مدل‌سازی هواشناسی تأثیر دریاچه زریوار بر میزان عرضه و تقاضای انرژی مناطق پیرامون

غلامرضا روشن[1*]
قاسم لگزاشکور[2]

۱. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

*مسئول مکاتبات:
r.rowshan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۶
کد مقاله: ۱۳۹۷۰۱۰۳۴۸
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

با فراگیر شدن شبیه‌سازی نرم‌افزاری اقلیم منطقه‌ای، این امکان به وجود آمده است تا سناریوهای گوناگونی همچون تأثیر پر آب‌کردن یک دریاچه یا خشک‌کردن آب آن و تأثیر آن بر شرایط اقلیمی منطقه هم‌جوارش، در دنیای مجازی رایانه‌ای شبیه‌سازی گردد. دریاچه زریوار به‌عنوان یکی از دریاچه‌های مهم شمال غرب کشور گاهاً در دوره‌های خشک‌سالی با تهدید کاهش پهنه آبی مواجه می‌باشد که این عامل می‌تواند به‌طور مستقیم بر مؤلفه‌های اقلیمی نواحی پیرامون خود و تأثیرات غیرمستقیمی بر تغییرات شاخص‌های HDD و CDD به‌عنوان مؤلفه‌هایی برای ارزیابی عرضه و تقاضای انرژی داشته باشد. بدین منظور در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار TAPM، دو سناریوی پر آب بودن (شرایط واقعی دریاچه) و خشک‌کردن دریاچه اجرا گردید تا بتوان میزان تغییرات شاخص‌های HDD و CDD برای شهر مریوان که در همسایگی دریاچه واقع گردیده، شبیه‌سازی نمود. اما پیش از آن بر مبنای داده‌های واقعی و روزانه حداقل و حداکثر دما برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰، میانگین ماهانه HDD و CDD شهر مریوان محاسبه و در گام بعد تغییرات روند این دو مؤلفه به‌وسیله رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتریک منکندال (t) مورد واکاوی قرار گرفت. با توجه به داده‌های درازمدت مشاهداتی مشخص گردید که تنها روند معنادار تغییرات دو شاخص HDD و CDD برای مارس وجود دارد. این تغییرات به ترتیب برای شاخص HDD و CDD با آماره‌های (t=-۲/۲۰; R=- ۰/۵۴) و (t= ۰/۳۸ ; R=۰/۴۱) مؤید کاهش نیاز به انرژی گرمایشی و افزایش انرژی سرمایشی در این ماه می‌باشد. همچنین خروجی‌ها نشان می‌دهند که در سناریوی دریاچه خشک، میزان HDD برای غالب ماه‌های سرد سال نسبت به دریاچه پر آب افزایشی و از طرف دیگر مقدار CDD نیز در ماه‌های گرم سال افزایش نشان می‌دهند. از طرف دیگر بر اساس میانگین سالانه، یافته‌ها نشان دادند که خشک شدن دریاچه زریوار باعث کاهش ۳۰ درجه- روز کالری تقاضای انرژی در بخش گرمایشی و افزایش ۱۱۱ درجه- روز کالری در بخش خنک‌کنندگی خواهد گردید.

واژگان کلیدی: تقاضای انرژی، دریاچه زریوار، طرح‌واره‌های اقلیمی، مدل‌سازی هواشناسی.

مقدمه

توجه به تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر به علت نتایج اقتصادی، اجتماعی و خسارات مالی مربوط به رویدادهای حدی جوی اهمیت زیادی پیداکرده است. در اکثر مطالعات توجه به تغییر اقلیم فقط درصدد آشکارسازی روندهای پتانسیلی یا نوسانات در متوسط طولانی‌مدت علائم اقلیمی است. در این میان عوامل تغییر اقلیم را می‌توان به دودسته تقسیم کرد که شامل عوامل طبیعی و انسانی می‌باشد. دراین‌بین تأثیر عوامل انسانی از زمان انقلاب صنعتی و در دهه‌های اخیر همراه با رشد و افزایش جمعیت دنیا و به دنبال آن رشد بی‌رویه شهر گرایی، شدت زیادی یافته است. یکی از مؤلفه‌های اقلیمی تأثیرپذیر از دگرگونی‌های اقلیمی مؤلفه دما می‌باشد. به‌نوعی که میانگین دمای سالانه کره زمین در دهه‌های اخیر حدود ۰/۵ تا ۰/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است (فرج زاده، ۱۳۹۳). افزایش دما می‌تواند مؤلفه‌های بسیاری را نظیر افزایش تبخیر و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

تعرق، کاهش آب دریاچه‌ها و یا اینکه میزان عرضه و تقاضای انرژی را تحت تأثیر قرار دهد. لذا یکی از اثرات گرمایش جهانی تهدید و خشک شدن برخی پهنه‌های آبی نظیر دریاچه‌ها می‌باشد. به‌هرحال کشور ایران با توجه به قرارگیری بر روی کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان بیشتر مستعد تأثیرپذیری از تأثیرات منفی گرمایش جهانی بوده است. شاهد این ادعا تجاربی از خشک شدن دریاچه‌هایی نظیر مهارلو، ارومیه و غیره برای سال‌های اخیر می‌باشد.

