

شبیه سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ارومیه

فرامرز خوش اخلاق^۱- استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدامین حیدری- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدامین مرادی مقدم- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران

اصغر مولایی پاره- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۳

چکیده

وضعیت پوشش سطح زمین نقش بسیار مهمی در دمای هوا و در لایه خرد و محلی دارد. بطور کلی هرگونه تغییر در سطح زمین پیامدهای آب و هوای شدیدی در این مقیاس ها خواهد داشت. خشک شدن دریاچه های داخلی از مسائل نوظهور آب و هواشناسی می باشد که خشک شدن احتمالی دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران یکی از این نمونه هاست. در این پژوهش از مدل شبیه ساز آلودگی هوا (TAPM)، جهت شناخت اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر تغییرات دمایی ایستگاه مراغه در سال- های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، متوسط دمای سالانه ایستگاه مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ۰,۲۵ درجه سلسیوس افزایش، و در ماه های گرم سال به ویژه اوت و ژوئیه در ساعات میانی روز به طور متوسط افزایش حدود ۴ درجه سلسیوس و همچنین در ماه های سرد به ویژه دسامبر و ژانویه حدود ۳,۵- درجه سلسیوس در متوسط دمای شبانه، کاهش را نشان می دهد. بر این اساس با خشک شدن دریاچه ارومیه دماهای کمینه و بیشینه سالانه در منطقه مورد مطالعه تغییرات محسوسی را نشان می دهند.

کلیدواژه ها: دریاچه ارومیه، شبیه سازی عددی، رژیم دما، TAPM.

۱. مقدمه

پوشش سطحی یکی از مهم ترین عوامل اثرگذار بر دمای هواست؛ بطوری که می تواند منجر به تغییرات زیادی در عناصر آب و هوایی یک منطقه شود. تغییرات حاصله به نوبه خود می تواند منجر به پیامدهایی از جمله تغییر در

شرایط اقلیمی در مقیاس خرد و محلی گردد. امروزه مسئله خشک شدن دریاچه ارومیه یکی از موضوعات چالش برانگیز در سطح ملی محسوب می‌گردد. فارغ از علل و عوامل ایجاد این معضل، بررسی آثار و پیامدهای این پدیده در کوتاه و بلندمدت می‌تواند راهگشای بسیاری از اختلافات موجود باشد. در این پژوهش با استفاده از مدل منطقه‌ای TAPM (مدل شبیه سازی آلودگی هوا) شرایط اقلیمی حاصله از خشک شدن دریاچه ارومیه بر رژیم دمای ایستگاه مراغه مورد واکاوی قرار گرفته است.

از لحاظ نظری جذب انرژی تابشی در هر سطحی، بر انرژی جنبشی اجزای سازنده آن سطح می‌افزاید که در نهایت باعث افزایش گرمای محسوس (دما) آن سطح می‌شود. جذب انرژی گرمایی و تغییرات آن در اجسام به گرمای ویژه، گنجایش و نیز رسانش گرمایی آنها بستگی دارد (برگرفته از کاویانی و علیجانی، ۲۰۰۸: ۸۹). بطور کلی دمای هوا در لایه‌های زیرین و ردسپهر (تروپوسفر) بیشتر توسط ماهیت سطوح زمینی کنترل می‌گردد و لذا تغییرات پوشش‌های سطحی می‌تواند اثرات زیادی بر روی رژیم دمای هوا داشته باشد. ترکیبات سطح زمین یکی از عوامل مهم در جذب مستقیم و غیرمستقیم خورتاب است. تنوع در ترکیبات سطح زمین (و هوا) سبب تفاوت‌های چشمگیری در مقدار انرژی جذب شده و در نهایت دمای زمین و هوا می‌گردد (برگرفته از جعفرپور، ۱۹۸۹: ۳۶). منبع اصلی تولید انرژی گرمایی برای هوا، سطح زمین می‌باشد (علیزاده و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۸). چهارعامل انرژی‌تیک، انتقال گرما و رژیم دما را کنترل می‌کنند، که این چهار عامل شامل رسانایی، گنجایش گرمایی، ضریب انتشار، و جذباتی گرمایی می‌باشد. انرژی گرمایی در طول روز به سمت ژرفای خاک رسانش می‌یابد و در شب روندی وارون دارد (برگرفته از کاویانی، ۲۰۰۲: ۶۰). آب به عنوان اصلی‌ترین ماده موثر در اقلیم دارای ویژگی‌های ذاتی است که سبب کنترل شرایط گرمایی و در نهایت اقلیمی می‌گردد. این ویژگی‌ها عبارتند از: الف) آب نسبتاً شفاف بوده و نور را از خود عبور می‌دهد، ولی زمین به‌عنوان جسم کدر تمام انرژی جذب شده را در عمق کمی متمرکز می‌کند و دمای آن شدیداً افزایش می‌یابد؛ ب) آب در طبیعت بیشترین گرمای ویژه و گنجایش گرمایی را دارد، بنابراین خیلی دیر گرم و سرد می‌شود؛ ج) آب به عنوان یک شماره امکان تحرک دارد، بنابراین جابجایی انرژی در آن سهولت بیشتری داشته که این موجب حفظ تعادل گرمایی در آن می‌شود؛ د) در فرایند تیخیر مقدار زیادی انرژی بدون افزایش در دمای ظاهری آب مصرف می‌شود. این حالت به ویژه در دوره گرم سال سبب کندی افزایش دمای آب و نیز در هوای مجاور آن می‌گردد (خوش اخلاق، ۲۰۰۷: ۴۷). بطور کلی انرژی تابیده شده بر آنها در حجم و جرمی به مراتب بزرگ‌تر از خشکی‌ها توزیع می‌شود و این حالت سبب می‌شود که آنها بطور متعادل‌تری نسبت به خشکی، گرم یا سرد شوند. چون گرمای ویژه آب ۳ تا ۴ برابر خاک معمولی است، لذا انرژی جذب شده آن در واحد حجم برابر با خاک حدود ۳ تا ۴ برابر کمتر است، از این‌رو نوسان دما در سطح آب و نیز هوای مجاور آن باید حدوداً چنین باشد. در مواقع کاهش مقدار انرژی (شب هنگام و فصل سرد) مقدار گرمای ذخیره شده در آنها بیشتر از زمین است و در صورت وجود اختلاف دما بین عمق و سطح آب، انرژی ذخیره شده در ژرفا به سطح منتقل شده و سبب پیرایش

دمای سطح آب و سپس هوای مجاور آن می شود. بنابراین به دلیل گرمای ویژه زیاد آب، نوسانهای گرمایی (و رژیم دما) پهنه های آبی در مقایسه با خشکی ها اندک است. اتلاف شدید انرژی تابشی از سطح زمین، به کاهش دمای هوای مجاور آن منجر می شود، بنابراین جذب یا اتلاف انرژی تابشی در سطح زمین بر روند روزانه و سالانه دما از نظر کمی و کیفی تاثیرگذار است (برگرفته از کویانی و علیجانی، ۲۰۰۸:۱۱۳). این ویژگی در مورد اتلاف شدید شبانه روزی انرژی گرمایی و تغییرات زیاد در دمای هوای مناطق قاره ای دورافتاده به وضوح دیده می شود (همان:۱۱۶).

