

## مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره ششم، شماره بیستم و سوم، بهار ۱۳۹۵

تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۱۲/۰۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۸

صص ۳۴-۴۹

### بررسی اثر تغییر پوشش سطحی بر تغییرات رژیم دما، بارش و رطوبت

### در بخش‌های شرقی و غربی دریاچه ارومیه

رشید سعیدآبادی\*، استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی - دانشگاه ارومیه

#### چکیده

از عوامل کنترل‌کننده‌ی فراسنج‌های جوی، پوشش سطحی است که تغییر در این پوشش سبب تغییراتی در ماهیت اقلیمی یک منطقه ایجاد می‌نماید. از مصداق‌های تغییر در پوشش سطحی در ایران، تغییر سطح آب دریاچه‌ی ارومیه و خشک شدن بخش‌های وسیعی از آن است. هدف از این مطالعه، آشکارسازی اثرات خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه در فراسنج‌های جوی دما، بارش و رطوبت نسبی در شمال غربی کشور با استفاده از مدل TAPM است. بدین منظور در این مطالعه دو طرح‌واره مطرح گردید که اولی به شبیه‌سازی وضعیت اقلیمی منطقه با توجه به وجود دریاچه و دومی به شبیه‌سازی وضعیت اقلیمی منطقه با توجه به عدم وجود دریاچه می‌پردازد. مدل برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ اجرا گردید و نتایج نشان می‌دهد که بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه، میزان بارش (میانگین ۲۵ درصد) و رطوبت نسبی (میانگین ۸ درصد) در منطقه کاهش پیدا می‌کند که این کاهش برای بارش در فصل زمستان و برای رطوبت در فصل تابستان بیش از دیگر فصول است. متوسط دما در دوره‌ی سرد سال ۱/۱ درجه کاهش و در دوره‌ی گرم سال ۰/۶ درجه افزایش می‌یابد. همچنین بر اثر حذف دریاچه از منطقه، دمای کمینه در دوره‌ی سرد سال به میزان ۱/۸ درجه سانتی‌گراد کاهش و در دوره‌ی گرم سال به میزان ۰/۱ درجه افزایش می‌یابد. دمای بیشینه نیز در دوره‌ی سرد سال ۰/۵ درجه کاهش و در دوره‌ی گرم سال تا ۱/۳ درجه افزایش پیدا خواهد کرد. لازم به توضیح است که ماهیت اقلیمی مناطق غربی و شرقی دریاچه به یک میزان از خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه متأثر می‌شوند.

**واژگان کلیدی:** دریاچه‌ی ارومیه، فراسنج‌های جوی، شبیه‌سازی عددی، TAPM، شمال غرب ایران.

\* Email: Rashidaseidabadi@gmail.com

نویسنده‌ی مسئول:

## ۱- مقدمه

دریاچه‌ی ارومیه یکی از مهم‌ترین پهنه‌های آبی در ایران و یکی از دریاچه‌های فوق‌اشباع از نمک در دنیا محسوب می‌شود. این دریاچه، دارای نقش مهمی در وضعیت اقلیمی، زیست‌محیطی و اقتصادی در شمال‌غرب کشور است (جلیلی و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۹۹۲) که در سال‌های اخیر سطح آب این دریاچه به‌میزان قابل توجهی کاهش یافته و بخش‌های وسیعی از بستر نمکی دریاچه نمایان شده است به‌طوری‌که حدود ۶۰ درصد از مساحت خود را از دست داده و از ۵۴۰۰ کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۴ به حدود ۱۸۰۰ کیلومتر مربع در سال ۱۳۹۱ رسیده است. تخمین زده می‌شود که بستر این دریاچه دارای حدود ۸ بیلیون تن نمک باشد (توریان و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۵۲) که در صورت وجود چنین شرایطی و تداوم روند خشک شدن آب دریاچه، انتشار نمک توسط جریان باد در نواحی پیرامونی دریاچه می‌تواند منجر به بروز فجایع اکولوژیکی، کشاورزی و اجتماعی نه تنها در شمال‌غرب ایران بلکه در کشورهای همسایه مانند ترکیه، عراق و آذربایجان گردد (پنگرا، ۲۰۱۲: ۳). با تغییرات بارش در اثر تغییرات اقلیمی، فرایندهای هیدرولوژیکی دچار دگرگونی خواهد شد و در یک رابطه‌ی علت و معلولی با تغییر در فرایندهای هیدرولوژیکی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم دیگر فراسنج‌های هواشناختی دچار دگرگونی می‌شود (نامدار و براوو، ۲۰۰۹: ۴۰۸). طی دهه‌های گذشته تغییرات اقلیمی سبب ایجاد تغییراتی در پوشش سطحی بخش‌های محدودی از سطح کره‌ی زمین شده است (رضازاده و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۰۴). با تغییرات پوشش سطحی، اقلیم و خرد اقلیم یک منطقه دچار دگرگونی خواهد شد و از جمله بارزترین مصداق‌های تغییر در پوشش سطحی در ایران، تغییر سطح آب دریاچه‌ی ارومیه و خشکی بخش بزرگی از این دریاچه طی سال‌های اخیر است؛ به‌گونه‌ای که پوشش سطحی منطقه طی چند سال از پوشش آبی به پوشش خشک و نمک‌زار تبدیل شده است. کاهش سطح آب دریاچه‌ی ارومیه یکی از مهم‌ترین مشکلات محیطی در شمال‌غربی ایران محسوب می‌شود و دارای اثرات منفی در کشاورزی و صنعت و بخش گردشگری این منطقه می‌باشد (فتحیان، ۲۰۱۴: ۱).

تا کنون مطالعات بسیاری برای نشان دادن علت خشک شدن آب دریاچه‌ی ارومیه انجام شده است که به‌طور خلاصه این مطالعات نشان می‌دهند که خشک شدن آب دریاچه ارومیه می‌تواند معلول (۱) استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه برای مقاصد کشاورزی (۲) کاهش بارش و خشکسالی‌ها (۳) احداث پل میانگذر دریاچه‌ی ارومیه (۴) احداث سد و (۵) تغییرات اقلیمی باشد (کرباسی، ۲۰۱۰: ۴۲۱، گلایبان، ۲۰۱۱: ۳۷۲، زرغامی، ۲۰۱۱: ۸۷، حسن زاده و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۳۰، دلجو و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۸۷).

در ارتباط با موضوع دریاچه‌ی ارومیه و جنبه‌های متفاوت مؤثر بر خشکی، اثر خشکی در رژیم‌های اقلیمی و پیامدهای خشکی دریاچه‌ی مطالعات بسیاری انجام شده است. عمده‌ی این مطالعات به تحلیل سری‌های زمانی دما، بارش و رواناب، به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خشکی دریاچه‌ی ارومیه تغییرات این فراسنج‌ها در بستر تغییرات اقلیمی و هم‌چنین به اثرات زیانبار خشک شدن دریاچه، مطالعه‌ی تراز آب و تغییر خطوط ساحلی دریاچه‌ی ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شده است (ثانی خانی و همکاران، ۱۳۹۲، یاراحمدی، ۱۳۹۳، فرخ‌نیا و مرید، ۱۳۹۳، فتحیان و همکاران، ۱۳۹۳). اما در ارتباط با مطالعه‌ی تأثیر دریاچه‌ی ارومیه بر اقلیم منطقه‌ی شمال‌غرب کشور می‌توان به مطالعه‌ی خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد که با استفاده از مدل TAPM ۲ به شبیه‌سازی اثر تغییر در پوشش دریاچه‌ی ارومیه در رژیم دما در شهر مراغه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر در پوشش سطحی منطقه به‌طور قابل توجهی دماهای روزانه و شبانه ایستگاه مراغه تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب تغییر در رژیم‌های دما در مراغه خواهد شد. گلزاری پرتو (۱۳۹۱) با استفاده از مدل RegCM.

1- Pengra

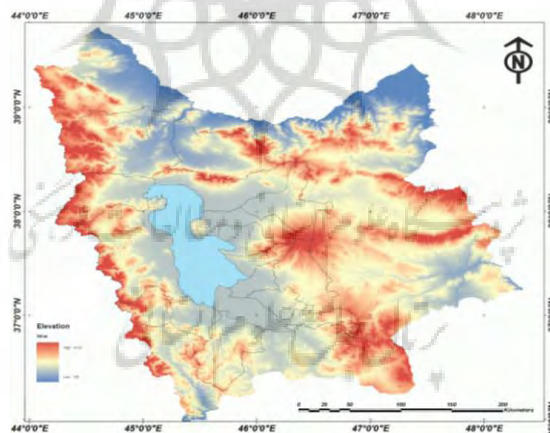
2- The Air Pollution Model

به شبیه‌سازی اثر دریاچه‌ی ارومیه در رژیم اقلیمی شمال غرب کشور پرداختند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی بیانگر آن است که با خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه یک کاهش عمومی در میزان بارش به خصوص در شمال شرق، شرق و جنوب شرق دریاچه ایجاد گردد. یافته‌ها بیانگر آن است که بالاترین تغییرات منطقه‌ای مشاهده شده مربوط به فصل زمستان و به‌ویژه فصل سرد می باشد. انتظار می‌رود با خشک شدن دریاچه بیش‌ترین کاهش بارش در شهرهای شبستر، آذرشهر در استان آذربایجان شرقی باشد.