امروزه با گسترده شدن نرم‌افزاری‌های شبیه‌سازی اقلیم منطقه‌ای، این امکان به وجود آمده است تا طرح‌واره‌های مختلفی نظیر پرآب‌کردن یک دریاچه یا خشک‌کردن آن و تأثیر این تغییرات بر شرایط اقلیمی منطقه و یا همچنین تأثیر کوه بر خشکی‌های مجاور در دنیای مجازی رایانه ای شبیه‌سازی گردد. شبیه‌سازی دقیق وضعیت حرکت سیستم‌های جوی به‌گونه‌ای کامل امری دشوار می‌باشد، زیرا سیستم‌های جوی به وجود آورنده اقلیم هر منطقه به‌شدت تحت تأثیر پدیده‌های اقلیمی جهانی و عوامل محلی مثل توده‌های آبی، ارتفاعات، کاربری اراضی و غیره قرار می گیرند. لازم به ذکر بوده که شبیه‌سازی در تعیین شرایط اقلیمی نمی‌تواند کار ساده‌ای باشد بلکه مستلزم مدل‌سازی پدیده‌های متعددی در حالات مختلف و دخالت چندین رشته علمی از علوم ریاضیات گرفته تا فیزیک، شیمی، انفورماتیک، اقلیم‌شناسی، زیست‌شناسی و غیره می‌باشد. در اجرای مدل، از ریزرایانه‌های با پردازنده‌های سریع استفاده می‌شود که وضعیت جو و شرایط سیالات حاکم بر آن را با معادله‌های پیچیده از راه زبان‌های برنامه‌نویسی مدل‌سازی می‌کنند و با به‌کارگیری علوم فیزیک و مکانیک سیالات در طراحی و ترسیم نمودارها و نقشه‌های مرتبط برای مدت‌زمانی مشخص، شرایط جو در آینده پیش‌بینی می‌گردد (Rose *et al*., 1995; new *et al*., 2002; Schmidt *et al*., 2005; Salathé *et al*., 2007; Pozzer *et al*., 2011; Feldhoff *et al*., 2015).

در جو زمین پیش‌بینی پدیده‌های غالب به دو شیوه‌ی مدل‌سازی دینامیکی و آماری انجام می‌گیرد. مدل‌های دینامیکی معمولاً بر مبنای قوانین فیزیکی انجام می‌پذیرد. شناخت دقیق این قوانین با دشواری‌های بخصوص خود مواجه است زیرا این قوانین همواره با سه فاز جامد، مایع و بخارآب و تبادلات انرژی بین این سه فاز در ارتباط هستند و از طرفی به‌کارگیری این قوانین در زمان واقعی نیز با مشکلاتی روبه‌رو است. در مدل‌های آماری، عوامل عمده فیزیک پدیده را کمتر موردتوجه قرار می‌دهند و تنها بر تعیین ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها و عملیات آماری تأکیددارند. این گروه از مدل‌ها ازنظر سهولت استفاده بر مدل‌های دینامیک برتری دارند (روشن و همکاران،۲۰۱۳). بنابراین با توجه به این‌که دیدگاه کلی حاکم بر جوامع علمی، توافق نظر دارند که نتایج مدل‌های دینامیکی بر مدل‌های آماری برتری دارند، مدل انتخاب‌شده‌ی این پژوهش از نوع دینامیکی بوده است. یکی از طرح‌واره‌ها که در مدل‌سازی‌های هواشناسی موردتوجه قرار می‌گیرد، مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر شرایط آب‌وهوایی نواحی پیرامون می‌باشد. به‌طور واضح مشخص است که پهنه‌های آبی می‌تواند بر ویژگی‌های هیدروکلیمایی نواحی پیرامون خود تأثیرگذار باشند. به‌عنوان‌مثال بیشتر ایام سرد سال ریزش‌های برف در سرتاسر سواحل شرقی ایالات‌متحده، از عامل دریاچه تأثیر می‌پذیرند (Changnon, 1972).

تأثیر دریاچه بر اقلیم خشکی‌های مجاور آن دارای سازوکاری همانند نسیم دریا و خشکی است که وجود آن، رطوبتی مناسب و جریان هوایی مطبوع از سوی توده آبی به خشکی را موجب می‌گردد و همچنین در تعدیل دمای هوای نواحی هم‌جوار و بعضاً ممکن است بر نوسانات مقادیر شاخص‌هایی نظیر درجه- روز انرژی سرمایشی و گرمایشی تأثیرگذار باشد. درزمینه‌ی مدل‌سازی هواشناسی بر روی اثر دریاچه بر تغییرپذیری مؤلفه‌های اقلیمی نظیر تغییر دما، رطوبت، بارش، میزان گردوغبار و کیفیت هوا مطالعات مختلفی انجام شده‌است. Sills و همکاران (۲۰۱۱) اثر نسیم دریاچه در ناحیه دریاچه‌های بزرگ جنوبی را بر روی کیفیت هوای نواحی مجاور بر مبنای داده‌های سال ۲۰۰۷ مورد ارزیابی قراردادند. اگرچه در سطح بین‌المللی در خصوص تأثیر دریاچه بر شرایط اقلیمی نواحی مجاور کارهای فراوانی انجام پذیرفته است، اما برای ایران کمتر پژوهشی در این خصوص انجام‌شده است که خود این عامل به‌عنوان یکی از انگیزه‌های شکل‌گیری پژوهش حاضر می‌باشد. ازجمله محدود کارهای انجام‌شده در ایران می‌توان به پژوهش کاردان و همکاران (۱۳۸۸) در خصوص اجرای دو سناریوی پر آب نمودن و خشک‌کردن تالاب هامون در بخش شرقی ایران اشاره کرد. در آن پژوهش خروجی‌ها نشان دادند، در سناریویی که تالاب پرآب در نظر گرفته می‌شود مقادیر نم

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

نسبی منطقه افزایش‌یافته و از طرف دیگر بر مبنای سناریوی پر آب نمودن تالاب تأثیر تعدیل‌کننده تالاب بر مقادیر دما، به‌ویژه در دماهای شبانگاهی برای دو فصل پاییز و بهار در مقایسه با سایر ماه‌ها قابل‌ملاحظه‌تر می‌باشد. همچنین در تحقیقی دیگر با توجه به مدل‌های مزوکلیما، تغییرات روزانه نسیم دریا برای سواحل جنوبی خزر مدل‌سازی گردید (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین با توجه به نقش مهم و تأثیرگذار دریاچه‌ها بر رژیم اقلیمی مناطق هم‌جوار، مطالعات فراوانی در سطح بین‌المللی انجام پذیرفته که به دلیل محدودیت فضای مقاله فقط به منابع آن اشاره می‌شود (Long *et al*., Lofgren *et al*., 1997; Bonan *et al*., 1995; Bates *et al*., 1993; Bitan *et al*., 1974; 2007).