امروزه مداخلات بی برنامه انسان در طبیعت وضعیت بهنجار سامانه ها و زیست سامانه های محیطی را دچار اختلال کرده که تبعات آن بر زندگی خود انسان نیز اثرات ناهنجاری برجای گذاشته است. اگر فهرستی از ناهنجاری های آب و هوایی ساخته انسان در دهه های اخیر تهیه شود در آن موارد زیادی از جمله سیل های متعدد و بی سابقه، توفان های شدید، گرم شدن زمین، مصرف بی رویه منابع طبیعی، و جدیداً خشک شدن دریاچه های داخلی و... را می توان دید. روند معنی دار گرمایش جهانی و ارتباط آن با تغییرات دما و بارش در نقاط مختلف کره زمین به عنوان مهم ترین چهره های تغییر اقلیم در دهه های اخیر بشمار می رود. در سال های اخیر به ویژه از سال ۱۹۸۰ به بعد متوسط دمای کره زمین به طور مرتب افزایش یافته است. با شروع انقلاب صنعتی و استفاده بی رویه از سوخت های فسیلی، جنگل زدایی و تخریب مراتع به خصوص تخریب جنگل های بارانی مناطق حاره، میزان CO₂ به صورت نمایی افزایش یافته به طوری که از کمتر از 300ppm در ۱۹۰۰ به 375ppm در سال ۲۰۰۰ رسیده است. پیش بینی می شود اگر وضعیت به همین روال ادامه یابد طی ۳۰ الی ۴۰ سال آینده غلظت گاز دی اکسید کربن در جو دو برابر خواهد شد که در نتیجه آن متوسط دمای جو بین ۲ تا ۴٫۵ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت (برگرفته از علیزاده، ۲۰۱۱). نکته قابل توجه این است که روند گرمایش جهانی همراه با افزایش CO₂ جو تشدید شده است (چانگ^۱، ۲۰۰۵:۹۳۸). بنابراین شرایط آب و هوایی در مقیاس سیاره ای و منطقه ای با دخالت های بشری تغییرات محسوس را نشان می دهد. دگرگونی شرایط آب اقلیم شناسی از جمله تغییرات در رژیم آبدهی رودها، تغییر در تراز آب های زیرزمینی و ذخایر انباشتی سطحی مثل دریاچه های طبیعی و مصنوعی همگی نشان از اثرات ترکیبی عوامل محیطی و انسانی است که در دهه های اخیر نقش انسان در آن به مراتب پررنگ تر بوده است. در ایران یکی از چهره های شرایط پیشگفته روند شدید کاهش آب دریاچه ارومیه است، تا آنجا که شواهد موجود حاکی از امکان خشک شدن کامل آن می باشد. در این پژوهش با استفاده از مدل شبیه ساز TAPM اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر رژیم دمای منطقه جنوب شرق دریاچه، ایستگاه مراغه، بررسی شده است. بر این اساس با توجه به نتایج پژوهش های پیشین و همچنین ارزیابی عملکرد موفق مدل TAPM (کاردان، ۲۰۱۰ و هورلی^۲، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳) و علاوه بر این سهولت در اجرای مدل به جهت تحت ویندوز بودن آن و سرعت عمل نسبتاً مناسب مدل و قابلیت های

1 Chang

2 Hurly

دینامیکی و ماهیت منطقه‌ای مدل به منظور شبیه سازی میزان تغییرات احتمالی حاصل از خشک شدن دریاچه ارومیه بر رژیم دمای منطقه جنوب شرق دریاچه از این مدل استفاده شده است.

مدل TAPM توسط دانشمندان سازمان پژوهش صنعتی و علمی مشترک المنافع (CSIRO) در استرالیا گسترش یافت. این مدل به عنوان یک مدل سه بعدی غیر قابل تلخیص، غیر ایستایی، و مدل معادلات ساده است، که از سیستم مختصات داده‌های زمینی استفاده می‌کند (زواررضا و همکاران، ۲۰۰۸). TAPM یک مدل سریع است که بُرد آن در حد منطقه‌ای و میان‌مقیاس (Meso scale) است و برای مدل‌سازی آلودگی هوا و پیش‌بینی هواشناسی مطرح است و همچنین در پیش‌بینی آلودگی هوا برای ارزیابی اثرات این آلودگی‌ها بر محیط دارای اهمیت زیادی است. این مدل از معادلات اساسی جریان‌های جوی، ترمودینامیک، نگهداشت رطوبت و اغتشاش و پراکندگی استفاده می‌کند. بعضی از اطلاعات تهیه شده در مدل شامل شبکه‌های زمین، ارتفاع، پوشش گیاهی، انواع خاک، دمای سطح دریا و اطلاعات هواشناسی در مقیاس همدیدی است. این مدل تا ارتفاع ۸۰۰۰ متری مولفه‌های جوی و اقلیمی را مورد واکاوی قرار می‌دهد که دارای قابلیت‌هایی از قبیل پیش‌بینی آلودگی هوا، توفان‌ها، سرعت و جهت باد و غیره است (شمسی پور، ۲۰۱۲: ۱۷۰). مدل TAPM مدلی بسیار ساده (به محاسبات کمی نیاز دارد) و تا حدودی سریع است (زواررضا، ۲۰۰۸: ۲۷). در این مدل امکان حذف یا تغییر در برخی از عوارض سطح زمین و شبیه سازی اثر آنها بر رفتار فراسنج‌های اقلیمی وجود دارد. این مدل جزء مدل‌های منطقه محدود است و در این نوع مدل‌ها تعیین شرایط مرزی باید لحاظ گردد که در نتیجه، در آنها ویژگی پایسناری در ارتباط با عناصر جوی وجود ندارد. همچنین TAPM مدل منطقه ای غیر هیدرواستاتیک دینامیکی است. داده‌های مورد نیاز در این مدل به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- داده‌های سطح زمین (Terrain) مثل توپوگرافی، پوشش گیاهی، آب و خاک. این داده‌ها با قدرت تفکیک (Resolution) یک کیلومتر در یک کیلومتر بوسیله شرکت ارائه دهنده مدل تهیه شده و سالانه بروز می‌شود. این داده‌ها برای همه نقاط جهان از جمله تمام نقاط ایران تهیه می‌شود اما کاربر می‌تواند این داده‌ها را تغییر داده و اطلاعات مورد نظر خود را به مدل بدهد.

- داده‌های همدیدی و هواشناسی مدل (داده‌های واکاوی است که بوسیله هیئت استرالیایی هواشناسی تهیه می‌شود و هر ساله بروز می‌شود). قدرت تفکیک همدیدی مدل ۷۵ کیلومتر است. این حداقل پوشش مدل است.

- داده‌های نوع سوم بسته به نوع تحقیق بکار گرفته شده دارد. مثلاً اگر پژوهش بر آلودگی هوا متمرکز شود، در این قسمت از داده‌های آلاینده‌ها استفاده می‌شود. در واقع نوع سوم از داده‌ها بر عهده پژوهشگر است. بطوری‌که وی می‌تواند داده‌های شرکتی مدل را تغییر داده و از داده‌های خودش در آن جایگزین نماید. داده‌هایی که به مدل داده می‌شوند باید از نوع ASCII باشند، هر چند که مدل قابلیت تبدیل فرمت‌های مختلف داده‌ها را نیز دارد.

داده‌ها می‌توانند به چهار صورت به این برنامه تغذیه شوند. الف: به صورت نقطه‌ای (Point source) یعنی منطقه مورد مطالعه یک نقطه با مختصات خاص در نظر گرفته می‌شود. مثل یک کارخانه. ب: خطی (Line source). جاده‌ها و خیابان‌ها در این دسته قرار می‌گیرند. انتشارات استخراج شده از جاده‌ها به برنامه داده می‌شود و برنامه آن را به صورت مساوی در طول خط پخش می‌کند و مدل را شبیه‌سازی می‌کند. ج: سطحی (Area source). سطحی با ابعاد خاص به برنامه داده می‌شود و مدل از روی آن ساخته می‌شود. د: شبکه‌ای (Grid source) که ترکیبی از همه موارد ذکر شده در بالاست.

در مجموع مدل TAPM بر پایه دینامیک سیالات و معادلات انتقال عددی به منظور پیش بینی هواشناسی و همچنین تمرکز آلودگی در یک محدوده خاص استوار است. مولفه هواشناسی TAPM تراکم ناپذیر و غیر هیدرواستاتیکی و با لحاظ وضعیت مختصات عمومی سطح زمین برای شبیه سازی سه بعدی است. در این مدل، باد میانگین با مولفه‌های افقی u و v (متر بر ثانیه) از معادله گشتاوری، سرعت عمودی سطح زمینی σ از معادله پیوستگی و دمای واقعی پتانسیل QV (درجه کلونین) از معادله ترکیبی بقایای حرارت و بخار آب تعیین می‌شود (کاردان و همکاران، ۲۰۱۰). زمینه در نظر گرفته شده برای نرم افزار TAPM شبیه سازی متوسط مقیاس هواشناسی، از جمله زمینه‌های پیچیده پراکندگی آلاینده‌های فیزیکی و شیمیایی، و همچنین ارزیابی اثرات زیست محیطی عوامل سطح زمین، در مقیاس و واحد نقطه، خط و سطح می‌باشد (هورلی و همکاران، ۲۰۰۵a).