هدف از مطالعه‌ی حاضر، شبیه‌سازی عددی نقش دریاچه‌ی ارومیه در عناصر اقلیمی نواحی مجاور این دریاچه شامل بخش‌های شرقی استان آذربایجان غربی و غربی استان آذربایجان شرقی است. بدین منظور از مدل TAPM و تحت دو طرح‌واره‌ی متفاوت بدون دریاچه و با دریاچه (در پرآب‌ترین شرایط ممکن) استفاده شده است تا در نهایت به این سؤال پاسخ داده شود که نقش دریاچه‌ی ارومیه در رژیم اقلیمی نواحی پیرامونی آن چیست؟ و آیا خشک شدن آن سبب تغییرات محسوس در فراسنج‌های اقلیمی در نواحی پیرامونی آن خواهد شد؟

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

در این مطالعه محدوده‌ای با مختصات به طول جغرافیایی ۴۴/۴ تا ۴۵/۴ درجه طول غربی و ۳۷ تا ۳۸/۵ درجه عرض شمالی را شامل می‌شود و دو ایستگاه بناب و ارومیه به نمایندگی از دو منطقه‌ی غربی و شرقی دریاچه‌ی ارومیه انتخاب گردیدند (شکل ۱). دریاچه‌ی ارومیه نیز در حد نهایی گسترش خود دارای ابعادی حدود ۱۴۰ کیلومتر طول، ۵۵ کیلومتر عرض و با بیشینه‌ی ۲۰ متر عمق گزارش شده است و کف آن ۱۲۶۸ متر از سطح دریاهای آزاد ارتفاع دارد و بزرگ‌ترین پهنه‌ی آبی در فلات ایران نیز می‌باشد. حوزه‌ی آبریز این دریاچه دارای حدود ۲۰ رودخانه‌ی دائمی و فصلی است که حدود ۳/۲۵ درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود (یاراحمدی، ۱۳۹۳: ۸۲).



شکل ۱: منطقه‌ی مورد مطالعه

## ۳- مواد و روش‌ها

در مطالعه‌ی حاضر برای شبیه‌سازی اثر دریاچه‌ی ارومیه در عناصر اقلیمی نواحی پیرامونی آن، از مدل آلودگی TAPM استفاده شده است. این مدل، یک مدل سه بعدی، تراکم ناپذیر و غیرهیدرواستاتیک است که از سیستم مختصات وابسته به عوارض زمین استفاده می‌کند (هورلی، ۲۰۰۲: ۱۲) و توسط مرکز تحقیقات جوی CSIRO در استرالیا برای پیش‌بینی

هواشناسی و پراکنش آلودگی هوا توسعه یافته است. این مدل، مبتنی بر مجموعه‌ی کاملی از معادلات حاکم بر رفتار جو و پراکنش آلاینده‌ها است و از مؤلفه‌های غلظت آلودگی و پیش‌بینی شرایط هواشناسی تشکیل شده است و قادر است رفتار آلودگی هوا در سطوح شهری و عناصر مختلف هواشناسی را در مناطق مختلف به صورت ساعتی مدل‌سازی نماید (زارعی چقابلکی، ۱۳۹۱: ۵۹). داده‌های مورد نیاز برای این مدل شامل سه گروه است که عبارتند از: ۱. داده‌های سطح زمین مثل توپوگرافی، پوشش گیاهی و آب و خاک ۲. داده‌های هواشناسی و سینوپتیکی مدل ۳. داده‌های نوع سوم که بسته به هدف تحقیق از آن استفاده می‌شود (حسین‌پور، ۱۳۹۱: ۲۳، قنبری و عزیزی، ۱۳۹۱: ۱۹). از آنجایی که در این مطالعه از مؤلفه‌ی هواشناسی مدل TAPM استفاده شده است، در ادامه به بررسی مدل هواشناسی آن پرداخته می‌شود.

مؤلفه‌ی هواشناسی مدل از یک معادله‌ی اصلی، غیرهیدرواستاتیکی و تراکم‌ناپذیر تشکیل شده که برای شبیه‌سازی سه بعدی از سیستم مختصات عوارض زمین بهره می‌برد. این مدل معادلات اندازه‌ی حرکت (تکانه) را برای مؤلفه‌های باد افقی، معادلات پیوستگی تراکم‌ناپذیر را برای سرعت‌های قائم در یک سیستم مختصات زمینی، و معادلات عددی را برای دمای پتانسیل مجازی، رطوبت ویژه‌ی بخار آب، آب ابر و آب باران حل می‌کند. تابع فشار Exner از مجموع مؤلفه‌های هیدرواستاتیکی و مؤلفه‌های غی هیدرواستاتیکی انتخابی، تعیین می‌شود و یک معادله‌ی پواسون برای مؤلفه‌ی غیرهیدرواستاتیکی حل می‌شود. فرآیندهای میکروفیزیکی ابر در نظر گرفته شده است. مشاهدات باد می‌توانند به طور انتخابی داخل معادلات اندازه‌ی حرکت تلفیق شوند. مقادیر بسته تلاطم در معادلات میانگین از یک روش پخش گرادیان<sup>۴</sup> استفاده می‌کند- که شامل مقدار Counter-gradient بری شار گرما و ضریب پخش پیچانه‌ایی<sup>۵</sup> می‌شود و از معادلات پیش‌بینی برای تعیین انرژی جنبشی تلاطم و میزان پراکنش پیچانه‌ای استفاده می‌کند. وزن تاج پوشش گیاهان، خاک و طرح کاربری اراضی شهری برای پیش‌بینی تقسیم انرژی سطح استفاده می‌شود، که شارهای تابشی، سطح زمین و سطوح بالاتر را نیز شامل می‌شود. شرایط مرزی برای شارهای تلاطم به‌وسیله‌ی متغیرهای مقیاس لایه‌ی سطحی تعیین می‌شود (لوهار و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۸۰۰).

در این مطالعه، علاوه بر مدل مذکور، به‌منظور ارزیابی توانمندی مدل در شبیه‌سازی عناصر هواشناسی، از داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های همدید ارومیه (به نمایندگی از مناطق غربی دریاچه‌ی ارومیه) و بناب (به نمایندگی از مناطق شرقی دریاچه‌ی ارومیه) در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ استفاده شده است. دلیل استفاده از سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ این است که تنها داده‌های هواشناسی این دو سال برای ایران تهیه شده است، بنابراین فرایند مدل‌سازی نیز برای این دو سال مقدور است. برای تحقق اهداف مطالعه، از دو طرح‌واره‌ی متفاوت استفاده شده است:

طرح‌واره‌ی ۱: این طرح‌واره مبتنی بر وجود دریاچه‌ی ارومیه در بیش‌ترین حد گستردگی خود است، بنابراین مدل در شرایط وجود دریاچه برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ اجرا گردید. سپس برای ارزیابی خروجی‌های مدل، نتایج هر یک از عناصر اقلیمی شبیه‌سازی شده، با داده‌های مشاهداتی مقایسه و خطای مدل محاسبه گردید.

طرح‌واره‌ی ۲: با توجه به روند خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه طی سال‌های اخیر، در این طرح‌واره شرایط منطقه، قدرت تفکیک مدل و ورودی داده‌های هواشناسی مانند طرح‌واره‌ی ۱ در نظر گرفته شده است اما پوشش آبی منطقه حذف و متناسب با نزدیک‌ترین پوشش به پوشش بیابانی در منطقه تغییر داده شد. در این راستا پوشش شماره‌ی ۱۰ مدل (شن و ماسه با بافت لوم) به‌عنوان پوشش سطحی جایگزین سطح آبی دریاچه گردید. لازم به ذکر است که پوشش نم‌ک‌زار در مدل وجود ندارد،

4- Gradient Diffusion

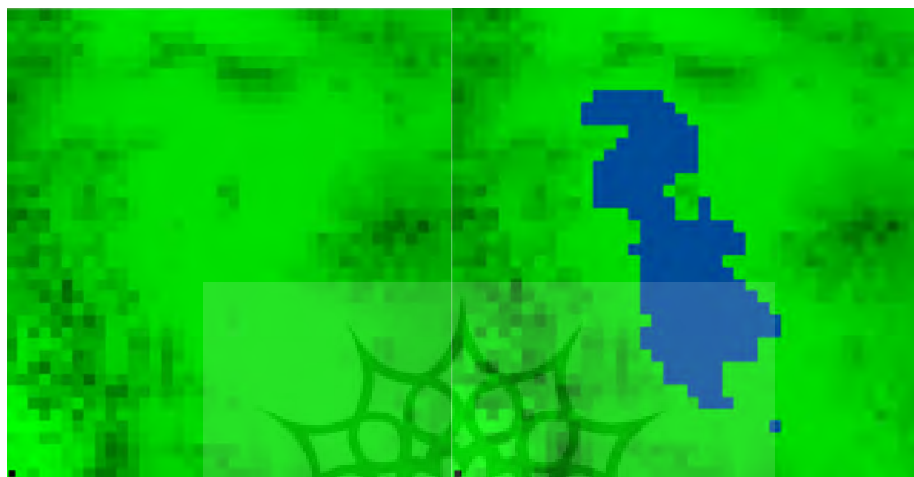
5- Eddy Diffusion

لذا از پوشش شن، ماسه با بافت لوم، به عنوان پوششی که دارای بیشترین سازگاری با پوشش مناطق خشک و بیابانی دارد (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۲: ۹)، انتخاب گردید (شکل ۲).