در پژوهش حاضر، دو طرح‌واره متفاوت که یکی خشک و دیگری پر آب بودن دریاچه زریوار می‌باشد، موردتوجه قرارگرفته است. در حیطه‌ی اقلیم‌شناسی، فرض طرح‌واره‌ای که در آن دریاچه زریوار خشک در نظر گرفته می‌شود مسئله‌ای اغراق‌آمیز نمی‌باشد، زیرا برخی مطالعات همانند Zarghami و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که برمبنای سناریوی تغییر اقلیم A2 میزان دمای سالانه دهه‌های آینده نواحی شمال غرب کشور، به میزان ۲/۳ درجه افزایش و مقدار بارندگی ۳ درصد کاهش خواهد یافت که این وضعیت باعث تغییر اقلیم منطقه از حالت نیمه‌خشک به خشک گردیده و نتایج بعدی را نظیر کاهش آب پهنه‌های آبی را به دنبال خواهد داشت. همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد دریاچه‌ها بر تعدیل دمای نواحی پیرامون خود تأثیرگذار بوده که این شرایط برای نواحی که هم‌جوار با پهنه‌های آبی نیستند ملاحظه نمی‌گردد. لذا باوجود و عدم وجود دریاچه تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای بر روی نوسانات دمایی شهرهای پیرامون به وجود آمده که این تغییرات دما می‌تواند در میزان شاخص درجه-روز انرژی گرمایشی و سرمایشی و درنهایت عرضه و تقاضای انرژی تأثیرگذار باشد. حال بر اساس مطالب فوق‌الذکر می‌توان هدف اصلی پژوهش حاضر را به واکاوی نقش کلیدی دریاچه‌زریوار بر تغییرپذیری شاخص درجه- روز به‌عنوان معیاری در تقاضا و مصرف انرژی در بخش گرمایش و خنک‌کنندگی شهر مریوان تعیین نمود. لازم به ذکر است که مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که دیدگاه و روش تحقیق حاضر در ارزیابی نقش هواشناسی دریاچه بر میزان عرضه و تقاضای انرژی به‌عنوان اولین کارها در سطح کشور بوده که موجب تازگی و نوآوری موضوع مقاله کنونی شده است.

در این پژوهش محدوده موردمطالعه شامل دریاچه زریوار با ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی، در سه کیلومتری شمال غربی شهرستان مریوان در استان کردستان و در رشته‌کوه‌های زاگرس در شمال غرب ایران قرار می‌باشد. ارتفاع این دریاچه از سطح دریا شامل ۱۲۸۴ متر بوده که در میان کوه‌های پوشیده از جنگل بلوط قرارگرفته است. بیشترین عمق دریاچه ۷ متر و میانگین عمق آن ۳ متر بوده (بهروزی راد، ۱۳۸۷) ولی طول دریاچه ۴/۸ کیلومتر و عرض آن ۲/۱ کیلومتر است. مساحت آب دریاچه معادل ۹/۸۷ کیلومترمربع و متوسط آبدهی سالانه‌ی دریاچه در حدود ۴۲/۷ میلیون مترمکعب (۱/۳۶ مترمکعب در ثانیه) می‌باشد. شهرستان مریوان نیز دارای جمعیتی معادل ۱۱۰۴۶۴ نفر و مساحت ۲۳۲۶ کیلومترمربع بوده که با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریای آزاد، ازلحاظ اقلیمی نیمه مرطوب با میانگین بارندگی سالانه به میزان ۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین دمای ماهیانه در بهمن، سردترین ماه سال و مرداد، گرم‌ترین آن به ترتیب برابر ۵ درجه و ۱/۲۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حرارت سالیانه در منطقه ۸/۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (اداره هواشناسی شهرستان مریوان، ۱۳۸۷).

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های روزانه حداقل و حداکثر دما سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ و بر مبنای روابط ۱ و ۲ شاخص‌های درجه-روز نیاز به انرژی گرمایشی (HDD) و سرمایشی (CDD) محاسبه گردید. اما پیش از انجام هر نوع محاسبات کنترل کیفیت داده‌ها انجام و جهت بازسازی داده‌های مفقود از روش رگرسیون خطی استفاده گردید.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

یکی از روش‌های برآورد مقدار انرژی موردنیاز جهت گرم کردن و یا سرد کردن محیط‌های مسکونی انسان، بهره‌گیری از شاخص‌های درجه- روز گرمایش یا سرمایش با توجه به پارامترهای اقلیمی است. به‌طورکلی میزان نیاز به گرمایش و سرمایش بنا به تعریف جمع تفاضل میانگین‌های دمای روزانه از آستانه معین در دوره مشخص سال می‌باشد و برحسب درجه- روز بیان می‌شود. به‌طورکلی دماهای مبنای مختلفی برای محاسبه HDD و CDD توسط محققان مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان نمونه Petralli و همکاران (۲۰۱۱)، در واکاوی برخی شاخص‌های اقلیمی من‌جمله HDD و CDD برای شهر فلورانس ایتالیا، محدوده ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد را به‌عنوان دامنه آسایش انتخاب نمودند. در مطالعه‌ای دیگر برای عربستان سه آستانه آسایش حرارتی به‌منظور محاسبه نیاز سرمایشی و گرمایشی انتخاب گردید. آستانه اول شامل ۱۸ تا ۲۴، آستانه دوم ۱۸ تا ۲۰ و سومین آستانه شامل ۷ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Rehman *et al*., 2011). Al-Hadhrami (۲۰۱۳). برای عربستان دمای ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد را به‌عنوان دمای پایه محاسبه HDD و CDD انتخاب نمود. به‌گونه‌ای که برای مقادیر پایین‌تر از ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد نیاز گرمایشی و بالاتر از آن نیاز سرمایشی محاسبه گردید. در پژوهشی برای هنک‌گنگ اگرچه Lam و همکاران (۲۰۰۵) دمای پایه ۱۶ و ۲۴ را به ترتیب به‌عنوان مبنای محاسبه HDD و CDD انتخاب نمودند ولی Jiang و همکاران (۲۰۰۹) در راستای پایش تغییرات نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در ۵۱ شهر چین دامنه دمایی ۱۸ تا ۲۴ را ملاک آسایش قرار داده‌اند. ازجمله محققان Dombayc (۲۰۰۹) می‌باشد که در مطالعه خود دامنه آسایش حرارتی را برای شهرهای ترکیه رابین ۱۷/۵ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد انتخاب نمود، ولی Yildiz و Sosaoglu (۲۰۰۷) سه آستانه آسایش حرارتی ۱۸ تا درجه ۱۸/۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۷ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد در تحقیق خود اعمال کرد. بررسی برای یونان مؤید این حقیقت بوده که مبنای دمای ۱۸/۱۵ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان ملاک تعیین HDD و مبنای دمای ۲۶،۲۴ به‌عنوان معیار سنجش CDD مورد واکاوی قرارگرفته است (Papakostas and Kyriakis, 2005; Papakostas *et al.*,2010; Moustris *et al.*, 2014).