از جمله محدودیت‌های این مدل می‌توان به محدودیت مقیاس افقی آن که حداکثر تا ۱۵۰۰ کیلومتر می‌باشد، اشاره کرد که به دلیل صرف نظر کردن از محاسبات مربوط به انحنای سطح زمین است. همچنین TAPM را نمی‌توان برای مطالعات مربوط به ترازهای بالایی جو و گردش عمومی عمیق جو و یا حوادث آب و هوایی شدید (طوفان و رعد و برق) مورد استفاده قرار داد.

مدل TAPM نسبت به دیگر مدل‌های هواشناسی مزایای زیادی نیز دارد. از جمله این مزایا می‌توان به تفکیک زمانی پایین بین ۵ تا ۳۰۰ ثانیه‌ای مدل اشاره کرد. همچنین تفکیک پذیری افقی مدل بین ۰٫۱ کیلومتر تا ۳۰ کیلومتر قابل تنظیم می‌باشد و از این جهت نیز قابلیت بسیار مناسب و بالایی را جهت شبیه سازی در مقیاس‌های خرد را دارا می‌باشد. قدرت تفکیک پذیری عمودی مدل نیز بین ۲۰ تا ۵۰ سطح از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰۰۰ متری قابل تغییر می‌باشد و ضمن اینکه خروجی مدل در یک مرحله شبیه سازی در حداقل ۵ سطح قابل دریافت است. از دیگر ویژگی‌های مثبت مدل TAPM تحت ویندوز بودن و قابلیت اجرا بر روی رایانه‌های شخصی آن می‌باشد، که از این جهت موجب استفاده این مدل در ابعاد متعددی در سال‌های اخیر در مناطق مختلف جهان شده است (هورلی و همکاران، ۲۰۰۵b). همچنین مدل اشاره شده دارای قابلیت مناسبی در جهت ارائه گرافیکی نتایج شبیه سازی باد و پراکنش مواد از سطح نیز می‌باشد.

وب سایت CSIRO گزارش‌های متعددی را در زمینه ارزیابی و تأیید عملکرد مدل TAPM در مناطق مختلف جهان و گزارش ۳۱ صفحه‌ای ویژه‌ای را نیز در این مورد ارائه نموده است.^۱ در این زمینه پژوهش‌های متعدد هورلی و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ ضمن تأیید عملکرد این مدل، TAPM را از بسیاری از دیگر مدل‌های هواشناسی برتر دانسته‌اند. همچنین پژوهش سازمان حفاظت از محیط زیست استرالیا نیز در همین زمینه عملکرد مدل TAPM را در شبیه‌سازی‌های هواشناسی و پدیده‌های سطحی مربوط به ترازهای زیرین جو مورد تأیید قرار داده است (فیزیک^۲ و همکاران، ۲۰۰۲).

شبیه‌سازی آب و هوایی به گونه علمی از دهه ۱۹۴۰ میلادی و پیدایش نخستین رایانه‌ها شروع شد و جهت شبیه‌سازی اقلیمی وقایع احتمالی و تطبیق آن با واقعیت و روی هم رفته تحلیل عددی و این‌گونه پژوهش‌ها از عمر علمی چندانی برخوردار نیستند. در زمینه مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر خشکی مجاور آن، خشک شدن دریاچه آرال به وسیله دارمنووا و سوکولیک^۳ (۲۰۰۶) با مدل نرم افزار MM5 انجام شده است و با سه طرحواره تمام دریاچه، نیم دریاچه و دریاچه کامل خشک شده به انتشار گرد و خاک و میزان پراکندگی آن پرداختند. کاردان و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار TAPM تأثیر دریاچه جازموریان بر خشکی زمین‌های مجاور را شبیه‌سازی کردند. آنها با افزایش فرضی سطح آب و ایجاد یک دریاچه مجازی در حوزه، تغییرات منطقه‌ای مانند تغییر دما، سرعت باد و رطوبت نسبی منطقه در مقطع زمانی زمستانی و تابستانی را بررسی کردند و نتایج خروجی مدل قابل قبول ارزیابی شد. مرادی و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی نقش طوفان‌های شن بر اراضی کشاورزی با استفاده از GIS در سیستان پرداختند و نتایج نشان داد که در زمان خشکی دریاچه هامون، رسوبات کف دریاچه باعث رها شدن به اراضی کشاورزی شده که این امر تخلیه سکونتگاه‌های روستایی را در پی دارد. سانگ^۴ (۲۰۰۴) با استفاده از شبیه‌سازی عددی طوفان‌های گرد و غبار در چین را به منظور پیش‌بینی فرسایش بادی در مقیاس منطقه‌ای مورد مطالعه قرار داد. همچنین دارمنووا و سوکولیک (۲۰۰۹) با استفاده از تابع انتشار گرد و غبار DoMo و مدل WRF انتشار گرد و غبار در مناطق مرکزی و شرق آسیا را بررسی کردند. سپانسگی و تگان (۲۰۰۹) انتقال گرد و غبار بیابان صحرا به سمت نواحی گرمسیری اقیانوس اطلس را با استفاده از مدل LM-MUSCAT مورد بررسی قرار دادند.

راشکی و گنجعلی (۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی اثرات فرسایش بادی و پیامدهای ناشی از آن در منطقه سیستان پرداختند. نتایج نشان داد که با وقوع خشکسالی در منطقه سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون که بصورت کمربندی در شمال منطقه قرار دارد و همچنین وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گرد و خاک فراهم آمده است. قنبری و عزیز (۱۹۹۹) الگوی باد را در

1 http://www.cmar.csiro.au/research/tapm/docs/tapm_v4_technical_paper_part2.pdf

2 Physik

3 Darmenova and Sokolik

4 Song

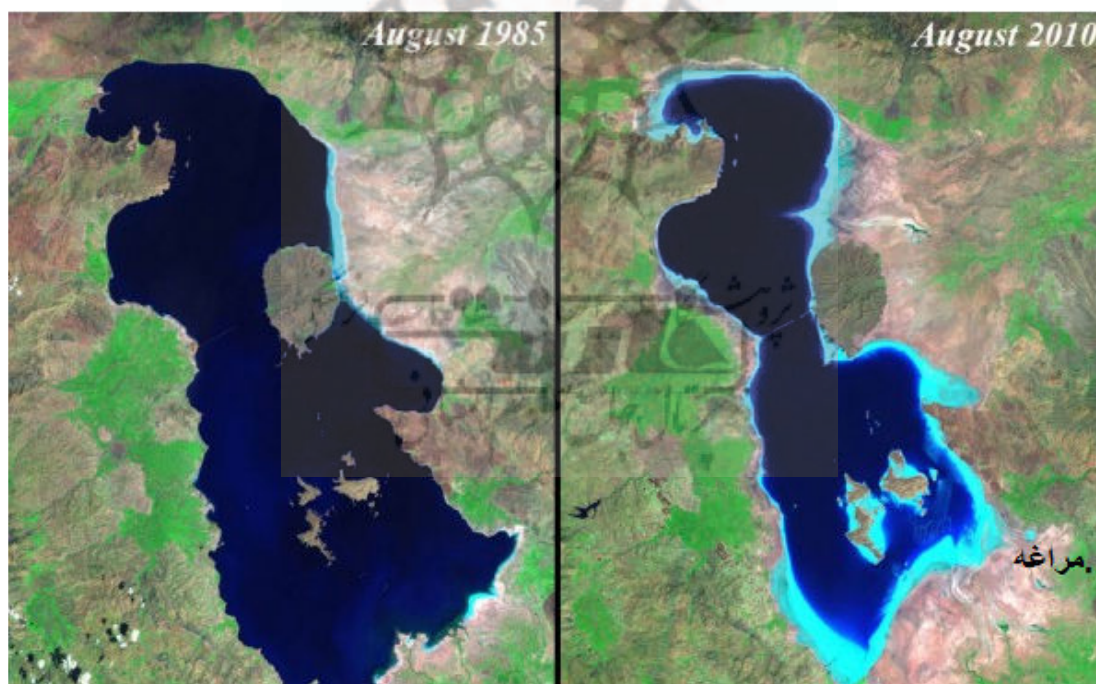
تهران با استفاده از TAPM شبیه سازی کرده و اثر رشته کوه‌های اطراف تهران را در تمرکز آلاینده های موثر دانسته- اند. شمسی پور و همکاران (۲۰۱۳) جزیره گرمایی شهر تهران را با مدل TAPM شبیه سازی کرده و اثر الگوی باد را در جزیره گرمایی شهر موثر برشمرده اند. مدیریان و همکاران (۲۰۱۰) در شبیه سازی سازوکار بارش در خراسان با استفاده از RegCm به این نتیجه رسیدند که این مدل در شبیه سازی بارش خراسان توانمندی کمی دارد و با خطا همراه می باشد. بابائیان و همکاران (۲۰۰۷) حساسیت مدل RegCm₃ را با طرحواره های بارش همرفتی مختلف بررسی کردند. براساس این مطالعه، طرحواره گول با خطای تقریبی 20 درصد، توانمندی خوبی برای پیش بینی بارش کشور دارد. سلطان زاده و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی شبیه سازی حذف رشته کوه زاگرس و اثر آن بر اقلیم ایران به این نتیجه رسیدند که با حذف زاگرس بارش ایران مرکزی اندکی زیادتر می شود، اما با توجه به مجهول بودن پوشش گیاهی زاگرس بطور قطعی نمی توان مشخص کرد که در زاگرس تغییرات چگونه خواهد بود. اشوک (۲۰۰۶) به مدل سازی آلودگی هوا با استفاده از انتشار PM₁₀ در لانستون استرالیا در دوره زمستان پرداخت و در آزمون مدل TAPM جهت بررسی آلودگی سوخت های جنگلی در شهر نتیجه می گیرد که مقایسه دو منطقه شهری و روستایی با یکدیگر از نظر آلودگی و سنجش آن با داده های واقعی، کارایی مدل را تایید می کند.

