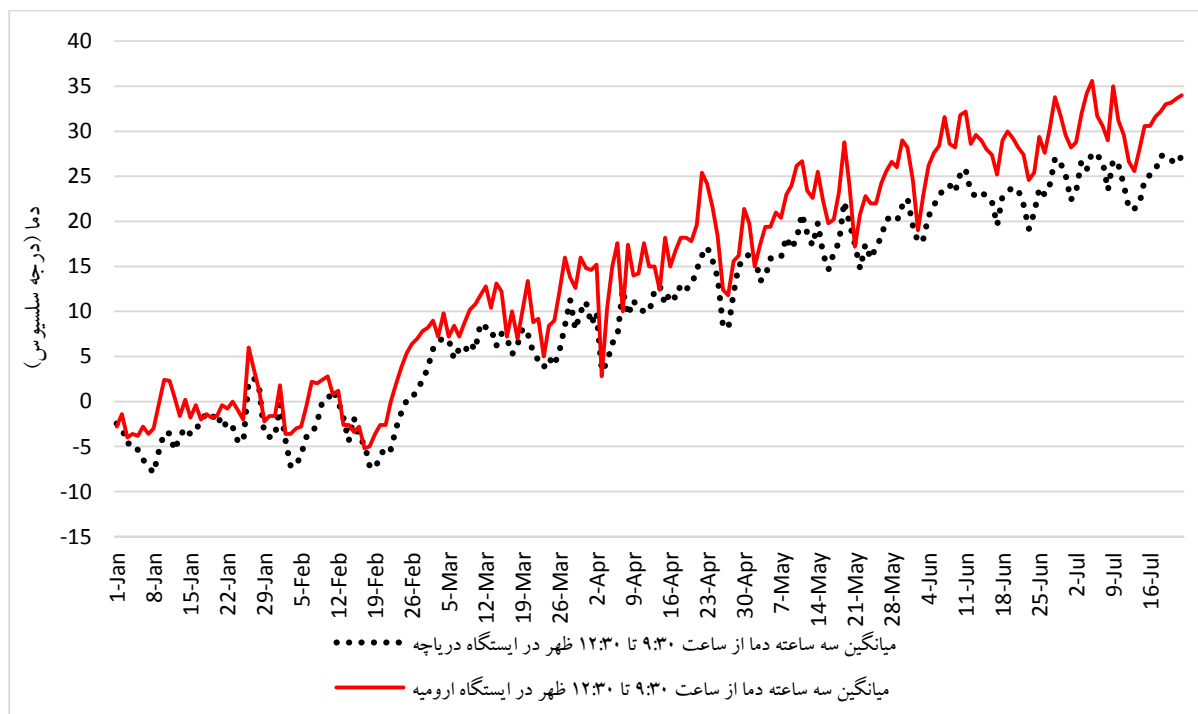


شکل ۳۱- مقایسه دمای لحظه‌ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در شب‌های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی

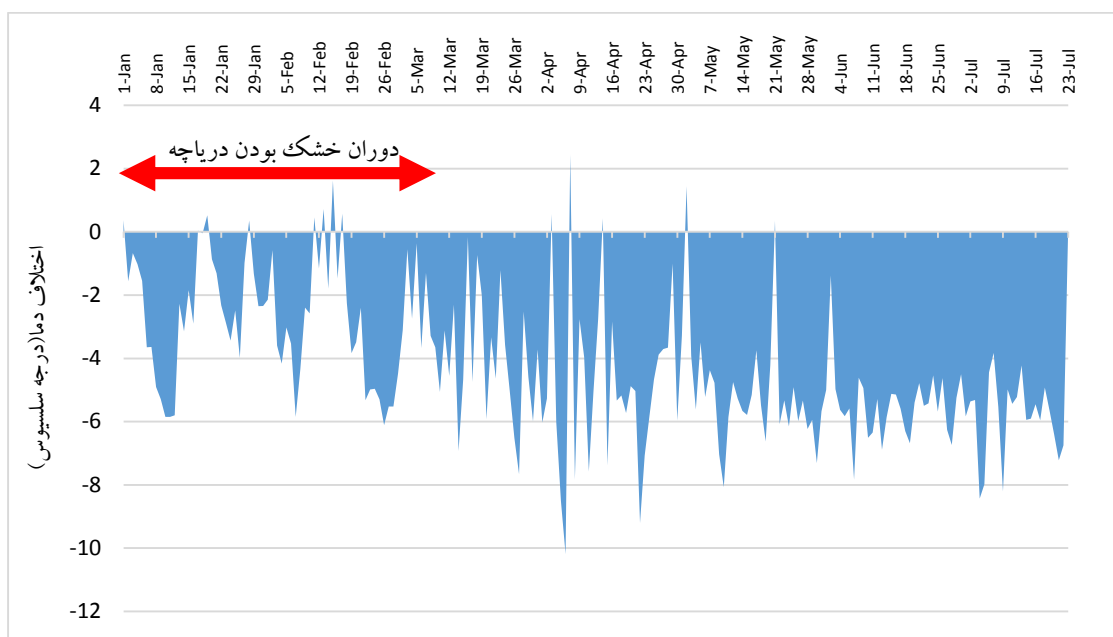


شکل ۳۲- اختلاف دمای دریاچه و دشت ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی

هم چنین با توجه به شکل ۳۳ مشاهده می شود که دمای دشت در بازه روز بالاتر از دریاچه می باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق اختلاف، خطای جذر میانگین مربعات "مقدار RMSE" بین دمای دو ایستگاه برای بازه شب ۷/۲ و برای بازه روز ۵/۴ درجه سلسیوس محاسبه گردید. با توجه به شکل ۳۴ نیز می توان گفت که دمای روزهای دریاچه و دشت ارومیه در ماه های ژانویه و فوریه نسبت به دمای روزهای ماه های دیگر به هم نزدیک ترند.



شکل ۳۳- مقایسه دمای لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در روز های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی



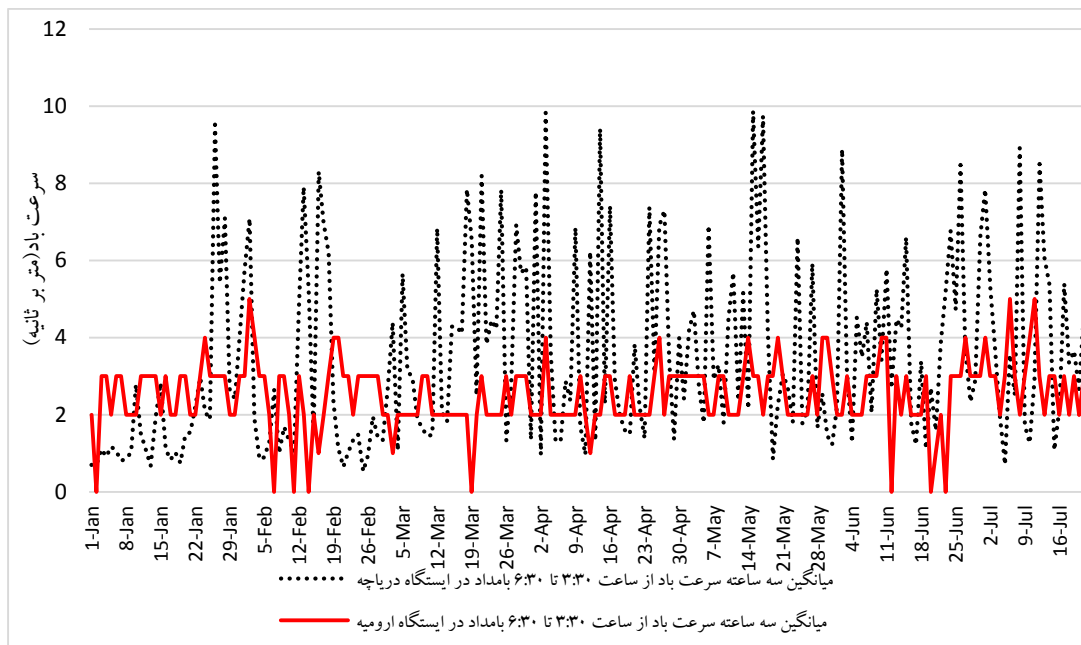
شکل ۳۴- اختلاف دمای دریاچه و دشت ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی

دلیل اصلی اختلاف دمای بین دریاچه و دشت را پدیده Land_Sea Breeze (که در ابتدای گزارش توضیح داده شده است) دانست که تفاوت در مقاومت حرارتی (Thermal inertia) آب و خشکی باعث ایجاد آن می شود؛ به صورتی که در طول روز زمین زودتر گرم شده و گرم تر از آب می شود و در شب زودتر گرمای خود را از دست داده و سردتر از دریاچه می گردد. برای آب دریاچه هم برعکس خشکی اتفاق می افتد، به صورتی که آب دیرتر گرم شده و دیرتر گرمای خود را از دست می دهد. هم چنین یکی از دلایل کم تر شدن اختلاف دماهای شب و روز در دریاچه و دشت ارومیه در دوران کم آبی دریاچه، می تواند کمتر شدن اثر آب دریاچه بر میکرو اقلیم منطقه باشد که با کاهش آب دریاچه، اقلیم دو منطقه به همدیگر نزدیک می شوند.