همچنین جهت ارزیابی عملکرد مدل، میزان خطای مدل بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (p_i - O_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در رابطه ۱ بالا  $O_i$ : مقدار واقعی (هدف)،  $P_i$ : مقدار پیش‌بینی شده،  $n$ : تعداد الگوها است.



شکل ۲: دو طرحواره‌ی به کار برده شده در مدل

#### ۴- بحث و نتایج

##### ۴-۱- صحت‌سنجی مدل<sup>۶</sup>

مقدمه‌ی استفاده از هر مدل شبیه‌ساز رفتار اقلیم، ارزیابی توانمندی مدل برای هدف مورد نظر می‌باشد (وارنن<sup>۷</sup>، ۲۰۱۱). لذا در این مطالعه ابتدا به ارزیابی و صحت‌سنجی مدل برای منطقه‌ی مورد مطالعه، سپس به تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. در این بخش ابتدا به ارزیابی خروجی‌های مدل برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ پرداخته شد. بدین منظور مقادیر مدل‌سازی شده برای متغیرهای دمای کمینه، بیشینه و میانگین، مجموع بارش و میانگین رطوبت نسبی برای سال‌های مذکور با مقادیر مشاهداتی برای همان سال‌ها مقایسه گردید و میزان خطای مدل (RMSE) برای هر ماه محاسبه گردید. به‌طور خلاصه می‌توان گفت عملکرد مدل برای شبیه‌سازی عناصر دما و رطوبت نسبی مناسب ارزیابی گردید؛ اما میزان خطا در متوسط بارش بیش از دو عنصر دیگر بود. در نهایت این میزان خطا در خروجی‌های مدل برای دو ایستگاه بناب و ارومیه اعمال گردید تا نتایج با واقعیت تطابق داشته باشند. در ادامه به بررسی نتایج صحت‌سنجی نتایج مدل با استفاده از جدول و نمودار پرداخته می‌شود.

**بارش:** نتایج بسیاری از مدل‌های گردش عمومی جو و مدل‌های منطقه‌ای نشان می‌دهد مدل‌سازی عنصر بارش معمولاً همراه با خطا صورت می‌گیرد که علت آن را می‌توان علاوه بر وجود سازوکارهای بزرگ مقیاس در ایجاد بارش، وجود سازوکارهای محلی دانست. بنابراین در بسیاری از مدل‌های منطقه‌ای طراحی شده، علی‌رغم طراحی طرحواره‌های متنوع برای

6- Model Validation

7- Varnen

شبیه‌سازی بارش، شبیه‌سازی این متغیر همراه با خطا است. مدل TAPM نیز، مشابه سایر مدل‌ها، عملکرد مطلوبی در شبیه‌سازی متغیر بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه نداشته و دارای خطای قابل توجهی است (جدول ۱). بر اساس داده‌های مشاهداتی ثبت شده بارش در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ در این دو ایستگاه خطای مدل محاسبه گردید و در جدول ۱ نتایج آن آورده شده است.

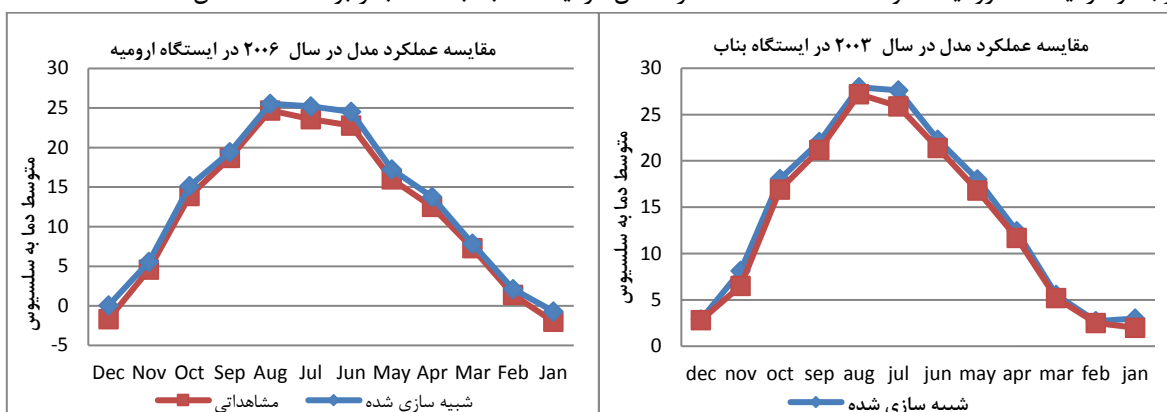
جدول ۱: مقایسه‌ی عملکرد و میزان خطای مدل در برآورد بارش ماهانه در ایستگاه‌های بناب و ارومیه (به میلیمتر)

ماه	مشاهداتی				شبیه‌سازی شده				میزان خطا (RMSE)		میزان خطا (RMSE)		
	ارومیه		بناب		ارومیه		بناب		ارومیه		بناب		
	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	
ژانویه	۱۵/۵	۲۹/۱	۶/۳	۳۴	۳۴	۸۳/۳۸	۳۴/۷	۲۷/۲	۲۷/۲	۳۶	۱۹/۲۳	۵۴/۲	۲۰/۹
فوریه	۲۹/۹	۸۶	۲۴/۲	۶۵/۸	۳۱/۳	۴۹/۵	۳۱/۳	۲۹/۶	۲۹/۶	۴۶/۶	۱/۴	۳۶/۵	۵/۴
مارس	۴۴/۲	۳۹/۴	۸۰/۵	۲۵/۷	۳۹/۳	۳۹/۲	۳۹/۳	۵۶	۹۱/۹	۵۶	۴/۹	۰/۲	۲۴/۴
آوریل	۹۴/۷	۹۲/۴	۷۳/۱	۶۸/۶	۲۷/۶	۱۶/۷	۲۷/۶	۶۴/۶	۲۹/۵	۶۴/۶	۶۷/۱۱	۷۵/۶	۸/۴
می	۵/۶	۳۶/۸	۹/۱	۲۶/۳	۵	۱۴/۵۶	۵	۲۳/۳	۳۶/۵۵	۲۳/۳	۰/۵۹	۲۲/۲	۱۴/۲
ژوئن	۳	۰	۹/۵	۰/۴	۰/۷	۱/۹۹	۰/۷	۴/۵	۱۰/۷	۴/۵	۲/۳	۱/۹۹	۴/۹
ژوئیه	۰	۰	۰	۰/۱	۰	۱/۴۷	۰	۰	۳/۱	۰	۰	۱/۴۷	۰/۰۵
آگوست	۰/۱	۰	۰	۲	۰/۱	۰/۵۳	۰/۱	۰/۲۱	۳	۰/۲۱	۰/۵۳	۰	۰/۲۱
سپتامبر	۰	۰	۰	۰/۴	۰	۲/۹۸	۰	۷/۵	۱/۲۴	۷/۵	۰	۲/۹۸	۷/۵
اکتبر	۱۰/۴	۱۱۹/۹	۲۷/۸	۱۱۷/۹	۱/۰۷	۸۴/۶۱	۱/۰۷	۱۰/۲	۳۴/۴	۱۰/۲	۹/۳	۳۵/۲۹	۱۷/۶
نوامبر	۳۰/۵	۴۰/۷	۳۸/۴	۷۱/۵	۵۷	۷۲	۵۷	۵۸	۱۳۸/۷	۵۸	۲۶/۵	۳۱/۲۸	۱۹/۶
دسامبر	۴۴/۷	۱۱/۶	۲۷/۲	۱۴/۹	۴۴	۳۹/۲	۴۴	۴۱	۲۸/۲	۴۱	۰/۷	۲۷/۶	۱۳/۸
مجموع	۲۷۸	۴۵۵/۹	۲۹۶/۱	۴۲۷/۶	۲۴۰/۸	۴۰۶/۲	۲۴۰/۸	۳۲۲/۴	۴۶۰	۳۲۲/۴	۳۷/۱۷	۴۹/۷۶	۲۶/۳

بر اساس جدول ۱، مجموع خطای مدل برای شبیه‌سازی بارش سالانه در ایستگاه ارومیه ۲۹ میلیمتر و در ایستگاه بناب ۴۳ میلیمتر می‌باشد. در برآورد بارش سالانه این میزان خطا قابل قبول است اما زمانی که به بررسی ماه به ماه میزان بارش و میزان خطای مدل پرداخته می‌شود، نتایج نشان می‌دهد که در برآورد ماهانه در برخی موارد مدل دارای ۸۳ میلیمتر اختلاف بارش است، بنابراین این مدل برای برآورد سالانه بارش دارای عملکرد مناسبی بوده ولی در برآورد ماهانه، عملکرد مدل برای برخی از ماه‌ها مطلوب ارزیابی نمی‌شود. در عین حال با آگاهی از میزان خطای مدل و اعمال آن در نتایج شبیه‌سازی، می‌توان از نتایج مدل به خوبی استفاده کرد.