اما در این مطالعه با استفاده از دستورالعمل آشرا (۲۰۰۹) عدد ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان مبنای دمایی در نظر گرفته‌شده است. به‌عبارت‌دیگر نیاز به گرمایش انسان از دمای کمتر از ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد آغاز و نیاز به سرمایش نیز حداکثر از دمای ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد شروع می‌شود. جهت محاسبه مقدار انرژی موردنیاز گرمایشی و سرمایشی از روابط ۱ و ۲ استفاده گردید:

رابطه ۱: $$CDD = \sum_1 (T - \theta) \qquad \theta < T$$

رابطه ۲: $$CDD = \sum_1 (T - \theta) \qquad \theta > T$$

در فرمول فوق T دمای ماه موردنظر و تانژانت، دمای پایه می‌باشد. در بخشی از مطالعه پیشروی به‌منظور آشکارسازی وجود و عدم وجود روند معنادار برای سری زمانی دو مؤلفه HDD و CDD، به‌غیراز استفاده از روش رگرسیون خطی، از آزمون ناپارامتریک منکندال استفاده گردید. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها استفاده می‌شود. در ابتدا این تست برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن سری‌ها بکار می‌رود. بدین ترتیب که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند. در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم وجود روند مشخص می‌گردد. در صورت وجود روند داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از رابطه ۳ استفاده‌شده است (Mitchell *et al.*, 1966):

رابطه ۳: $$T = \frac{4p}{n(n-2)}$$

که T آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف ni که بعدازآن قرار می‌گیرند بوده و از رابطه ۴ به دست می‌آید:

رابطه ۴: $$p = \sum_{i-1}^{n} ni$$

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

n نیز تعداد کل سال‌های آماری مورداستفاده است. به‌منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

رابطه ۵:
$$(T)_t = \pm tg\sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}}$$

که tg برابر با مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار،$(T)_t$ معادل با± 0.25 می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی به‌دست‌آمده برای$(T)_t$، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد:

اگر $+(T)t > T > -(T)t$ یا $+0.25 > T > -0.25$ باشد، هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر $T< (T)t$ یا $T < -0.25$ باشد، نشان‌دهنده روند منفی در سری‌ها و درصورتی‌که $T>(T)t$ یا $+0.25 < (T)t$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود.

ازآنجاکه هدف این مقاله، شبیه‌سازی و اجرای دو سناریوی دریاچه پر آب (شرایط واقعی) و خشک و درنهایت ارزیابی این دو شرایط متفاوت بر تغییرات مؤلفه درجه- روز گرمایش و سرمایش می‌باشد، لذا از نرم‌افزار اقلیمی، تحت عنوان TAPM استفاده شده‌است. مدل نرم‌افزاری The Air Pollution Modeling(TAPM)توسط دانشمندان سازمان پژوهشی صنعتی و علمی کشورهای مشترک‌المنافع در استرالیا طراحی و ابداع گردیده است. Zawar-reza و همکاران (۲۰۱۰) مدل TAPM را به‌عنوان یک مدل اقلیم- منطقه‌ای سه‌بعدی غیر ایستایی معرفی می کنند که پایه این مدل با استفاده از سیستم مختصات داده‌های زمینی و معادلات ساده طرح‌ریزی‌شده است. به‌گونه‌ای که داده‌های خروجی این مدل با استفاده از روش‌ها و فنون آماری می‌تواند به‌طور شایسته‌ای وضعیت آب‌وهوایی منطقه موردنظر را نشان دهد. علاوه بر این مدل TAPM معادلات اساسی جریان‌های جوی، ترمودینامیک، مبادله رطوبت، اغتشاش و پراکندگی را به‌طور کاربردی مورداستفاده قرار می‌دهد (عزیزی و همکاران،۱۳۸۹). همچنین Hurley (۲۰۰۷) می‌نویسد که این مدل توانایی پیش‌بینی هوا و تراکم آلودگی برای دوره‌های کوتاه‌مدت اقلیمی و کمتر از یک ساعت را نیز دارد. به‌طور خلاصه می‌توان داده‌های نقشه‌ای موردنیاز در مدل TAPM را به سه دسته تقسیم نمود که به‌صورت کلی در سیستم مدل این سه دسته شامل:

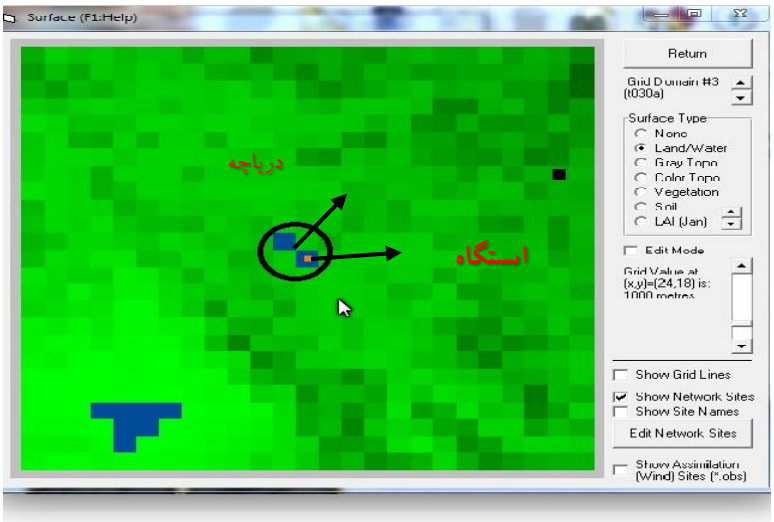
۱) Terrain یا داده‌های ارتفاعی سطح زمین که از نقشه توپوگرافی استخراج می‌گردد.