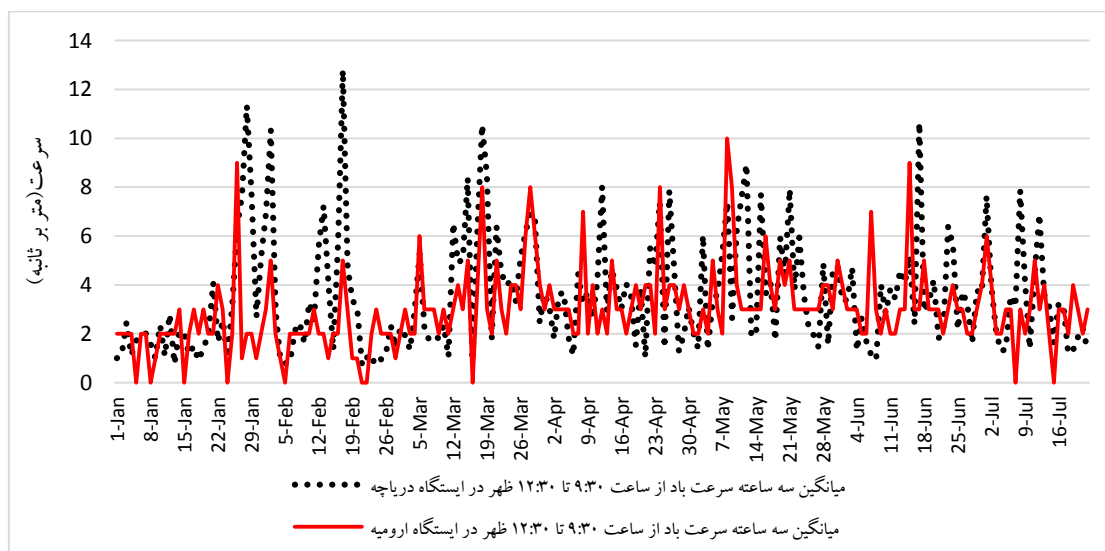
۴-۲-۵- مقایسه سرعت باد

سرعت باد دو ایستگاه در دو بازه زمانی ۳ تا ۶:۳۰ بامداد و بازه ۹ تا ۱۲:۳۰ روز باهم مقایسه گردید که سری زمانی آن در شکل های ۳۵ و ۳۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳۵ مشاهده می شود که سرعت باد شب ها در دریاچه بالاتر از دشت می باشد. هم چنین با توجه به شکل ۳۶ مشاهده می شود که سرعت باد روزها در دریاچه و دشت به هم نزدیک می شوند، ولی باز سرعت باد در دریاچه بالاتر از دشت می باشد. به منظور پی بردن به میزان دقیق اختلاف، "مقدار RMSE" بین سرعت باد دو ایستگاه برای بازه شب ۲/۷ و برای بازه روز ۲/۳ متر بر ثانیه محاسبه گردید.

با توجه به شکل ۳۵ مشاهده می شود که سری زمانی ایستگاه سینوپتیک ارومیه در بازه شب به صورت پله ای تغییر می کند که نشان دهنده جو پایدار دشت ارومیه در شب ها می باشد. ولی در ایستگاه دریاچه ارومیه هم در شب و هم در روز جو پایدار حاکم نمی باشد که به دلیل وجود آب و تراکنش مداوم بین آب و خشکی می باشد.