توفیقی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه ای با مدل MZKE21 به شبیه سازی دو بعدی هیدرودینامیک برای تعیین الگوی جریان دریاچه ارومیه پرداختند و سپس تأثیر عوامل جریان ساز مانند دبی رودخانه ها، تبخیر و باد را در مدل بررسی کردند و نتایج نشان داد در شرایط متعارف رودخانه، باد اصلی ترین عامل به وجود آورنده جریان است. شایان و جنتی (۲۰۰۸) نوسانات مرز پیرامونی دریاچه ارومیه را با استفاده از تصاویر ماهواره ای بررسی کردند و یافته های آنها نشانگر این بود که حداکثر میزان مساحت در دوره زمانی ۱۵ ساله مربوط به سال ۱۹۹۸ و حداقل آن مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی بوده است. برزگر و صدیقیان (۱۹۹۱) با استفاده از داده های ماهواره های لندست MSS و SPOT نشان دادند که اثر احداث بزرگراه در میانه دریاچه باعث تغییراتی در میزان رسوب گذاری در نیمه شمالی و جنوبی شده است، که این امر منجر به تغییراتی در وضعیت تعادل زیست محیطی دریاچه خواهد شد. علوی پناه و خدائی (۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر سنجنده TM میزان غلظت رسوبات شور آب دریاچه ارومیه را مطالعه کرده و نشان دادند که میان گذر روی دریاچه ارومیه اثراتی بر جریان آب و میزان رسوب گذاری در کناره میان گذر داشته است. دلاور و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی تأثیر تغییرات اقلیم را بر دریاچه ارومیه بررسی کردند. در این مطالعه، نوسانات گذشته تراز دریاچه با استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی و اطلاعات دبی، تبخیر و بارش شبیه سازی و سپس با استفاده از مدل HadCM3 از مدل های معتبر گردش عمومی جو با AOGCM است، داده های دما، تبخیر و باران برای دوره ۲۰۰۶-۲۰۹۹ شبیه سازی شد. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات اقلیم نقش موثری در کاهش تراز دریاچه در سال های آینده خواهد داشت.

مطالعات متعددی مرتبط با دریاچه ارومیه انجام شده، اما پژوهشی که در مورد خشک شدن دریاچه و تأثیرات دمایی آن در مناطق اطراف را به صورت مدل‌سازی رایانه‌ای بیان کند کمتر دیده می‌شود. لذا در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی اقلیمی در سطح منطقه ای عوامل تأثیرگذار بر اقلیم منطقه مراغه، در صورت خشک شدن دریاچه مورد پردازش قرار می‌گیرند و به کمک شبیه‌سازی رایانه‌ای، رژیم تغییرات دما در جنوب شرق دریاچه (منطقه هدف مطالعاتی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مجموع هدف این پژوهش شبیه‌سازی رژیم دما در ایستگاه مراغه در شرایط خشکی کامل دریاچه می‌باشد. همچنین از دیگر اهداف این پژوهش آزمون خروجی‌های مدل در شرایط عادی و در مقایسه با داده‌های ایستگاهی منطقه است.

۲. منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه تنها پهنه آبی شمال‌غربی ایران محسوب می‌شود که نقش تأثیرگذاری بر اقلیم این سامان دارد. مراغه از شهرهای مهم استان آذربایجان شرقی در شمال‌غربی ایران و در کنار رودخانه صوفی‌چای با ۱۴۰۰ متر ارتفاع در دامنه جنوبی کوه سهند گسترده شده است. مراغه در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی دریاچه ارومیه در شمال‌غربی ایران و با حدود ۱۵۰ متر ارتفاع از سطح دریاچه قرار دارد. شکل (۱) تصویر ماهواره‌ای منطقه پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱ مقایسه تصویر ماهواره‌ای دریاچه ارومیه در ماه اوت سال ۱۹۸۵ و ۲۰۱۰ (منبع ویکیپدیا)

۳. مواد و روش‌ها

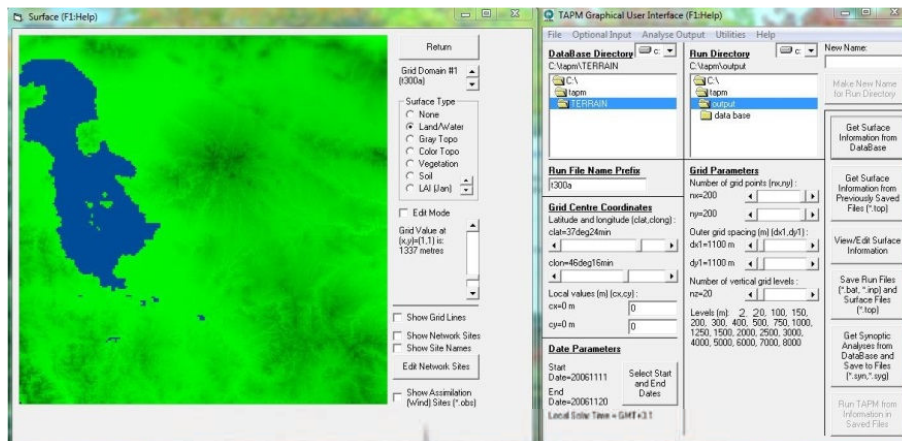
از آنجا که تاکنون تنها داده‌های سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ مدل TAPM در دسترس می باشد، لذا اساس این پژوهش بر داده‌های موجود در کشور در این دو سال قرار گرفته است. به منظور تحقق هدف پژوهش از دو پایگاه داده، الف) شامل داده‌های ایستگاه همدید مراغه در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ و ب) پایگاه داده همدید مدل TAPM استفاده شده است. از این روی داده‌های خروجی مدل با داده‌های ایستگاه همدید مطابقت داده شده و همچنین در مواردی خطاهای موجود در داده‌های خروجی مدل توسط داده‌های ایستگاهی اصلاح گردیده است. در این راستا ۷۳۰ روز در طول دو سال (۲۰۰۳ و ۲۰۰۶) به صورت ساعتی (۱۷۵۲۰ ساعت) توسط مدل شبیه سازی شد، و داده‌ها به صورت متوسط ماهانه، و متوسط ساعتی ماهانه ارائه گردیده است. در این بخش به منظور آشنایی کلی با نحوه اجرای مدل TAPM در این پژوهش طرحواره‌ها و خصوصیات اجرایی مدل به شرح زیر مطرح می گردد.