۲) داده‌های تجزیه‌وتحلیلی شده سینوپتیکی و هواشناسی مدل که شامل فشار سطحی هوا، سرعت و جهت باد (مؤلفه‌های U و V)، دما و رطوبت ویژه سطوح مختلف می‌باشد. شایان‌ذکر است که داده‌های واکاوی هواشناسی مدل توسط سازمان هواشناسی استرالیا سالانه تهیه می‌شود و قدرت تفکیک داده‌های همدید ۷۵ کیلومتر می‌باشد.

۳) داده‌های کاربری اراضی شامل پوشش گیاهی و دمای سطح آب (SST) و انواع خاک‌ها (کاردان و همکاران،۱۳۸۸). قابل‌ذکر بوده که داده‌های سطح زمین و کاربری اراضی باقدرت تفکیک یک کیلومتر به‌وسیله شرکت ارائه‌دهنده‌ی مدل تهیه‌شده و سالانه به‌روزرسانی می‌شود. این داده‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR برای همه‌ی نقاط جهان تهیه‌شده، اما کاربر می‌تواند این داده‌ها را تغییر داده و اطلاعات موردنظر خود را به مدل بدهد.

علاوه بر این از خصوصیات مدل TAPM توانایی آن در حذف عارضه‌های توپوگرافی نظیر پهنه‌های آبی و ارزیابی نقش این عوارض در وضعیت اقلیمی منطقه موردمطالعه می‌باشد. جهت خلاصه کردن مطالب و دستیابی به جزئیات بیشتر این مدل می‌توان به کارهای (کاردان و همکاران،۱۳۸۸، عزیزی و همکاران،۱۳۸۹، شمسی‌پور و همکاران،۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) مراجعه نمود. در شکل (۱) موقعیت دریاچه زریوار و ایستگاه زریوار در پنجره مدل TAPM نمایش داده‌شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی با استفاده از نرم‌افزار TAPM.

این مقاله در نظر دارد که به بررسی تأثیر اقلیمی وجود (پرآبی) و عدم وجود (خشکی) دریاچه زریوار بر تغییرات شاخص‌های HDD و CDD شهر مریوان بپردازد. بنابراین ذکر این نکته موردتوجه است که در پژوهش حاضر فقط داده‌های سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ نرم‌افزار TAPM برای ایران در دسترس می‌باشد. در طرح‌واره شماره یک، بر اساس داده‌های اقلیم‌شناسی ایستگاهی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ با در نظر گرفتن شرایط سینوپتیک و همچنین با توجه به وسعت پهنه آبی دریاچه زریوار برای این دو دوره فوق تعریف گردید. قابل‌توجه می‌باشد که سناریوی اول، وضعیت واقعی اقلیمی و درنهایت مقادیر واقعی HDD و CDD شهر مریوان را به نمایش می‌گذارد اما در سناریوی دوم، چاله آبی دریاچه زریوار به‌طورکلی خشک در نظر گرفته شد و حال تأثیر خشکی دریاچه بر تغییرات شاخص درجه- روز مورد واسنجی قرار گرفت. بیان این نکته حائز اهمیت است که بعد از خشک‌کردن پهنه آبی دریاچه زریوار، با توجه به وضعیت زمین‌شناسی و خاک‌شناسی منطقه، پوشش خاکی لوم جایگزین این پهنه آبی گردید. ازآنجاکه اعتبارسنجی خروجی‌های شبیه‌سازی‌شده مدل TAPM از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار می‌باشند پس با استفاده از روش‌های آماری RMSE، R و IOA نتایج مدل‌سازی مدل مذکور موردسنجش قرار گرفت. همچنین در ادامه باید بیان نمود که پیش از ارزیابی تغییرات شاخص‌های HDD و CDD، الگوی تغییرات روزانه دما در ماه‌های مختلف، بر اساس اختلاف سناریوی دریاچه خشک به دریاچه پرآب ارائه گردیده است.

نتایج

به‌منظور ارزیابی درستی نتایج به‌دست‌آمده از مدل TAPM، جهت تعیین مقادیر اقلیمی ایستگاه مریوان، از شاخص‌های آماری همچون شاخص‌های Root Mean Square Error (RMSE)، ضریب همبستگی R و شاخص Index of Agreement(IOA) استفاده‌شده است. لذا بدین منظور پس از شبیه‌سازی داده‌های ساعتی (به‌صورت ۲۴ ساعته) به‌وسیله TAPM، میانگین داده‌های روزانه برای دو مؤلفه دما و رطوبت نسبی محاسبه گردید که جهت اختصار نتایج این آزمون برای داده‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ در جدول ۱ ارائه گردیده است. همان‌گونه که نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهد، خروجی‌های مدل‌سازی‌شده از سطح اطمینان قابل قبولی برخوردار می‌باشند. نکته قابل‌تأمل اینکه نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که مدل TAPM بهتر توانسته است مقادیر مؤلفه دما در مقایسه با رطوبت نسبی شبیه‌سازی نماید.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

جدول ۱: اعتبارسنجی آماری داده‌های مدل TAPM با داده‌های مشاهداتی.

دما						رطوبت نسبی					
۲۰۰۳			۲۰۰۶			۲۰۰۳			۲۰۰۶		
IOA	RMES	R	IOA	RMES	R	IOA	RMES	R	IOA	RMES	R
۰/۶۹	۶/۷	۰/۹۶	۰/۶۰	۹/۲	۰/۹۷	۰/۶۳	۱۳	۰/۷۶	۰/۵۲	۱۱/۷	۰/۸۰

بنابراین می‌توان به این موضوع اشاره‌ای داشت که اختلاف کمی مابین داده‌های مشاهداتی با خروجی مدل TAPM ملاحظه می‌گردد. به‌هرحال وجود این اختلاف نیز می‌تواند متأثر از عواملی چون خطا در برداشت برخی داده‌های مشاهداتی باشد. به‌عنوان‌مثال تفاوت میان داده‌های پوشش گیاهی، ارتفاعی و نوع خاک مورداستفاده در مدل با واقعیت طبیعی منطقه موجب بروز برخی اختلاف محاسباتی می‌شود و یا اینکه عوامل دیگری نظیر، خطای سیستمی مرتبط با تعریف پارامترهای شبیه‌سازی در معادلات مدل TAPM می‌تواند در ایجاد خطای جزئی در خروجی‌ها تأثیرگذار باشد. آنچه در اینجا بیان آن حائز اهمیت بوده، اینکه هیچ مدل‌سازی بدون خطا نمی‌باشد، ولی آنچه اهمیت دارد این است که آستانه خطا تا حد امکان کاهش یابد تا بتوان شرایط واقع را بهتر مدل‌سازی نمود و نتایج قابل‌قبول‌تری را ارائه داد.