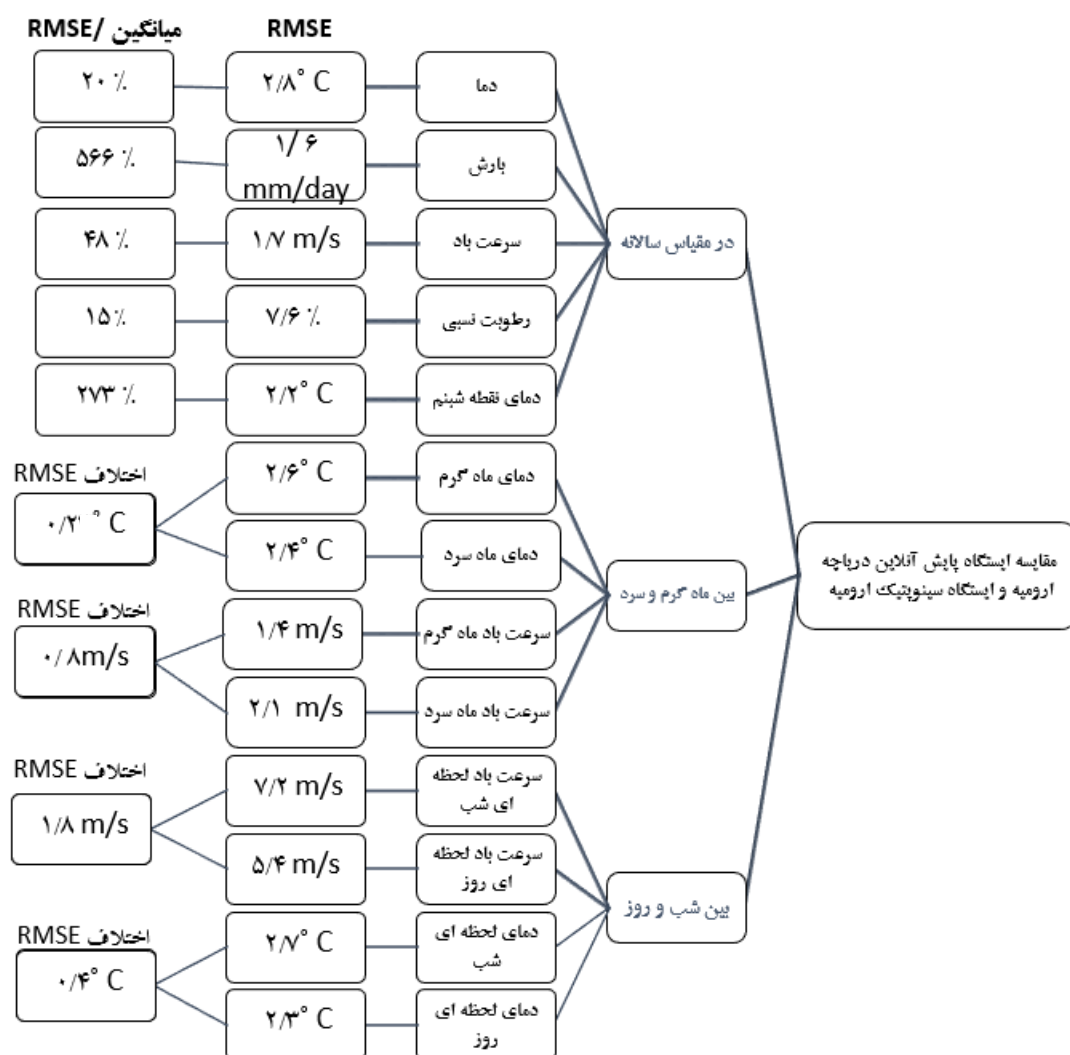
شکل ۳۵- مقایسه سرعت باد لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در شب های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی



شکل ۳۶- مقایسه سرعت باد لحظه ای ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه و ایستگاه سینوپتیک ارومیه در روز های ژانویه تا جولای سال ۲۰۱۷ میلادی

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

مقایسه در سه بازه زمانی مختلف سالانه، ماه گرم و سرد و شب و روز انجام گرفت که در تمامی مقیاس های زمانی و در همه پارامترها بین دو ایستگاه تفاوت های معنی دار مشاهده گردید. این تفاوت ها نشان دهنده تفاوت در میکرو اقلیم دو ایستگاه می باشد. با اینکه این دو ایستگاه در فاصله کم ۳۰ کیلومتری از همدیگر قرار دارند، ولی به دلیل وجود آب در دریاچه، وجود پوشش گیاهی متراکم در دشت ارومیه و هم چنین توپوگرافی متفاوت دو ایستگاه، باعث تغییر میکرو اقلیم بین دو ایستگاه می شود که لازم است برای استفاده از داده های ایستگاه سینوپتیک ارومیه برای مطالعه در حوضه آبریز دریاچه تصحیحات لازم انجام شود تا از خطای احتمالی مطالعه کاسته شود. فلوچارت زیر به طور کلی تفاوت در پارامترهای مطالعه شده در بازه های زمانی مختلف را بر اساس خطای جذر میانگین مربعات "RMSE" و شاخص RMSE تقسیم بر میانگین مقادیر مشاهداتی (درصد خطا) را نشان می دهد.