**دما:** متوسط خطای مدل برای عنصر دما نشان می‌دهد که عملکرد مدل در شبیه‌سازی دما مناسب‌تر از بارش است. متوسط خطای مربوط به دمای کمینه در ایستگاه بناب ( $۱/۶۷ = ۲۰۰۳$  و  $۲/۱۲ = ۲۰۰۶$  درجه) و ارومیه ( $۲/۲۵ = ۲۰۰۳$  و  $۲/۴ = ۲۰۰۶$ ) بوده است که خطای نسبتاً بالایی است. در مقابل، خطای مدل در شبیه‌سازی دمای بیشینه در ایستگاه بناب ( $۰/۰۷ = ۲۰۰۳$  و  $۰/۲ = ۲۰۰۶$ ) و ارومیه ( $۰/۲ = ۲۰۰۳$  و  $-۰/۰۷ = ۲۰۰۶$ ) دارای خطای بسیار کمی بوده و عملکرد مدل در

شبیه‌سازی این متغیر مطلوب ارزیابی می‌شود (جدول ۲). عملکرد مدل در شبیه‌سازی متوسط دما در ایستگاه بناب کم‌تر از ۱ درجه و در ایستگاه ارومیه حدود ۱/۲ است که عملکرد مدل در ایستگاه بناب مناسب‌تر بوده است (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه‌ی عملکرد مدل در ایستگاه بناب و ارومیه

جدول ۲: میزان خطای ماهانه (RMSE) مدل در برآورد عنصر دما (به سانتی‌گراد)

ماه	ارومیه						بناب					
	۲۰۰۶			۲۰۰۳			۲۰۰۶			۲۰۰۳		
	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min
ژانویه	۱/۳	۰/۴	۳	۰/۷	۰	۱/۴	۰/۵۵	۱	۱/۱	۰/۹۸	۰/۱۶	۱/۸
فوریه	۰/۷	۰/۷	۲/۲	۰/۶۳	۱/۱	۲/۲۸	۰/۰۴	۱/۸۶	۱/۷۸	۰/۲	۰/۸۴	۱/۲۵
مارس	۰/۵۵	۰/۴	۱/۵	۰/۹	۰/۲۴	۱/۲	۰/۸	۱/۱	۲/۷	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۶۶
آوریل	۱/۲۸	۰/۳۳	۲/۹	۰/۴۹	۰/۷	۱/۵۹	۱/۲۵	۰/۲۱	۲/۷	۰/۷	۰/۳	۱/۷
می	۱/۲۶	۰/۱۳	۲/۳	۱/۳۲	۰/۹	۳/۴۴	۱/۱	۰/۲۹	۱/۹	۱/۲	۰/۱۷	۲/۶
ژوئن	۱/۷	۰/۷۳	۲/۸	۱	۴	۱/۶	۰/۷۳	۰/۰۳	۱/۷۶	۰/۹	۱/۲	۰/۷
ژوئیه	۱/۶	۱/۱	۲/۲	۰/۶	۰/۷	۱/۹	۰/۲۱	۰/۹	۱/۴۳	۱/۷	۱/۵	۱/۸۷
آگوست	۰/۸	۰/۴	۱/۹۵	۱/۹۸	۰/۹	۳	۱/۰۴	۰/۲۳	۲/۳	۰/۷۴	۰/۴۶	۱/۱۳
سپتامبر	۰/۷	۱/۲۶	۲/۶	۱/۶۵	۰/۲	۳	۰/۷۹	۰/۲۶	۱/۸	۰/۸۶	۰/۱	۱/۷
اکتبر	۱/۲۴	۰	۲/۶	۱/۴۵	۱/۸	۳/۲	۱/۰۷	۰/۱۵	۱/۹	۱/۱	۰/۸	۳
نوامبر	۱/۰۳	۰/۰۲	۱/۹۶	۱/۱	۰/۴	۲/۶	۱/۳۲	۰/۵۵	۲	۱/۶۵	۰/۷	۲/۶
دسامبر	۱/۷۵	۰/۷	۲/۸	۰/۷	۰/۴	۱/۸	۲/۳۱	۰/۳	۴/۳	۰/۱	۰/۹	۱/۱
متوسط	۱/۱۵	۰/۰۷	۲/۴	۱/۱۲	۰/۲	۲/۲۵	۰/۸۹	۰/۱۸	۲/۱۳	۰/۸۷	۰/۰۷	۱/۶۷

**رطوبت نسبی:** متوسط خطا در متغیر رطوبت نسبی در ایستگاه ارومیه در دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، ۸ درصد بوده است، هم‌چنین این متغیر در ایستگاه بناب در سال ۲۰۰۳ دارای خطای ۷ درصد و در سال ۲۰۰۶ دارای خطای ۰/۳- منفی بوده است که این نتایج نشان می‌دهد عملکرد مدل در شبیه‌سازی این متغیر مناسب می‌باشد. خلاصه‌ی عملکرد مدل در جدول ۳ برای عنصر رطوبت نسبی ماهانه آورده شده است.

جدول ۲: میزان خطای ماهانه (RMSE) مدل در برآورد عنصر رطوبت نسبی (به درصد)

ماه	میزان خطا (RMSE)		ماه	میزان خطا (RMSE)		ماه	میزان خطا (RMSE)			
	ارومیه			بناب			ارومیه		بناب	
	۲۰۰۶	۲۰۰۳		۲۰۰۶	۲۰۰۳		۲۰۰۶	۲۰۰۳	۲۰۰۶	۲۰۰۳
ژانویه	۱۰	۰/۶	ژوئیه	۸	۹	۱۴	۱۱	۱	۱۰	
فوریه	۲	۹	آگوست	۳	۵	۷	۹	۰/۳	۱۰	
مارس	۲	۹	سپتامبر	۳	۹	۹	۱۱	۰/۳	۸	
آوریل	۶	۲	اکتبر	۱۰	۷	۱۲	۵	۴	۸	
می	۸	۳	نوامبر	۱۱	۷	۸	۸	۱	۷	
ژوئن	۸	۰/۷	دسامبر	۶	۱۳	۷	۱۱	۵	۸	