به‌منظور تلخیص نتایج و ارائه فشرده آن، این بخش در قالب اختلاف میانگین ساعتی ماهانه دما، بین سناریوی خشک بودن دریاچه نسبت به شرایط واقعی آن موردسنجش و ارزیابی قرارگرفته است. بنابراین مقادیر مثبت (منفی) مؤید افزایش (کاهش) دما در سناریوی خشکی دریاچه نسبت به شرایط واقعی آن (دریاچه پرآب) می‌باشد. هدف از ارائه این بخش، روشن‌سازی تغییرات روزانه دما در شرایط خشک شدن دریاچه با شرایط واقعی (پرآبی) آن در طول ماه‌های سال می‌باشد.

الف: سه‌ماهه اول (ژانویه تا مارس): همان‌گونه که مشخص است، تغییرات ساعتی متوسط دما در ماه‌های ژانویه تا مارس به‌وسیله شکل ۲ نشان داده‌شده است. در این شکل مشاهده می‌گردد که در فصل زمستان مهم‌ترین اثر خشک شدن دریاچه باعث افت بیشتر دمای کمینه و به‌ویژه افزایش تعداد و شدت یخبندان‌های شبانه در شهر مریوان می‌باشد. کاهش محسوس دما در ساعت‌های نبود تابش خورشید نمایانگر، بری‌تر (خشک‌تر) شدن منطقه موردمطالعه و به عبارتی بهتر خشکی محیط می‌باشد. بر این اساس در این فصل با خشک شدن دریاچه در ساعات عدم تابش خورشید در منطقه موردمطالعه میزان زیادی از تابش روزانه آن به‌صورت زمین تاب (موج‌بلند) از جو خارج گردیده و به‌سرعت دما کاهش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد بیشترین کاهش دما تقریباً مربوط به ساعات ۴ بامداد می‌باشد. همچنین نکته قابل‌تأمل دیگر فزونی شیب تغییرات افزایشی و کاهشی دما در بازه‌های معین زمانی پس از طلوع و هنگام غروب می‌باشد. بر این اساس با توجه به تغییرات ایجادشده، خشک شدن دریاچه شیب تغییرات دمای ساعتی روزانه را در این فصل افزایش خواهد داد.

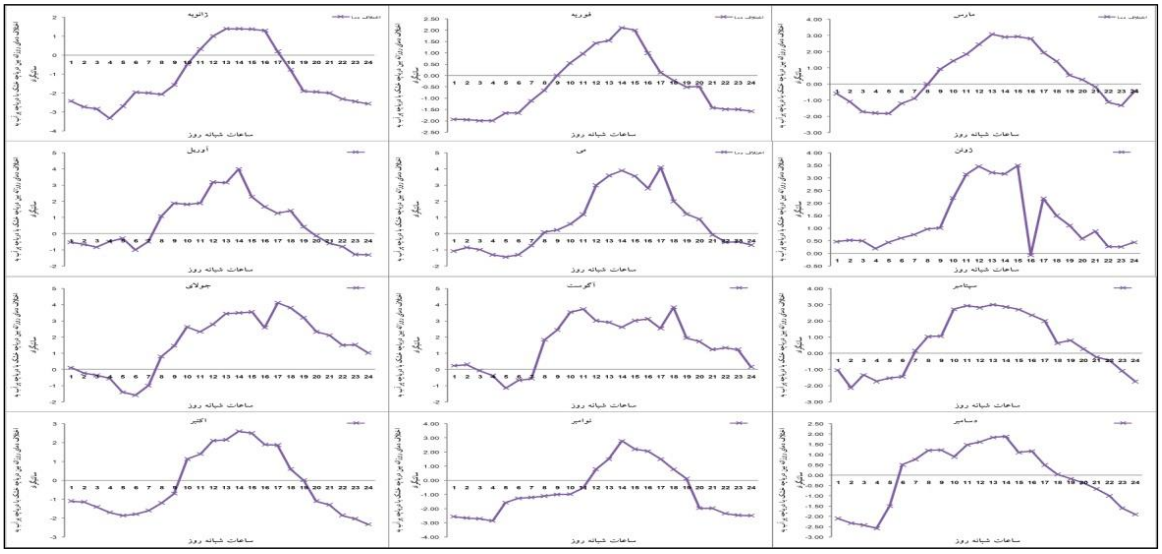
ب: سه‌ماهه دوم (آوریل تا ژوئن): سه‌ماهه دوم که به‌نوعی مطابق فصل بهار است، به‌صورت روند تغییرات مشابه با سه‌ماهه اول می‌باشد. آوریل به‌عنوان خنک‌ترین ماه این فصل بیشترین کاهش دما را در ساعات اولیه شب تا ساعت ۲۴ تجربه نموده که برای ساعات ۱ تا ۶ بیشترین کاهش دما درمی رخداده است. در این فصل با توجه به سناریوی دریاچه خشک میانگین روزانه دما در آوریل حدود ۰/۶۴ درجه سانتی‌گراد، برای می ۰/۷۳ و ژوئن ۱/۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. نکته قبل تأمل اینکه در تمام این ماه‌ها غالب افزایش دما در سناریوی خشک مربوط به ساعات روز است. هرچند اینکه ژوئن حتی در ساعات شبانه نیز کاهش دمایی را تجربه نکرده است (شکل ۲).