در شکل ۲، بخش تنظیمات کلی مدل (صفحه موسوم به GUI) و همچنین پهنه منطقه مورد مطالعه در مدل نشان داده شده است. مدل TAPM به منظور اجرای صحیح و قابل اطمینان در زمینه شبیه سازی نیاز به تنظیماتی مانند، طول و عرض ایستگاه یا پهنه منطقه مورد نظر، تاریخ شروع و پایان شبیه سازی، معرفی داده‌های سطحی و داده های همدید به مدل و... دارد. بر این اساس به منظور پوشش کامل منطقه و دریاچه ارومیه و همچنین استفاده از حداکثر توان تفکیک طولی و عرضی مدل، از ۲۰۰ تقاطع طولی و عرضی با ابعاد طولی و عرضی هر پیکسل ۱۱۰۰ متر و ۲۰ تراز ارتفاعی استفاده شده است. در مجموع وسعت محدوده (Buffer) مورد مطالعه در این پژوهش ۴۸۴۰۰ کیلومتر مربع $(200 \times 1.1)^2$ بوده است. در این راستا به منظور تحقق اهداف پژوهش از دو طرحواره کلی برای اجرای مدل به عنوان طرحواره الف و ب استفاده شده است.

طرحواره الف): در این طرحواره که بیانگر شرایط واقعی و وجود پهنه آبی دریاچه در حالت طبیعی سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ بوده و مدل با اجرا در این دو سال خروجی های شرایط واقعی را در اصل برای منطقه مورد مطالعه ارائه نموده است. هدف از اجرای این طرحواره تطابق و واسنجی میزان خطای مدل نسبت به داده های مشاهداتی (ایستگاه همدید مراغه) و در صورت نیاز اصلاح خطاها به روش های آماری بوده است.

طرحواره ب): در این طرحواره تمام متغیرها در حالت قبل ثابت نگه داشته شده و تنها متغیر پوشش آب پهنه دریاچه با نزدیکترین پوشش به پوشش بیابانی و نمکزار در مدل تغییر داده شد. در این راستا پوشش شماره ۱۰ در مدل (شن و ماسه با بافت لوم) در بین تمام بافت‌های خاک موجود در مدل به پوشش زمان خشک شدن دریاچه نزدیکتر تشخیص داده شد (پوششی به عنوان نمک یا نمکزار در مدل وجود ندارد) که در این راستا بیشتر تفاوت پوشش های خاک مربوط به بافت آنها در مدل می باشد. این نوع پوشش با پوشش مناطق بیابانی و خشک سازگاری بیشتری دارد ضمن اینکه در خود داده‌های اصلی مدل مناطق پیشتر خشک شده دریاچه نیز با این نوع پوشش در نظر

گرفته شده‌اند. در مجموع خروجی‌های دما در ارتفاع ۲ متری با داده‌های اصلاح شده طرحواره اول در بازه‌های تغییرات متوسط روزانه و ساعتی ماهانه برازش داده شده و در مجموع متوسط تغییرات سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ در بازه‌های زمانی پیشگفته به صورت نمودار دما ارائه و تفسیر گردیده است.



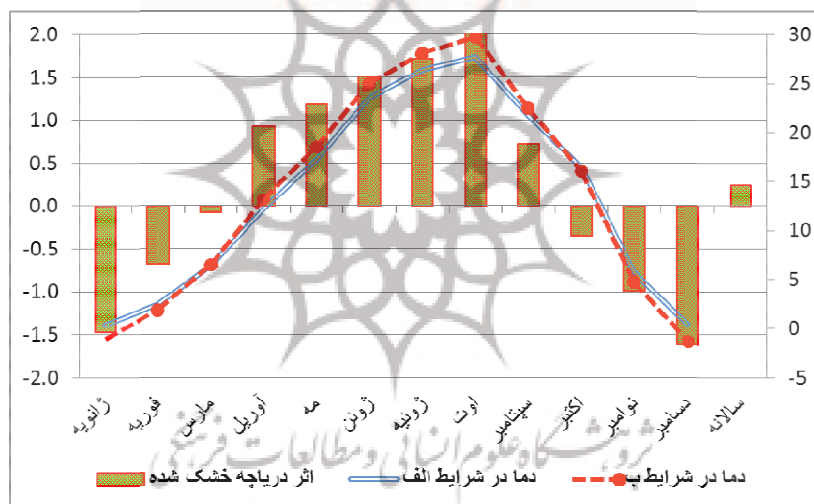
شکل ۲ پنجره GUI سمت راست و منطقه مطالعاتی در مدل TAPM در سمت چپ

۴. بحث و نتایج

تغییر در پوشش سطح دریاچه نقش موثری در آب و هوای مناطق دارد. با توجه به اثر تغییرات زاویه تابش بر ترانزمانه گرمایی منطقه لازم است، تا تغییرات در شرایط مختلف تابشی و دمایی بررسی شود. بدین ترتیب ابتدا تغییرات ماهانه شرایط شبیه سازی شده با شرایط واقعی مقایسه شده و سپس تغییرات روزانه دما به صورت ساعتی در هر ماه مورد مقایسه و واکاوی قرارگیرد.

اختلاف دمای شرایط شبیه سازی شده با دماهای میانگین رخداده نشان می‌دهد که وجود دریاچه در فصل سرد و گرم دارای تاثیرگذاری مشخصی می‌باشد (شکل، ۳). این نمودار روند تغییرات متوسط دمای ماهانه در دو شرایط طرحواره الف و ب (شرایط دریاچه پر آب و شرایط دریاچه خشک) به صورت خطی و میزان اختلاف ایجاد شده در متوسط دمای ماهانه را به صورت نمودار ستونی نمایان می‌سازد. بر اساس شواهد به دست آمده میزان اثرگذاری و جهت آن در ماه‌های سرد سال (اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه) به صورت کاهشی است و در ماه‌های گرم تغییرات به صورت افزایش متوسط دمای ماهانه نمود می‌یابد (مارس، آوریل، مه، ژوئن، اوت و سپتامبر). بر این اساس تعداد ماههایی که روند دمای آنها در مجموع و به صورت میانگین افزایشی است و به صورت مشخصی هم از تعداد و هم از نظر میزان متوسط دما تغییرات بیشتری را نشان می‌دهند. در مجموع اگرچه تغییرات متوسط سالانه دما در شرایط شبیه سازی شده طرحواره ب (شرایط خشک شدن دریاچه) افزایش حدود ۰,۲۵ درجه سلسیوس در متوسط دما را نشان می‌دهد، اما این تغییرات در متوسط دمای ماهانه تا نزدیک به ۲ درجه نیز نوسان دارد. نکته دیگر

اینکه تغییرات دمای کمتر در ماه‌های انتقالی یا به عبارت بهتر فصول انتقالی سال می باشد. بنابراین به نظر می رسد در صورت خشک شدن دریاچه بیشترین تغییرات در سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال خود را شدیدتر نشان خواهد داد. طول روز و مدت زمان تابش خورشید بر سطوح در تغییرات روزانه و متوسط درازمدت دمای آنها اثر دارد، لذا نتایج در اینجا نشان می‌دهد خشکی سطح دریاچه اثرات طول روز و تابش خورشید بر اختلاف دمای شبیه سازی شده را نسبت به شرایط عادی بیشتر کرده بطوری که در ماه‌هایی که طول روز و دما بیشتر است، سطح دریاچه خشک شده و موجب افزایش متوسط دما می‌شود. گرمای ویژه و هدایت مولکولی مختلف اجسام و نحوه توزیع آن سبب می‌شود که تغییرات تابشی و توزیع گرمایی در خشکی و سطح پوشش گیاهی و آب متفاوت باشد (کاوایانی و علیجانی، ۲۰۰۸، ۹۰). در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه، رژیم دمای ایستگاه مراغه به تبع آن بری تر خواهد شد. به اختلاف دمای بین سردترین و گرمترین ماه سال بیش از ۳٫۵ درجه سلسیوس اضافه می‌گردد و این مسئله بر سایر جنبه‌های اقلیمی منطقه نیز تاثیر خواهد داشت. افزایش ۰٫۹ درجه دمای ماه آوریل در مقابل کاهش ۰٫۳ درجه ماه اکتبر نشان دهنده اثر افزایشی بیشتر فقدان دریاچه نسبت به اثر کاهش آن در رژیم دما است (شکل، ۳).



شکل ۳ این نمودار خروجی مدل در زمینه تغییرات ماهانه دما به درجه سلسیوس را در دو طرحواره الف (شرایط طبیعی منطقه مورد مطالعه) و طرحواره ب (شرایط دریاچه خشک شده) به صورت اصلاح شده با داده‌های ایستگاه همدید مراغه به شکل خطی با محور سمت راست، و میزان اختلاف متوسط دما ماهانه طرحواره ب نسبت به الف را به صورت ستونی با محور سمت چپ نمودار نشان می‌دهد.