#### ۲-۴- بررسی اثرات خشک شدن دریاچه بر عناصر اقلیمی منطقه پیرامونی آن

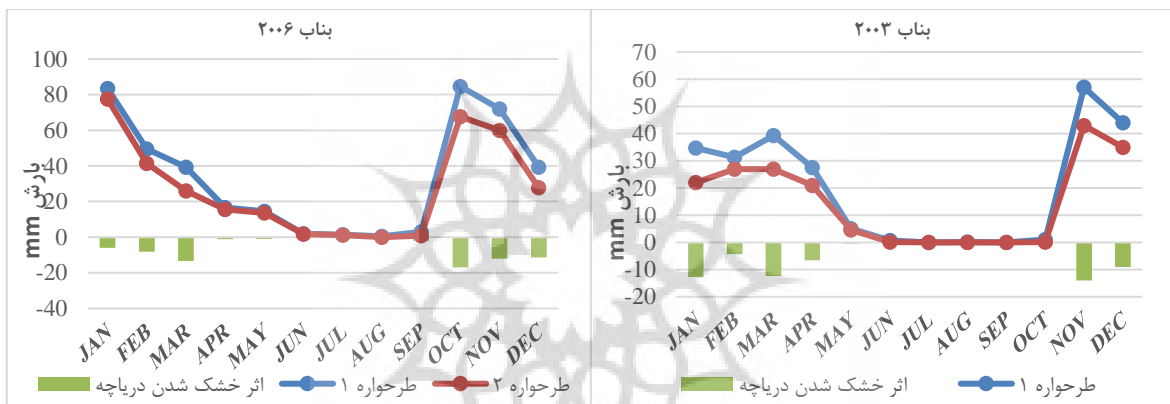
**بارش:** از مهم‌ترین عوامل تأمین‌کننده‌ی بارش در یک منطقه در کنار عامل صعود، وجود منابع رطوبتی است (کاوایی و علیجانی، ۱۳۸۵). بارش‌های غرب و شمال‌غربی کشور توسط منابع متعددی تأمین می‌شود که عبارتند از دریای مدیترانه، دریای سرخ، دریای سیاه (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸)، دریای عرب و دریای عمان (فرجزاده و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر این منابع، وجود پهنه‌ی وسیع آبی دریاچه‌ی ارومیه با مساحتی حدود ۵۴۰۰ کیلومتر در شمال‌غرب کشور می‌تواند به عنوان یک منبع رطوبتی محلی و ثانویه برای بارش‌های شمال‌غرب کشور محسوب شود. نتایج خروجی‌های مدل برای دو طرحواره ۱ و ۲ نشان می‌دهد که در اثر خشک شدن دریاچه، میزان بارش مناطق غربی دریاچه (ایستگاه ارومیه) حدود ۲۸ درصد (۱۰۱- مربوط به فصل زمستان با متوسط دو ساله ۲۰۰۶-۱۲۴=۲۰۰۶ میلیمتر نسبت به شرایط وجود دریاچه) در طول سال کاهش خواهد داشت که بیش‌ترین میزان آن مربوط به فصل زمستان با متوسط دو ساله (۲۰۰۳-۲۰۰۶) ۴۲/۸ میلیمتر در سال است. پس از زمستان بیش‌ترین کاهش مربوط به فصل پاییز با مجموع ۳۷ میلیمتر، بهار با ۲۴ میلیمتر و تابستان با متوسط ۵ میلیمتر کاهش در منطقه است. به‌علاوه در بررسی ماهانه نیز بیش‌ترین کاهش بارش مربوط به ماه مارس با ۲۴ میلیمتر و پس از آن نوامبر با ۱۷ میلیمتر است (شکل ۴).

هم‌چنین بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه، میزان بارش مناطق شرقی (بناب) ۲۱ درصد کاهش خواهد داشت که به ترتیب برای سال ۲۰۰۳، ۲۵ درصد کاهش (معادل ۶۰ میلیمتر) و برای سال ۲۰۰۶، ۱۸ درصد (معادل ۷۲ میلیمتر) کاهش را نشان می‌دهد. بر این اساس در این منطقه نیز فصل پاییز و زمستان دارای بیش‌ترین کاهش در میزان بارش هستند. در بررسی‌های ماهانه نیز نشان می‌دهد که بیش‌ترین کاهش بارش مربوط به ماه اکتبر و سپس ماه مارس است (شکل ۵).



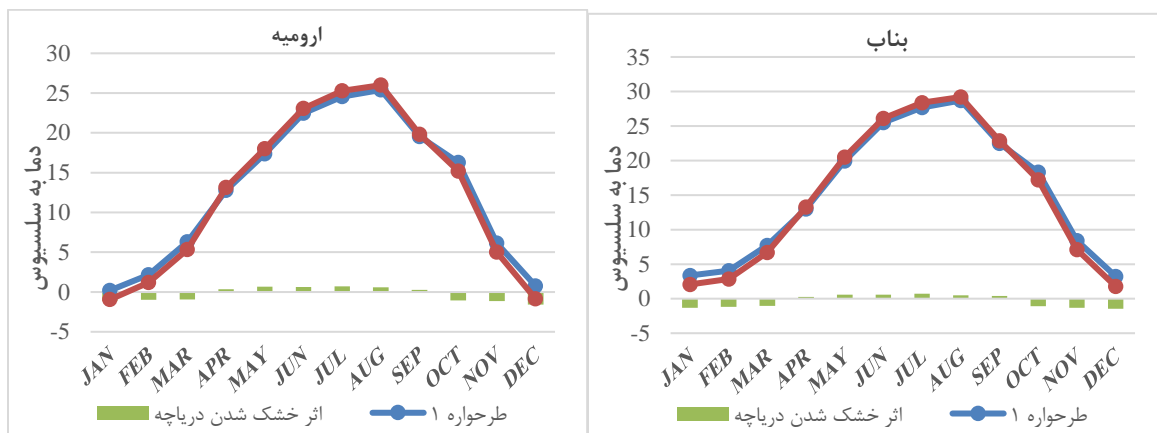


شکل ۴: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج بارش در دو طرح‌واره‌ی ۱ (وجود دریاچه) و طرح‌واره‌ی ۲ (عدم وجود دریاچه) (نمودار خطی) و میزان اختلاف بارش در دو طرح‌واره‌ی مذکور (نمودار ستونی) در ایستگاه ارومیه.



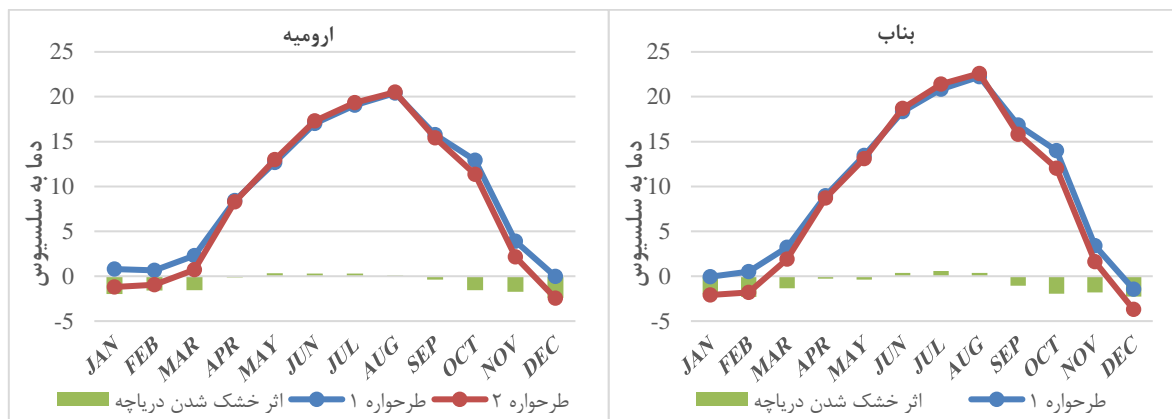
شکل ۵: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج بارش در دو طرح‌واره‌ی ۱ و ۲ (نمودار خطی) و میزان اختلاف بارش در دو طرح‌واره‌ی مذکور (نمودار ستونی) در ایستگاه بناب.

**متوسط دما:** یکی از عوامل کنترل‌کننده‌ی دما در یک منطقه، پوشش سطحی است (کاپیانی و علیجانی، ۱۳۸۵). بنابراین پهنه‌های آبی دارای نقش مهمی در کنترل و تعادل دما در یک منطقه هستند. در صورت تغییر در میزان آب و یا خشکی این پهنه‌های آبی، وابسته به میزان گستردگی این پهنه، ماهیت دمایی منطقه نیز ممکن است دچار تغییراتی شود. نتایج شبیه‌سازی مدل در دو طرح‌واره‌ی مختلف نشان می‌دهد که در صورت حذف دریای ارومیه از منطقه، میزان دمای دوره‌ی سرد سال در سواحل غربی و شرقی حدود ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش (ارومیه =  $-1/1$  و بناب =  $-0/99$  درجه) و در دوره‌ی گرم سال به طور متوسط ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در صورت حذف دریاچه، میزان کاهش دما در فصل زمستان در منطقه به طور متوسط ۱/۱ درجه (ارومیه =  $-1/02$ ، بناب =  $1/2$ ) و در فصل پاییز ۱/۳ درجه دچار کاهش (ارومیه =  $-1/28$ ، بناب =  $-1/3$ ) می‌شود. فصل بهار متوسط دما به میزان ۰/۵ درجه افزایش یافته (ارومیه =  $0/54$ ، بناب =  $0/48$ ) و تابستان نیز دما به طور متوسط در منطقه ۰/۵ درجه افزایش (ارومیه =  $0/52$ ، بناب =  $-0/55$ ) می‌یابد. به‌طور کلی نقش دریاچه در سواحل غربی و شرقی به‌طور یکسان بوده و تفاوت قابل توجهی با هم ندارند. به‌طور ماهانه نیز، ماه‌های دسامبر و ژانویه با متوسط ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، دارای بیش‌تری کاهش دما و ماه ژوئیه با متوسط ۰/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش برای دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، کم‌ترین کاهش دما و بیش‌ترین افزایش دما را دارا می‌باشند (شکل ۶).