ج: سه‌ماهه سوم (جولای تا سپتامبر): در این بازه زمانی که به‌عنوان گرم‌ترین ماه‌های سال در دوره مورد مطالعاتی محسوب می‌گردند، شرایط تغییرات دما در سناریوی دریاچه خشک، نسبت به سناریوی دریاچه پرآب باکمی تفاوت نسبت به فصول دیگر ملاحظه می‌شود. به‌عنوان نمونه در هر سه ماه در سناریوی دریاچه خشک، دو الگوی کلی قابل‌مشاهده می‌باشد. به‌نوعی که تقریباً از ساعات ۱ تا ۷ اختلاف دمای دریاچه خشک نسبت به سناریوی دریاچه پر آب کاهشی اما از ساعت ۸ تا ۲۴، مقادیر دما در سناریوی دریاچه خشک نسبت به دریاچه پر آب

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

افزایش قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. اگرچه برای سپتامبر یک اختلاف جزئی ملاحظه می‌گردد و آن بدین‌صورت می‌باشد که در ساعات اولیه صبح کاهش دما، سپس در ساعات روز افزایش و در انتهای شب مجدداً کاهش دما ملاحظه می‌شود. علاوه بر این در این فصل، از میزان دمای کاهشی شبانه کاسته و بر میزان دمای افزایشی روزانه افزوده‌شده است. به‌طورکلی در این فصل نیز تغییرات کلی شبانه‌روز دما افزایشی می‌باشد به‌طوری‌که در جولای و آگوست با توجه به سناریوی دریاچه خشک میزان دما ۱/۵۷ درجه افزایش داشته که این رقم برای سپتامبر ۰/۵۳ درجه است. به همین ترتیب اگرچه تغییرات کاهشی در متوسط دمای شبانه این ماه‌ها نیز برآورد شده، اما بااین‌حال میزان تغییرات افزایشی دمای هوا در بازه‌های زمانی ساعات گرم روز، نسبت به تغییرات کاهشی برآورد شده شبانه به‌مراتب بیشتر است. لذا این فرایند باعث گردیده که متوسط دما به سمت مقادیر بالا گرایش یابد. پس با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این بخش، ملاحظه می‌گردد که دماهای بیشینه فصل گرم در سناریوی خشک بودن دریاچه، تغییرات شدید افزایشی و نگران‌کننده‌ای را به دنبال دارد (شکل ۲).

سه‌ماهه چهارم (اکتبر تا نوامبر): با توجه به اینکه این فصل متشکل از ماه‌های سرد سال در منطقه موردمطالعه است، ازاین‌روی تغییرات کاهشی دمای شبانه در شرایط خشک شدن دریاچه بسیار تشدید می‌گردد به‌گونه‌ای که دامنه کاهش دما برای برخی ماه‌های این فصل در ساعات روز نیز بسط یافته است. به‌هرحال خروجی‌ها مؤید این واقعیت بوده که به ترتیب در نوامبر ۱۶ ساعت، برای اکتبر ۱۴ و در دسامبر برای ۱۱ ساعت از اوقات شبانه‌روز کاهش دما دیده می‌شود. در این فصل دامنه افزایش دما برای ساعات روز کاهش‌یافته و اوقات افزایش دما در ساعات نیمروز تمرکزیافته است. آنچه یافته‌ها برای این فصل نشان می‌دهد گویای این شرایط است که بر اساس سناریوی دریاچه خشک در تمام این سه ماه میانگین روزانه دما کاهش خواهد یافت که بیشینه کاهش دما به میزان ۰/۷۵- درجه برای نوامبر، اکتبر و دسامبر به ترتیب با ۰/۲۰- و ۰/۱۰- در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به‌هرحال به نظر می‌رسد طول روز، زاویه تابش و به‌احتمال‌زیاد یخزدگی پوشش سطحی در افزایش دمای روزانه ماه‌های این فصل بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

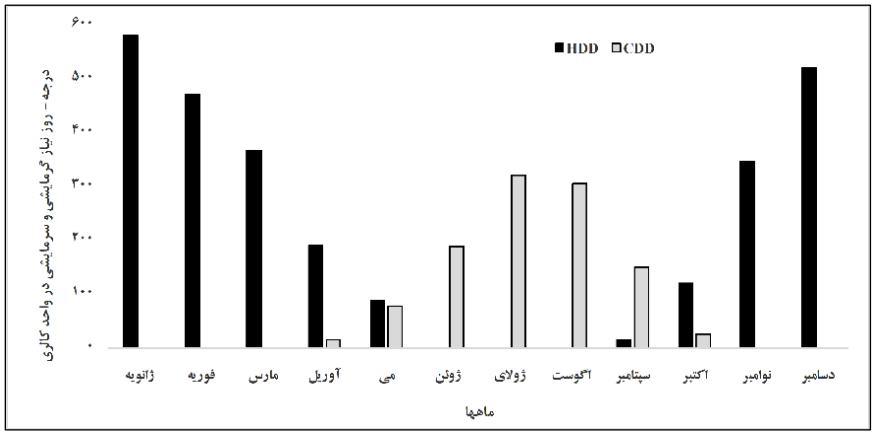


شکل ۲: اختلاف بین دمای روزانه دریاچه خشک در مقایسه با دریاچه پرآب (شرایط واقعی).

ارزیابی تغییرات درازمدت شاخص درجه- روز: بر اساس دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰، مقادیر شاخص‌های HDD و CDD برای شهر مریوان مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌گونه که پیش‌تر بیان گردید دمای پایه برای محاسبه شاخص‌های فوق‌الذکر مقدار ۶۵ درجه فارنهایت یا ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر مبنای شکل ۳ مشخص است که از اواخر فصل بهار تا اواخر تابستان، نیاز به CDD افزایش می‌یابد و مقدار