۴٫۱. مطالعه تغییرات دما به صورت متوسط ساعتی ماهانه

به منظور تلخیص نتایج و ارائه فشرده آن، این بخش در چهار نمودار و به صورت چهارفصل و ماهانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از ارائه این بخش، روشن سازی تغییرات روزانه دما در شرایط خشک شدن دریاچه با شرایط عادی در طول ماه‌های سال می باشد.

الف) سه ماهه اول (ماه‌های، ژانویه، فوریه و مارس)

تغییرات ساعتی متوسط دما در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس (شکل ۴) نشان می‌دهد، در فصل زمستان مهم‌ترین اثر خشک شدن دریاچه به صورت افزایشی دمای کمینه و به ویژه افزایش تعداد و شدت یخبندان‌های شبانه رخ می‌نماید. کاهش محسوس دما در ساعت‌های نبود تابش خورشید نمایانگر بری تر شدن منطقه مورد مطالعه و به عبارتی بهتر خشکی محیط می‌باشد. بر این اساس در این فصل با خشک شدن دریاچه در ساعات عدم تابش خورشید در منطقه مورد مطالعه میزان زیادی از تابش روزانه آن به صورت زمیبتاب (موج بلند) از جو خارج گردیده و به سرعت دما کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین کاهش در این فصل در ماه ژانویه در ساعات حدود ۴ صبح می‌باشد. همچنین نکته قابل تامل دیگر فزونی شیب تغییرات افزایشی و کاهش دما در بازه‌های معین زمانی پس از طلوع و هنگام غروب می‌باشد. بر این اساس با توجه به تغییرات ایجاد شده، خشک شدن دریاچه شیب تغییرات دمای ساعتی روزانه را در این فصل افزایش خواهد داد.

ب) سه ماهه دوم (آوریل، مه و ژوئن)

سه ماهه دوم که به نوعی مطابق فصل بهار تقویمی است، به صورت روند تغییرات مشابه با سه ماهه اول می‌باشد. آوریل به عنوان خنک‌ترین ماه این فصل بیشترین کاهش دما را در ساعات شبانه در شرایط خشک شدن دریاچه نشان می‌دهد. در این ماه در ساعات شبانه حداکثر ۱,۵ درجه از دمای هوا در شرایط واقعی نسبت به شرایط دریاچه خشک کاسته می‌شود، در حالی که در گرم‌ترین ساعات روز در حدود ۲,۵ درجه بر دمای هوا شبیه سازی دریاچه خشک (طرحواره ب) نسبت به شرایط دریاچه پر آب (طرحواره الف) افزوده گردیده است. در ماه‌های مه و ژوئن نیز شرایط تاحدودی مشابه بوده و این تفاوت در کاهش کمتر دمای شبانه و افزایش بیشتر دمای روزانه در شرایط طرحواره ب نسبت به طرحواره الف می‌باشد (شکل ۵).

ج) سه ماهه سوم (ژوئیه، اوت و سپتامبر)

در این بازه زمانی که به عنوان گرم‌ترین ماه‌های سال در دوره مطالعاتی محسوب می‌گردند، شرایط تغییرات دما در طرحواره الف نسبت به طرحواره ب مشابه ماه‌های اشاره شده پیشین است، با این تفاوت که از میزان دمای کاهش شبانه کاسته و بر میزان دمای افزایشی روزانه افزوده می‌گردد. در این فصل بیشترین تغییرات در ماه اوت بوده، که بیشینه متوسط دمای این ماه از کمتر از ۳۴ درجه سلسیوس در طرحواره الف به ۳۸ درجه سلسیوس در طرحواره ب افزایش می‌یابد. همچنین در ماه سپتامبر نیز میزان تغییرات نزدیک به ماه اوت و در حدود ۳,۸ درجه سلسیوس می‌باشد. به هر ترتیب اگرچه تغییرات کاهش دما در متوسط دمای کمینه شبانه در صورت خشک شدن دریاچه در این ماه نیز برآورد شده، اما با این حال میزان تغییرات افزایشی دمای هوا در بازه‌های زمانی گرم روز در

ماه‌های مورد بررسی نسبت به تغییرات کاهشی برآورد شده شبانه به مراتب بیشتر می باشد، بنابراین متوسط دما در این ماه‌ها به سمت دماهای بالا میل می کند. با توجه به نتایج به دست آمده در این بخش دماهای بیشینه فصل گرم در طرحواره ب تغییرات شدید افزایشی و نگران کننده‌ای را نشان می دهد (شکل ۶).

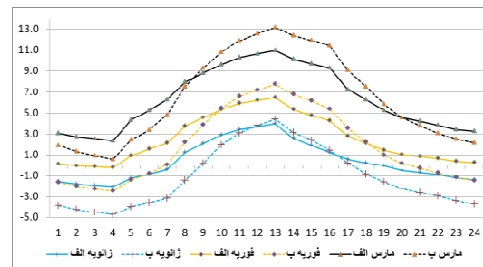
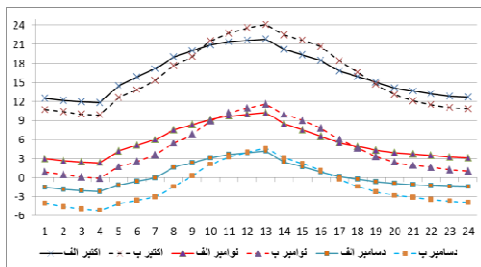
د) سه ماهه چهارم (اکتبر، نوامبر و دسامبر)

با توجه به اینکه این ماه‌ها از جمله ماه‌های سرد سال در منطقه مورد مطالعه محسوب می گردند، از این روی تغییرات کاهشی دمای شبانه در شرایط خشک شدن دریاچه بسیار تشدید می گردد و این تغییرات در ماه دسامبر به عنوان سردترین ماه سال در منطقه بسیار بیشتر و محسوس تر است. اگرچه تغییرات افزایشی دما ساعات گرم روز در ماه دسامبر نیز دیده می شود، اما این مقادیر بسیار اندک و در حد حداکثر ۰,۱ یا ۰,۲ درجه سلسیوس می باشد. از این روی به نظر می رسد طول روز، زاویه تابش و به احتمال زیاد یخزدگی پوشش سطحی در افزایش دمای روزانه بسیار تاثیر گذار می باشد. بیشینه میزان کاهش دمای شبانه به حدود ۳- درجه سلسیوس می رسد (شکل ۷).

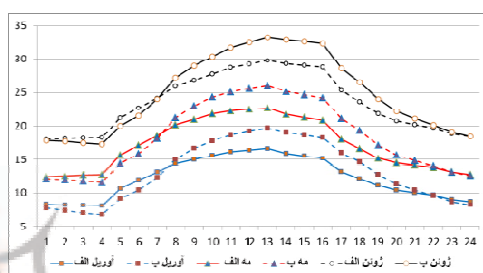
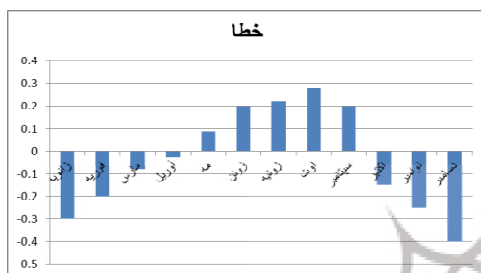
در مطالعات مدل‌سازی اولین گام قبل از هرگونه تجزیه و تحلیلی، ارزشگذاری داده‌های خروجی مدل و اثبات میزان صحت آنهاست (Warnen, 2011). در این بخش به منظور شفاف سازی بحث میزان اریبی و خطای داده‌های مدل و همچنین ارائه میزان مطابقت داده‌های خروجی مدل در طرحواره الف نسبت به داده‌های ایستگاه مشاهداتی منطقه از شکل‌های ۸ و ۹ که مجموع مقادیر متوسط خطا ساعتی ماهانه و همچنین نمودار تغییرات مجموع متوسط مقادیر ساعتی دو ماه دسامبر و اوت (سردترین و گرمترین ماه) استفاده شده است.