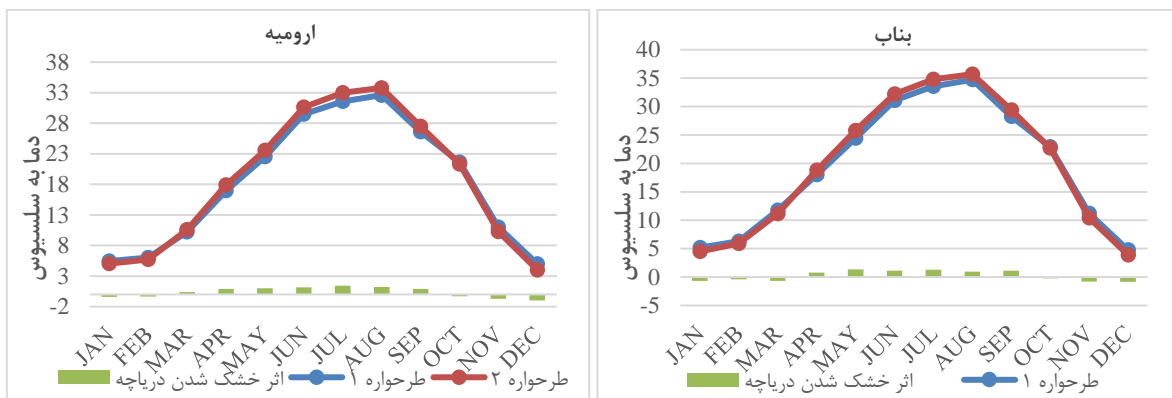
شکل ۶: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج دمای متوسط روزانه در دو طرح‌واره‌ی ۱ و ۲ (نمودار خطی) و میزان اختلاف دما در دو طرح‌واره‌ی مذکور (نمودار ستونی) در میانگین دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶.

**دمای کمینه:** از نتایج قابل توجه حاصل از خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه در منطقه، تشدید سرمای شبانه در دوره‌ی سرد سال می‌باشد، به‌گونه‌ای که دمای کمینه در دوره‌ی سرد سال به طور متوسط دچار کاهش حدود ۲ درجه نسبت به شرایط پر آب دریاچه خواهد شد. هم‌چنین دمای کمینه در دوره‌ی گرم سال تغییر قابل توجهی نخواهد داشت، به‌طوری‌که در ایستگاه ارومیه دمای کمینه در ۶ ماهه‌ی گرم سال به میزان ۰/۱ درجه افزایش و در ایستگاه بناب نیز دمای کمینه به طور متوسط دچار ۰/۰۵ درجه کاهش خواهد شد. در صورت حذف دریاچه از منطقه، میزان دمای کمینه در فصل زمستان به طور متوسط ۱/۸ درجه در منطقه کاهش می‌یابد (ارومیه = -۱/۷، بناب = -۱/۹). در فصل بهار و تابستان تغییرات دمای شبانه نسبت به شرایط بدون دریاچه قابل توجه نبوده و کاهش یا افزایش قابل توجهی پیدا نمی‌کند (بهار: ارومیه = +۰/۱۶، بناب = -۰/۰۸، تابستان: ارومیه = +۰/۰۶، بناب = -۰/۰۳). در فصل پاییز نیز دمای منطقه به طور متوسط به میزان ۲ درجه کاهش می‌یابد (ارومیه = -۱/۹، بناب = -۲/۰۵). نتایج شبیه‌سازی‌ها برای ماه‌های مختلف سال نیز نشان می‌دهد که بیش‌ترین کاهش دما مربوط به ماه دسامبر و ژانویه (متوسط منطقه -۲/۴ و -۲) است که با گذار به دوره‌ی گرم سال این میزان کاهش در دمای کمینه کم‌تر شده تا جایی‌که در ماه مه شاهد افزایش در دمای کمینه خواهیم بود، با این حال این افزایش محسوس نبوده و کم‌تر از ۰/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. روند افزایش دما تا ماه آگوست ادامه پیدا می‌کند به‌طوری‌که بیش‌ترین افزایش در ماه ژوئیه اتفاق می‌افتد. از ماه سپتامبر به گذار به دوره‌ی سرد سال، باز هم بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه میزان دمای کمینه رو به کاهش می‌گذارد (شکل ۷).



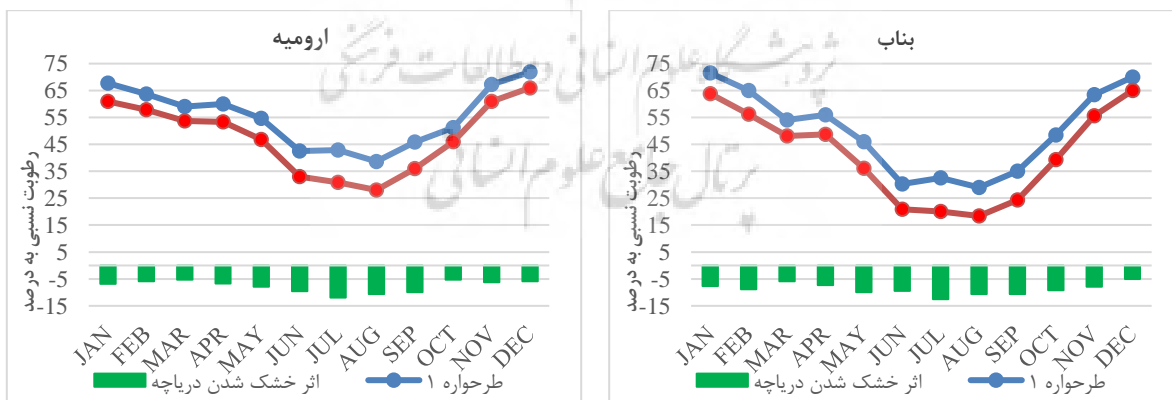
شکل ۷: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج دمای کمینه در دو طرح‌واره‌ی ۱ و ۲ (نمودار خطی) و میزان اختلاف دما در دو طرح‌واره‌ی مذکور (نمودار ستونی) در میانگین دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶.

**دمای بیشینه:** رفتار دمای بیشینه در منطقه بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه مشابه دمای کمینه است با این تفاوت که میزان کاهش دمای روزانه در دوره‌ی سرد سال بسیار کم ولی میزان افزایش دمای بیشینه (روزانه) در دوره‌ی گرم سال قابل توجه می‌باشد. در صورت حذف دریاچه، دمای بیشینه در دوره‌ی سرد سال ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در منطقه کاهش می‌یابد که سهم مناطق غربی دریاچه‌ی (ارومیه) ۰/۳ درجه و سهم سواحل شرقی (بناب) ۰/۶ درجه کاهش در دمای بیشینه است. بنابراین بر اثر خشک شدن دریاچه، تفاوت دمای بیشینه در سواحل شرقی نسبت به مناطق غربی دریاچه میزان بسیار اندکی است. در مقابل در طرح‌واره‌ی ۲، در دوره‌ی گرم سال دمای بیشینه افزایش می‌یابد به طوری که میزان افزایش دما در منطقه حدود ۱/۱ درجه سانتی‌گراد است که شدت این افزایش مشابه شدت افزایش دمای کمینه در دوره‌ی سرد سال نمی‌باشد ولی افزایش بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد دوره‌ی گرم سال تنها بر اثر خشک شدن دریاچه (بدون توجه به افزایش دمای ناشی از تغییرات اقلیمی که خشک شدن دریاچه نیز پیامد آن است) می‌تواند پیامدها تأثیرگذاری بر اکوسیستم منطقه داشته باشد. در بررسی فصلی، در فصل زمستان، منطقه به طور متوسط دمای روز هنگام حدود ۰/۴ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (ارومیه = -۰/۱۵، بناب = -۰/۶)، در فصل بهار تغییرات این عنصر حدود ۱ درجه افزایش در منطقه را نشان می‌دهد (ارومیه = +۱/۰۲، بناب = +۱/۰۷) و در فصل تابستان که بیش‌ترین افزایش در این فصل رخ می‌دهد، دمای بیشینه به میزان ۱/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (ارومیه = +۱/۱۷، بناب = +۱/۲). در فصل پاییز نیز به تبعیت از دوره‌های سرد دمای بیشینه کاهش می‌یابد که شدت آن بیش از فصل زمستان است و میزان آن در حدود ۰/۶ کاهش در منطقه می‌باشد (ارومیه = -۰/۶۶، بناب = -۰/۶). بیش‌ترین کاهش در دمای بیشینه در ماه دسامبر با متوسط ۰/۹ درجه در منطقه و بیش‌ترین افزایش در ژوئیه با متوسط ۱/۳ در منطقه اتفاق می‌افتد (شکل ۸).



شکل ۸: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج دمای بیشینه در دو طرح‌واره‌ی ۱ و ۲ (نمودار خطی) و میزان اختلاف دما در دو طرح‌واره مذکور (نمودار ستونی) در میانگین دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶.