شکل ۳۷ - فلوچارت مقایسه پارامترهای هواشناسی ایستگاه پایش آنالین دریاچه ارومیه با ایستگاه سینوپتیک ارومیه

با در نظر گرفتن تحلیل حساسیت های انجام شده در تاثیر پارامترهای مختلف بر روی تبخیر از سطح دریاچه ارومیه مشخص گردید که در استفاده از داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک ارومیه برای محاسبه تبخیر از سطح دریاچه، بیش از ۱۰۰ میلی متر در سال خطا وارد محاسبات می شود. پارامتر دمای هوا بیش ترین تاثیر را در بین پارامترهای دیگر می پذیرد که این تاثیر در حدود ۸۰ میلی متر در سال می باشد.

۶- پیشنهادات برای تحلیل های بیشتر

- ۱- تحلیل تفاوت پارامترهای هواشناسی بین دو ایستگاه در فصل های زراعی و غیر زراعی و فصل های پر آب و کم آب دریاچه
- ۲- رابطه سرعت باد ایستگاه میانگذر دریاچه ارومیه با غبار
- ۳- رابطه سرعت باد ایستگاه میانگذر دریاچه ارومیه با ایستگاه های مجاور

۷- مراجع

- ستاد احیای دریاچه ارومیه. (۱۳۹۴)، گزارش ضرورت احیای دریاچه ارومیه، علل خشکی و تهدیدات
- ستاد احیای دریاچه ارومیه. (۱۳۹۶)، گزارش تحلیل آخرین وضعیت دریاچه ارومیه از دیدگاه کارشناسان
- کیانی، م.، ابوالفتحی، د. (۱۳۹۴). الگوهای حرکتی جریان بادهای غالب و پیامدهای محیط زیستی آنها در ارتباط با استقرار ساختمان ها و معابر شهری: مطالعه موردی شهر نهاوند در غرب ایران. انسان و محیط زیست، ۱۳ (شماره ۱ (۳۲-۳۳))، ۴۷-۵۶.
- مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف (RSRC). (۱۳۹۶)، برآورد تبخیر سطحی از دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای و داده های میدانی.
- مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف (RSRC). (۱۳۹۶)، تخمین میانگین ماهانه سطح دریاچه ارومیه در فاصله سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ با استفاده از تصاویر MODIS. ۲۳.
- ناظری تهرودی، م.، خان محمدی، ن.، خلیلی، ک. (۱۳۹۲). مقایسه تبدیل های نرمال ساز جهت نرمال کردن داده های بارندگی سالانه ایستگاه های سینوپتیک ایران، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست و انجمن حمایت از طبیعت ایران.
- <http://www.chaharmahalmet.ir/iranarchive.asp>
- <http://ulrp.sharif.ir/fa/page/ارومیه-دریاچه> -روزانه-تراز-روزانه
- Lakshmi Kumar, T. V., Koteswara Rao, K., Barbosa, H., & Prabha Jothi, E. (2013). Studies on spatial pattern of NDVI over India and its relationship with rainfall, air temperature, soil moisture adequacy and ENSO. Geofizika, 30(1), 1-18

- Pelletier, J. D., & Turcotte, D. L. (1997). Long-range persistence in climatological and hydrological time series: analysis, modeling and application to drought hazard assessment. *Journal of Hydrology*, 203(1-4), 198-208.
- Perry, J. H. (2007). *Chemical engineers' handbook* (7th Edition).
- Rotunno, R. (1983). On the linear theory of the land and sea breeze. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 40(8), 1999-2009.
- Sima, S., & Tajrishy, M. (2013). Using satellite data to extract volume–area–elevation relationships for Urmia Lake, Iran. *Journal of Great Lakes Research*, 39(1), 90-99.
- Van Belleghem, M., De Paepe, M., Steeman, M., De Backer, L., Janssens, A. (2013). Detailed heat, air and moisture transport modelling in cavity walls. In *2nd Central European Symposium on Building Physics* (pp. 401-408). Vienna University of Technology. Faculty of Architecture and Regional Planning.
- Zhu, M. and Atkinson, B. W. (2004), Observed and modelled climatology of the land–sea breeze circulation over the Persian Gulf. *Int. J. Climatol.*, 24: 883–905. doi:10.1002/joc.10



Urmia Lake Restoration Program



Sharif University of Technology
Remote Sensing Research Center

Comparison of Meteorological Data of Urmia Lake Online Station with Urmia Synoptic Station

Technical Manager

Mostafa Javadian

Author

Mohammad Abdoli

Document ID

RN-96-16

December 2017