در واقع شکل ۸ نشان می دهد، مجموع مقادیر خطا متوسط ماهانه داده‌های بکارگرفته شده در خروجی مدل با داده‌های ایستگاهی بیانگر، رخداد خطای برآورد مدل در سردترین ماه‌ها و گرم‌ترین ماه‌ها می باشد. بدین معنا که مدل اجرا شده به نظر می رسد در برآورد دقیق شاره‌های سطحی و اثر گرمایش و سرمایش سطح زمین و نقش آن در تغییرات دما تا اندازه ای با خطا همراه است. از این رو نمودار تغییرات ساعتی مقادیر خطای مدل به صورت متوسط گیری شده ساعتی ماهانه در دسامبر و اوت در شکل ۹ نشان می دهد، بیشینه مقادیر خطا عمدتاً "مربوط به واداشت های سطحی و همچنین نقش کمینه و بیشینه مقادیر خطا و تغییر روند گرمایش یا سرمایش سطحی نیز در این امر موثر بوده و عمدتاً" در دماهای پایین خطای مدل بیشتر از دماهای بالا می باشد. لازم به ذکر است هیچ شبیه سازی رایانه ای با خطای صفر همراه نیست و بطور کلی مدل سازی محیط طبیعی در فضای مجازی کاری پیچیده و همواره با درصدی از خطا همراه می باشد. بهمین علت خطاهای مدل در شبیه سازی در طرحواره الف محاسبه و در طرحواره ب ضریب آن اعمال گردید، تا بدین صورت نتایج با ضریب خطای کمتری محاسبه گردند.

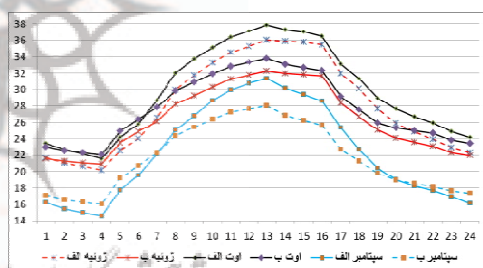
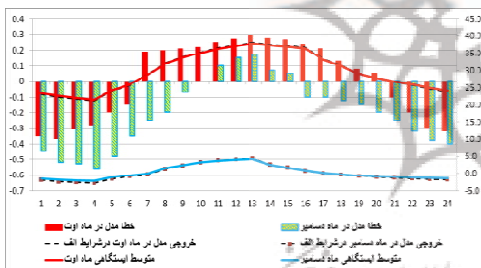
در مجموع اگرچه داده‌های شبیه سازی شده خروجی مدل در طرحواره الف با داده‌های ایستگاهی مراغه تا اندازه ای اختلاف داشته، اما به سبب کمی اختلاف می توان نتایج شبیه سازی مدل TAPM را قابل پذیرش دانست.



شکل ۴. شبیه سازی ساعتی سه ماهه اول متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، شکل ۵. شبیه سازی ساعتی سه ماهه چهارم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، طرحواره الف دریاچه پر آب و طرحواره ب دریاچه خشک



شکل ۶. شبیه سازی ساعتی سه ماهه دوم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، شکل ۷. مجموع خطای ماهانه مدل در شرایط شبیه سازی شده طرحواره الف در مقایسه با داده های مشاهداتی



شکل ۸. شبیه سازی ساعتی سه ماهه سوم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، شکل ۹. متوسط خطای مدل در ماه های دسامبر و اوت در شرایط شبیه سازی شده طرحواره الف در مقایسه با داده های مشاهداتی

۵. نتیجه گیری

تغییرات آب وهوایی حاصل از فعالیت های انسانی و خشک شدن دریاچه های داخلی قاره ها می تواند پیامدهای تغییر اقلیم را در مناطق شدیدتر نماید. نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد تغییر در پوشش سطحی زمین بر دمای هوا بسیار موثر است و همان طور که کاویانی و علیجانی (۲۰۰۸) نیز متذکر شده اند، خصوصیات متفاوت سطح زمین در رژیم دمای هوای مجاور آن، نقش تعیین کننده ای دارد. مسئله خشک شدن دریاچه ها به عنوان یک مخاطره آب وهوایی مسئله ای بسیار مهم است و همان طور که نتایج این پژوهش نشان داد اثرات آن بر شرایط آب وهوایی مناطق

همجوار بسیار تاثیرگذار خواهد بود. خشک شدن دریاچه ارومیه بر اساس خروجی مدل TAPM اثرات مشخصی بر دمای ایستگاه مراغه خواهد داشت و نقش مهمی در بری تر شدن منطقه مورد مطالعه را در پی دارد. در مجموع نتایج شبیه سازی عددی حاضر را می توان به طور خلاصه شامل موارد زیر دانست:

۱) کاهش متوسط دمای هوا در ماه های سرد مثل دسامبر و ژانویه و افزایش آن در ماه های گرم مانند اوت و ژوئیه را می توان از مهم ترین نتایج این پژوهش دانست. بر اساس نتایج به دست آمده از شرایط شبیه سازی شده خشک شدن پهنه آبی دریاچه (طرحواره ب)، متوسط بیشینه دما در ماه های گرم اوت و ژوئیه حدود ۴ درجه سلسیوس افزایش و کمینه دما در ماه های سرد دسامبر و ژانویه بین ۳ تا ۴ درجه کاهش خواهد یافت.

۲) اگرچه بطور میانگین تغییرات متوسط روزانه دما سال های مورد مطالعه (۲۰۰۳ و ۲۰۰۶) افزایشی در حدود ۰,۲۵ درجه سلسیوس را نشان می دهد، اما شرایط بری منطقه با افزایش متوسط کمینه و بیشینه به میزان ۸ درجه سلسیوس نیز افزایش خواهد یافت.

۳) انتظار می رود در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه فصل سرد سال و به ویژه ماه های دسامبر و ژانویه با سرماهای شبانه بسیار شدیدی همراه شود که نتایج مدل سازی نیز غلبه شرایط بری را در خروجی شبیه سازی شده نشان داد.

۴) نتایج این پژوهش نشان می دهد دریاچه ارومیه اثر مشخصی در پیرایش آب و هوای پیرامونی و منطقه مورد مطالعه دارد که این ویژگی برای مناطق همجوار آن کاملاً آیدیه می شود. در صورت خشک شدن احتمالی دریاچه ساعات روز بویژه در ماه های گرم افزایش مشخص دما را تجربه خواهد کرد و در مقابل کاهش محسوس دما در ساعات شب دیده خواهد شد.

۵) مدل TAPM اگرچه در برآورد دما با خطای اندکی همراه است (به طور متوسط ، حداکثر حدود ۰,۵ درجه سلسیوس با داده های ایستگاه مشاهداتی تفاوت نشان داد) اما در صورت برآزش و واسنجی داده های خروجی آن با داده های ایستگاهی قابلیت بسیار مناسبی جهت مدل سازی در سطح منطقه ای را در آب و هوا شناسی خواهد داشت.

کتابنامه

- توفیقی، محمدعلی، زین الدینی، مصطفی و اصغر، گلشنعلی، (۱۳۸۵)، شبیه سازی دو بعدی هیدرودینامیک دریاچه ارومیه برای تعیین الگوی جریان، نشریه مهندسی دریا، سال سوم، شماره ۴
- جعفرپور، ابراهیم (۱۳۶۷)، اقلیم شناسی، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.
- خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۸۵)، میکروکلیماتولوژی پیشرفته، جزوه درسی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، صص ۱۰-۱۵.