**رطوبت نسبی:** از دیگر عناصری که ممکن است بر اثر تغییر پوشش سطحی دچار تغییر شود، میزان رطوبت نسبی در منطقه است. به‌ویژه این‌که تغییر در پوشش سطحی، از بین رفتن یک دریاچه در منطقه باشد که این دریاچه می‌تواند خود منبعی برای تأمین رطوبت در منطقه باشد. بر اثر حذف دریاچه‌ی ارومیه در شمال‌غربی کشور میزان رطوبت نسبی در این منطقه به طور متوسط، سالانه ۸ درصد کاهش خواهد یافت که سهم مناطق شرقی دریاچه بیش از مناطق غربی آن است (ارومیه = ۷ درصد، بناب = ۹ درصد). هم‌چنین این کاهش در دوره‌ی گرم سال شدیدتر از دوره‌ی سرد سال است. در ارومیه، در اثر حذف دریاچه از منطقه، میزان رطوبت نسبی در فصل زمستان و پاییز به میزان ۵/۵ درصد کاهش می‌یابد و در فصل بهار این کاهش حدود ۹ درصد و تابستان حدود ۱۱ درصد می‌باشد (شکل ۸). در بناب نیز در فصل زمستان و پاییز میزان کاهش رطوبت ۷/۵ درصد، در بهار ۹ درصد و در تابستان ۱۲ درصد می‌باشد. کم‌ترین کاهش در رطوبت نسبی در منطقه مربوط به ماه مارس با متوسط ۵ درصد و پس از آن دسامبر با متوسط ۶ درصد کاهش در منطقه و بیش‌ترین آن مربوط به ماه ژوئیه با متوسط ۱۲ درصد کاهش است (شکل ۹).



شکل ۹: نتایج شبیه‌سازی مدل TAPM برای فراسنج رطوبت نسبی در دو طرح‌واره‌ی ۱ و ۲ (نمودار خطی) و میزان اختلاف دما در دو طرح‌واره مذکور (نمودار ستونی) در میانگین دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶.

## ۵- نتیجه‌گیری

از پیامدهای گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی در کنار فعالیت‌های بشر، تغییر در پوشش سطحی زمین است که یکی از جلوه‌های آن تغییر در میزان آب دریاچه‌های منطقه‌ای و دریاچه‌های ناشی از سدها است. از جمله بارزترین مصداق‌های تغییر در پوشش سطحی در ایران، تغییر سطح آب دریاچه‌ی ارومیه و نهایتاً خشکی این دریاچه طی سال‌های اخیر است که از جنبه‌ی اقلیمی پیامدهای قابل توجهی را در منطقه تحمیل می‌نماید. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دریاچه‌ی ارومیه سهم قابل‌تأملی در ماهیت اقلیمی مناطق مجاور آن دارد. در این مطالعه با استفاده از مدل TAPM به بررسی نقش دریاچه‌ی ارومیه در فراسنج‌های جوی دما، بارش و رطوبت پرداخته شد و نتایج زیر حاصل گردید:

۱. بر اساس نتایج صحت‌سنجی مدل، به‌طور کلی عملکرد مدل TAPM در شبیه‌سازی فراسنج‌های جوی دما و رطوبت نسبی مناسب ارزیابی گردید. در عین حال این مدل در شبیه‌سازی دمای کمینه دارای عملکردی ضعیف‌تر از دمای بیشینه بوده و میزان خطای مدل در مدل‌سازی دمای کمینه بیش از دمای بیشینه و دمای متوسط روزانه است. هم‌چنین این مدل در برآورد مجموع بارش سالانه، دارای عملکرد مناسبی بوده ولی اگر به‌طور جزئی به نتایج شبیه‌سازی‌ها برای بارش ماهانه پرداخته می‌شود، می‌توان گفت که این مدل در برآورد بارش ماهانه مطلوب عمل نکرده و دارای خطای قابل توجهی است. نتایج این بخش مطابق با یافته‌های کاردان و همکاران (۱۳۸۸) است که در مطالعه‌ی مذکور به ارزیابی توانمندی نسخه‌ی ۳ مدل TAPM به شبیه‌سازی فراسنج‌های جوی در چاله‌ی جازموریان پرداختند.
۲. پهنه‌های آبی هم‌چون دریاچه‌ی ارومیه، دارای اثرات منطقه‌ای بر چرخه‌ی هیدرولوژی مناطق مجاور خود دارند. بر اساس مطالعه باتس و همکاران (۱۹۹۵: ۱۵۰۵) دریاچه‌های ۵ گانه در ایالات متحده یکی از منابع تأمین رطوبت در برای مناطق مجاور خود است، به‌طوری‌که تغییر دمای دریاچه، تأثیر مستقیم بر رطوبت توده‌های هوا و رژیم بارش در مناطق مجاور آن دارد. در مطالعه‌ی مشابه برای دریاچه‌های ۵ گانه، ناتارو و همکاران (۲۰۱۳: ۷۹۷) نشان دادند که این دریاچه دارای تأثیر مستقیم در چرخه‌ی هیدرولوژی مناطق مجاور آن دارد، به‌طوری‌که باعث افزایش تبخیر و بارش در دوره‌ی اکتبر-مارس و کاهش آن در دوره‌ی آگوست-می، می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه، میزان بارش منطقه به‌طور متوسط ۲۵ درصد کاهش می‌یابد که بیش‌ترین آن مربوط به فصل زمستان است. هم‌چنین تفاوت قابل توجهی در کاهش بارش بین مناطق غربی و شرقی دریاچه به وجود نمی‌آید و بر اثر خشک شدن دریاچه، کاهش بارش در سواحل غربی و شرقی در منطقه به یک اندازه خواهد بود. نتایج این قسمت یافته‌های گلزاری (۱۳۹۱) را که کاهش بارش‌های شمال‌غرب را بر اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه با استفاده از مدل RegCM4 شبیه‌سازی نموده، تأیید می‌نماید.
۳. ژو و همکاران (۲۰۱۶: ۳۰۳) نشان می‌دهند که با کاهش و از میان برداشتن دریاچه‌های منطق‌ای، دمای هوا، سرعت و جهت باد و هم‌چنین موازنه‌ی انرژی دچار دگرگونی خواهد شد، به‌طوری‌که تغییر پوشش سطحی پهنه‌های آبی باعث افزایش دمای مناطق مجاور، به‌ویژه نواحی شهری می‌شود. در این مطالعه مشخص گردید که متوسط دمای هوا در منطقه در دوره‌ی سرد سال (به‌ویژه زمستان) کاهش یافته و به نوعی سرمای زمستان تشدیدتر می‌شود. در مقابل در دوره‌ی گرم سال میزان دمای متوسط روزانه افزایش می‌یابد. لازم به توضیح است که میزان کاهش دما در دوره‌ی سرد سال به‌طور متوسط در منطقه ۱/۱ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده و میزان افزایش دما در دوره‌ی گرم سال ۰/۶ درجه سانتی‌گراد است. نتایج این بخش با یافته‌های خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۲) را که به بررسی تأثیر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه در شهر مراغه پرداختند، تأیید می‌نماید. در عین حال در مطالعه‌ی مذکور میزان شدت کاهش و یا افزایش دما، بیش‌تر از آنچه که در نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، تخمین زده شده است.

۴. دمای کمینه‌ی منطقه به‌طور قابل توجهی در دوره‌ی سرد کاهش می‌یابد و در دوره‌ی گرم سال افزایش بسیار ناچیزی خواهد داشت. در مقابل، دمای بیشینه در دوره‌ی سرد سال تا ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و در دوره‌ی گرم سال افزایش دما محسوس‌تر بوده و در تابستان حدود ۱/۲ درجه است. بنابراین از اثرات خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه می‌توان به تشدید اختلاف دمای شب و روز در طول سال، به‌ویژه در فصل تابستان اشاره کرد. هم‌چنین اختلاف دمای فصل تابستان و زمستان بیش‌تر می‌شود و در کنار پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی، خصوصیات مشابه مناطق بیابانی پیدا خواهد نمود.
۵. تغییر در پوشش سطحی دریاچه، شار گرمای نهان، تبخیر و تعرق و رطوبت در منطقه دچار تغییر خواهد شد و چنین شرایطی چرخه‌ی هیدرولوژی را متأثر خواهد ساخت (بونان<sup>۸</sup>، ۱۹۹۵: ۲۶۹۴). بر اثر حذف دریاچه‌ی ارومیه در شمال‌غربی کشور میزان رطوبت نسبی در این منطقه به‌طور متوسط سالانه ۸ درصد کاهش خواهد یافت که این کاهش در دوره‌ی گرم سال شدیدتر از دوره‌ی سرد سال است. دلیل چنین پیامدی می‌تواند افزایش دمای روزانه در دوره‌ی گرم سال باشد، در اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه دمای بیشینه در دوره‌ی گرم سال افزایش می‌یابد و بالطبع تبخیر نیز تشدید می‌شود، به‌علاوه این‌که منابع تغذیه‌کننده‌ی رطوبت در شمال‌غرب کشور در دوره‌ی گرم سال عملکردی محدود دارند، بنابراین میزان کاهش رطوبت نسبی نیز در دوره‌ی گرم بیش‌تر از دوره‌ی سرد می‌باشد.
۶. به‌طور کلی این مطالعه نشان می‌دهد که دریاچه‌های منطقه‌ای یکی از عوامل تأثیرگذار بر اقلیم مناطق مجاور آن است. چنین نتایجی پیش از این توسط اسکات و هووف (۱۹۹۷)، ناتارو و همکاران (۲۰۱۳)، ژو و همکاران (۲۰۱۶) برای دیگر دریاچه‌های منطقه‌ای حاصل گردیده است. ماهیت اقلیمی مناطق غربی و شرقی دریاچه به یک میزان از خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه متأثر می‌شوند و در اثر خشک شدن دریاچه، ماهیت اقلیمی این مناطق اختلاف قابل توجهی با هم نخواهند داشت.

#### ۶- منابع

۱. ثانی‌خانی، هادی، دین‌پژوه، یعقوب، یوسف پور، سعید، قویدل، سروین، صولتی، بهاره (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه‌های آبریز (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز آجی‌چای در استان آذربایجان شرقی)، نشریه‌ی آب و خاک، ج ۲۷، ش ۶، صص ۱۲۲۵-۱۲۳۴.
۲. حسین‌پور، مهدیه (۱۳۹۱). مکانیسم شکل‌گیری بادهای محلی، منطقه‌ای در سواحل جنوبی دریای خزر، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، به راهنمایی علی‌اکبر شمسی‌پور، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران.
۳. خوش‌اخلاق، فرامرز، حیدری، محمد امین، مرادی مقدم، محمد امین، مولایی پاره، اصغر (۱۳۹۲). شبیه‌سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره‌ی ۸، صص ۱۸-۱.
۴. زارعی چقابلکی، زهرا (۱۳۹۱). مدل‌سازی مکانیسم بادهای پیرامون دریاچه‌ی ارومیه، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، به راهنمایی علی‌اکبر شمسی‌پور، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران.
۵. عزیز، قاسم و قنبری، حسین علی (۱۳۸۸). شبیه‌سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران بر اساس الگوی باد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۶۸، صص ۳۲-۱۵.
۶. عزیز، قاسم، نیری، معصومه و رستمی جلیلیان، شیما (۱۳۸۸). تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور (مطالعه‌ی موردی: بارش دوره‌ی ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، تا ۱۶ تا ۲۴ اسفند ۱۳۸۵)، جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۱ (۴)، صص ۱۳-۱.

۷. علیزاده، امین، سیاری، نسرين. حسامی کرمانی، رضا، بنایان اول، محمد، فرید حسینی، علیرضا (۱۳۸۹). بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کشف رود)، نشریه‌ی آب و خاک، جلد ۲۴، شماره‌ی ۴، صص ۸۳۵-۸۱۳.
۸. فتحیان، فرشاد، قربانی، محمدعلی، دهقان، زهره (۱۳۹۳). ارزیابی و مقایسه روش‌های تخمین نمایه‌ی هارست در بررسی روند و فصلیت متغیرهای آب و هواشناسی در حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه (مطالعه‌ی موردی: زیر حوضه‌ی آجی‌چای)، نشریه‌ی آب و خاک، جلد ۲۸، شماره‌ی ۱، صص ۲۲۹-۲۱۹.
۹. فرج‌زاده اصل، منوچهر، کریمی، مصطفی، قائمی، هوشنگ و مباشری، محمد رضا (۱۳۸۸). چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران (مطالعه‌ی موردی بارش ۳-۷ ژانویه ۱۹۹۶)، مدرس علوم انسانی، شماره‌ی ۱۳، صص ۲۱۷-۱۹۳.
۱۰. فرخ نیا اشکان، مرید سعید (۱۳۹۳). بررسی قابلیت داده‌های ماهواره بازیابی گرانش و آزمایش اقلیمی و خروجی مدل‌های سیستم جهانی تلفیق اطلاعات زمینی برای برآورد بیلان آب در مقیاس‌های مکانی بزرگ (مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه)، مجله‌ی تحقیقات منابع آب ایران، شماره‌ی ۲۹، صص ۶۵-۵۱.
۱۱. کاردان رحمت‌اله، عزیزی قاسم، زوار رضا پیمان و حسین محمدی (۱۳۸۸). مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه‌ی موردی: مدل‌سازی اقلیمی حوزه‌ی آبخیز جازموریان با ایجاد دریاچه‌ی مصنوعی)، مجله‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره‌ی ۷، صص ۲۲-۱۵.
۱۲. کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). مبانی آب و هواشناسی، چاپ دوازدهم، تهران: انتشارات سمت.
۱۳. گلزاری پرتو، لیلیا (۱۳۹۱). شبیه‌سازی اثر دریاچه‌ی ارومیه بر اقلیم شمال غرب ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، به راهنمایی آذر زرین، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۴. یاراحمدی، داریوش (۱۳۹۳). تحلیل هیدروکلیماتولوژی نوسان‌های سطح آب دریاچه‌ی ارومیه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۱(۴۶)، صص ۹۲-۷۷.
15. Bates, G. T., Hostetler S. W., Giorgi F., (1995). Two-year simulation of the Great Lakes region with a coupled modeling system. *Mon. Wea. Rev.*, volume 123, pp 1505–1522.
16. Bonan, G. B., (1995). Sensitivity of a GCM simulation to inclusion of inland water surfaces. *J. Climate*, volume 8, pp 2691–2704.
17. Delju, A., Ceylan, A., Piguete, E., & Rebetez, M. (2013). Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, volume 111(1–2), pp 285–296.
18. Eimanifar, A., & Mohebbi, F. (2007). Urmia Lake (Northwest Iran): A brief review. *Saline Systems*, volume 3(5).
19. Fathian F., Morid S., Kahya E. (2014). Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran, *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-014-1120-4.
20. Golabian, H. (2011). Urumia Lake: Hydro-ecological stabilization and permanence. In V. Badescu, & R.B. Cathcart (Eds.), *Macro-engineering seawater in unique environments. Environmental Science and Engineering*. (pp 365–397). Springer Berlin Heidelberg.
21. Hassanzadeh, E., Zarghami, M., & Hassanzadeh, Y. (2012). Determining themain factors in declining the urmia lake level by using system dynamics modeling. *Water Resources Management*, volume 26(1), pp 129–145.
22. Hurley, P. (2002). The Air Pollution Model (TAPM) version 3. Part 1: Technical description. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper number 55.
23. Jalili Sheida, Kirchner Ingo, Livingstone David M. and Morid Saeid, 2012, The influence of large-scale atmospheric circulation weather types on variations in the water level of Lake Urmia, Iran, *Int. J. Climatol*. volume 32 (13), pp 1990-1996.
24. Karbassi, A., Bidhendi, G.N., Pejman, A., & Bidhendi, M.E. (2010). Environmental impacts of desalination on the ecology of Lake Urmia. *Journal of Great Lakes Research*, volume 36 (3), pp 419–424.

25. Luhar, A.K. Venkatram, A. Sang, M.L. (2006). On relationships between urban and rural near-surface meteorology for diffusion applications. Atmospheric Environment, volume 40, pp 6541–6553.
26. Namdar Ghanbari R., Bravo H.R. (2009). Trend and oscillations in the ice-cover duration of Lake Mendota, Wisconsin, USA. Hydrological Sciences Journal, volume 54 (3), pp 497–512.
27. Nataro M., Hollman, K., Zarrin A. (2013). Influence of the Laurentian Great Lakes on Regional Climate, Journal of Climate, volume 26, pp 789 – 804.
28. Pengra, B. (2012). The drying of Iran's Lake Urmia and its environmental consequences. Tech. rep. UNEP Global Environmental Alert Service (GEAS).
29. Rezazadeh M., Irannejad P., Shao Y. (2013). Climatology of the Middle East dust events, Aeolian Research, volume 10, pp 103–109.
30. Tourian M.J., Elmi O., Chen Q., Devaraju B., Roohi Sh., Sneeuw N., (2015), A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran, Remote Sensing of Environment, number 156, pp 349–360.
31. Warner, T.T. (2011). Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge University Press, 548 pp
32. Zarghami, M. (2011). Effective watershed management; case study of Urmia Lake, Iran. Lake and Reservoir Management, volume 27(1), pp 87–94.
33. Zhou, X., Ooka, O., Chen, H., Kawamoto, Y., Kikumoto, H. (2016). Impacts of inland water area changes on the local climate of Wuhan, China, Indoor and Built Environment, volume 25 (2), pp 296–313.