- دلاور مجید، مرید سعید و مهدی شفیع‌فر، (۱۳۸۷)، ارزیابی ریسک تراز دریاچه ارومیه و تاثیر تغییر اقلیم بر آن، علوم کشاورزی ایران، ۳۹ (۲)، ۳۷۹-۳۸۸.
- راشکی علیرضا و مجتبی گنجعلی، (۱۳۸۶)، بررسی اثرات فرسایش بادی و پیامدهای ناشی از آن در منطقه سیستان، دهمین کنگره علوم خاک ایران
- سلطان زاده ایمان، ایران نژاد پرویز، احمدی گیوی فرهنگ، (۱۳۸۶)، بررسی سه ماهه تاثیر رشته کوه های زاگرس بر جریان های میان مقیاس منطقه شرق زاگرس با استفاده از مدل منطقه ای RegCM، مجله فیزیک زمین و فضا. ۱۳۸۶؛ ۳۳(۱): ۳۱-۵۰.
- شایان سیاوش و مهدی جنتی، (۱۳۸۶)، شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (سنجنده‌های ETM, TM & LISSIII)، پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲، ۲۵-۳۹.
- شمسی پور، علی اکبر (۱۳۹۰)، جزوه درسی نقشه ها و نمودارهای اقلیمی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، صص ۱۷۰-۱۸۰.
- شمسی پور، علی اکبر، مهدیان ماهفروزی، مجتبی، اخوان، هانیه، حسین پور، زینب (۱۳۹۱) واکاوی رفتار روزانه جزیره گرمایی شهر تهران، مجله محیط شناسی، دوره ۳۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱.
- علوی پناه سید کاظم و خدائی، کمال (۱۳۸۱)، مطالعه اثر میان‌گذر دریاچه ارومیه بر پارامترهای کیفی آب، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، همایش میان‌گذر دریاچه ارومیه و محیط زیست، ۲۰-۲۱ آذرماه، ارومیه.
- علیزاده، امین، ۱۳۹۰، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سی و یکم، انتشارات دانشگاه امام رضا.
- علیزاده، امین، کمالی، غلامعلی، موسوی، فرهاد، موسوی بایگی، محمد (۱۳۹۰)، هوا و اقلیم شناسی، چاپ چهاردهم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- قنبری، حسین علی، عزیزی، قاسم، (۱۳۸۷)، شبیه سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران براساس الگوی باد، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸، صص ۳۷-۵۵.
- کاردان رحمت‌اله، عزیزی قاسم، زواررضا پیمان و حسین محمدی، (۱۳۸۸)، مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه موردی: مدل‌سازی اقلیمی حوزه آبخیز جازموربان با ایجاد دریاچه مصنوعی)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم شماره ۷.
- کاوایی، محمدرضا (۱۳۸۰) میکروکلیماتولوژی، انتشارات سمت.
- کاوایی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۸۶)، مبانی آب و هواشناسی، چاپ سیزدهم، انتشارات سمت.
- مدیریان، راهله، بابائیان، ایمان، کریمیان، مریم، (۱۳۸۸) پیکربندی بهینه مدل RegCM3 برای شبیه سازی بارش و دما در فصل پاییز منطقه خراسان در دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۰، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۰، صص ۴۴-۵۸.
- مرادی محمدرضا، یاری ژیلا و فخریه اکبر، (۱۳۸۷)، نقش بازدارندگی دریاچه هامون بر اراضی کشاورزی سیستان با استفاده از GIS، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب.

- Alavipanah, K., Khodaei, K., 2000. Effects of causeway lake water quality parameters using satellite data and Environment Conference. 20-21 November causeway Lake Urmia.
- Alizadeh, A., 2011. Principles of Applied Hydrology. published thirty-first. Imam Reza University Publications.
- Alizadeh, A., Kamali, G.H. Mousavi, F., Mousavi Bayeghi, M., 2011. weather and climatology. Fourteenth Edition. published by University of Mashhad.
- Ashok, K., 2006. Modelling PM10 Concentrations and Carrying Capacity Associated With Woodheater Emissions in Launceston Tasmania. Atmospheric Environment 40. 5543–5557.
- Babaeian, I., Modirian, R. & Karimian, M., 2007. Sensitivity Analysis of Different Convection Schemes and Center Domains for Numerical Simulation of Winter Precipitation over Iran. Journal of Aerospace Science and Technology Vol. 4, No. 2. PP. 33-42.
- Barzegar, F., and Sadighian, I., 1991. Study of highway construction effects on sedimentation process in lake urmia (N.W. Iran) on the basis of satellite data. International. A Multi-disciplinary Journal of Remote Sensing, Vol .b.
- Chang, K., 2005. Global Warming-An Opportunity for Visionary Leadership. Human and Ecological Risk Assessment. 11:937–938.
- Darmenova, K., Sokolik, I. N., Shao Y., Marticorena B., 2009. Development of a physically based dust emission module within the Weather Research and Forecasting (WRF) model: Assessment of dust emission parameterizations and input parameters for source regions in Central and East Asia ,Journal of Geophysical Research. vol. 114, 297-310.
- Darmenova, K., Sokolik, I. N., 2006. Assessing uncertainties in dust emission in the Aral Sea region caused by meteorological fields predicted with a mesoscale model. Global and Planetary Change 56. 297-310.
- Delaware, M., Morid, S., Shfyftr, M., 1999. risk assessment and the impact of climate change on the level of Lake Urmia. Iran Agricultural Science. 39 (2), 379-388.
- Ghanbarii, H. A., Azizii, G.H., 1999, Numerical simulation of air pollution in Tehran on wind patternsi, Geography Studies, No. 68i, pp. 37-55.
- Hurley, P., 2000. 'Verification of TAPM meteorological predictions in the Melbourne region for a winter and summer month.' Aust. Met. Mag., 49, 97-107.
- Hurley, P., 2005. 'The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 1: Technical description.' CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 71. 54 pp.
- Hurley, P., Physick W., Luhar A. and Edwards M., 2005. 'The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 2: Summary of some verification studies.' CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 72. 36 pp.
- Hurley, P., Manins P., Lee S., Boyle R., Ng Y. and Dewundege P., 2003. 'Year-long, hi-resolution, urban airshed modelling: Verification of TAPM predictions of smog and particles in Melbourne, Australia', Atmos. Environ., 37, 1899-1910.
- Hurley, P., Blockley A., and Rayner K. 2001. 'Verification of a prognostic meteorological and air pollution model for year-long predictions in the Kwinana region of Western Australia.' Atmos. Environ., 35, 1871-1880.

- Jafapour, E., 1989. climatology, seventh edition, published in Tehran University.
- Kardan, R., Azizi, G.H., Zvarra P. H. MohammadiH., 2010. Modeling the impact on neighboring lakes (Case Study: Climate Modeling watershed Jazmoryan creating an artificial lake). Iranian Journal of Science and Watershed Engineering., Third Year, No. 7.
- Kaviani, M., Alijani, B., 2008. Foundations of Climatology., thirteenth edition., publisher Samt.
- Kaviani, M., 2002. Microclimatology, publisher samt.
- Khvshakhaq, F., 2007. micro-climatology advanced graduate coursework booklet. Department of Geography. Tehran University, pp. 10-15.
- Moradi M.R., J. Yary., Fakhyreh A., 2009. inhibited Sistan lake on agricultural lands using GIS. International Conference on Water Crisis Tehran.
- Modirian., R., Babaeian I. Karimiyan., M., 2010. Optimal configuration RegCM3 model to simulate the temperature and precipitation in autumn Khorasan region in the period 1991-2000. the study of Geography, No. 70., pp. 44-58
- Physick, W.L., Cope, M.E. and Stuart, A., 2002. 'Evaluation of a opulation-surrogate emissions inventory for Perth using TAPM. Proceedings of the 6th International Clean Air and Environment Conference. Christchurch, New ealand, August 2002.
- Rashky, A. R., Ganjali, M., 2008. Effects of wind erosion and its consequences in Sistan. Iran Congress of Soil Science.
- Schepanski, K. , Tegen, I., Macke. A., 2009. Atmospheric Chemistry and Physics. 9, 1173–1189.
- Shamsipour, A.A., Mahdian Mahfruzay, M., Akhavan, H., Hossein Pour, Z., 2013. Analysis of urban heat island Tehran daily behavior. Journal of Ecology. Volume 38. Number 4, Winter.
- Shamsipour, A.A., 2012. pamphlet curriculum of maps and graphs of Climate. Department of Geography. Tehran University, pp. 170-180.
- Shayan, S., Jannati, M., 2008. Identification of volatile suspended solids in the lake perimeter borders and distribution map using satellite imagery (Landsat sensors ETM, TM & LISSIII). Geographical Research, 62, 25-39.
- Soltanzadeh, I., Irannzhad, P., Ahmadi Givi, F., 2008. investigated the effect of three months of the scale of the Zagros Mountains of East Zagros region using a regional model RegCM. Journal of Earth and Space Physics. 2008, 33 (1) :31-50.
- Tofghi, M.A., Zeinaldine, M. and A., Golshanaly., 2007. two-dimensional hydrodynamic simulations of Lake Urmia to determine the flow patterns. Journal of Marine Engineering. Third Year, No. 4.
- Warner, T.T., 2011. Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge University Press, 548 pp.
- www. wikipedia.org.
- www.csiro.au/en/Outcomes/Environment
- Zawar-Reza, P., 2008. Numerical analysis of the '120 day wind' over the Sistan Region, South-West Asia with TAPM. Clean Air and Environmental Quality 42: 21-24.
- Zhenxin, S., 2004. A numerical simulation of dust storms in China. Environmental Modelling & Software 19, 141–151.