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

تقاضای این شاخص به ترتیب برای جولای با ۲۶۳ درجه- روز کالری و سپس آگوست با ۲۵۴ درجه- روز کالری به اوج خود می‌رسد. از طرفی همان‌گونه که به‌وسیله شکل ۳ قابل‌مشاهده می‌باشد، نیاز به HDD از اوایل پاییز آغاز و تا اواسط بهار ادامه دارد. اما بیشینه نیاز به HDD مربوط به اواسط پاییز تا اواخر زمستان است. آنچه مقادیر HDD برای ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد، مؤید این موضوع می‌باشد که به ترتیب ماه‌های ژانویه با ۵۷۰/۴۰، دسامبر با ۴۷۴/۲ و فوریه با ۵۶۲/۵ درجه- روز کالری به ترتیب بیشینه مقدار HDD را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به جدول ۲، مقادیر تغییرات دهه‌ای شاخص HDD و CDD به همراه آزمون ناپارامتریک منکندال و رگرسیون خطی برای ارزیابی روند ماهانه تغییرات شاخص‌های CDD و HDD در مدت سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ مورد ارزیابی قرارگرفته است. واکاوی روند تغییرات شاخص HDD برای مریوان نشان می‌دهد که تنها روند معنادار با (t=-2.20 ; R=-0.54) مربوط به ماه مارس بوده و برای سایر ماه‌ها روند معنادار مشاهده نمی‌شود. در این ماه تغییرات دهه‌ای نشان می‌دهند که به‌طور میانگین در هر دهه از نیاز به انرژی گرمایشی در حدود ۷۰/۵۰ درجه روز کالری کاسته شده است. حال‌آنکه تنها روند معنادار شاخص CDD نیز با توجه به مقادیر آماری (R=۰/۴۱، t=۵/۹۱) مجدداً برای ماه مارس محاسبه گردیده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که برای ماه مارس به‌طور میانگین در هر دهه نیاز به انرژی سرمایشی به مقدار ۸۲/۹۲٪ افزایش داشته است.



شکل ۳: میانگین ماهانه نیاز به انرژی در بخش CDD و HDD شهرستان مریوان.

جدول ۲: تغییرات دهه‌ای(decade) به همراه ارزیابی روند تغییرات شاخص‌های HDD و CDD بر مبنای آزمون ناپارامتریک منکندال (t) و ضریب همبستگی پیرسون(R) (علامت * به معنای حداقل معناداری در سطح ۵ درصد می‌باشد).

ماه‌ها	HDD			CDD		
	R	t	تغییرات دهه‌ای	R	T	تغییرات دهه‌ای
Jan	۰/۰۷	۰/۱۸	۲۱/۲۱	۰	-۰/۰۲	-۱۱
Feb	-۰/۲۳	-۰/۲۰	-۲۱/۷۹	۰	۰/۰۴	۲۳
Mar	-۰/۵۴	*-۰/۴۱	-۷۰/۴۹	۰/۴۱	*۰/۳۸	۲۸/۱۲
Apr	۰/۰۴	۰/۱۳	۱۷/۲۵	-۰/۳۵	-۰/۲۱	-۱۳
May	۰/۲۰	۰/۲۱	۲۰/۲	-۰/۳۸	-۰/۲۴	-۱۹/۳
Jun	-۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۱۵	-۰/۲۹	-۰/۲۰	-۳۳
Jul	۰	۰.۰۹	۰	-۰/۳۷	-۰/۲۳	-۸

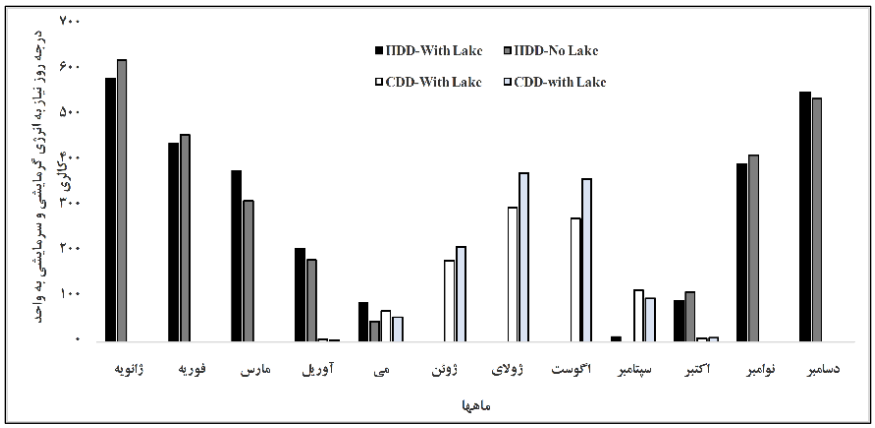
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

ماه‌ها	HDD			CDD		
	R	t	تغییرات دهه‌ای	R	T	تغییرات دهه‌ای
Aug	۰	۰.۱۱	۰	−۰/۲۴	−۰/۲۲	-۱۷
Sep	۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۳۳	−۰/۳۵	−۰/۱۹	-۲۵
Oct	۰/۲۴	۰/۲۲	۱۰/۱۷	−۰/۱۹	−۰/۱۷	-۱۱
Nov	۰/۲۳	۰/۲۱	۲۹/۵۷	۰	۰/۱۱	۲۸/۹
Dec	۰	۰/۱۷	۲۹/۱۸	۰	۰/۰۹	۲۷

مهم‌ترین بخش از پژوهش حاضر، مدل‌سازی اثر خشک و پر آب بودن دریاچه زریوار بر روی تغییرات شاخص‌های HDD و CDD می‌باشد که در این قسمت به یافته‌های مذکور اشاره گردیده است. آنچه خروجی‌ها برای این مرحله نشان می‌دهند گویای این مطلب است که در بخش تقاضای انرژی CDD، در هر دو طرح‌واره دریاچه خشک و پر آب، بیشینه مقدار آن مربوط به ماه جولای و آگوست است. برای جولای در طرح‌واره دریاچه خشک نسبت به دریاچه پر آب، مقدار انرژی در بخش CDD به میزان ۵۶/۴۷ و در آگوست ۴۹ درجه- روز کالری افزایش‌یافته است. در ژوئن نیز نیاز به انرژی CDD به میزان ۲۶ درجه- روز کالری افزایش نشان می‌دهد. اما برای آوریل، می، سپتامبر و اکتبر تغییرات CDD در سناریوی خشک نسبت به دریاچه واقعی کاهشی ولی کمتر از ۱۰ درجه- روز کالری بوده و برای سایر ماه‌ها هیچ تغییر خاصی ملاحظه نمی‌شود.

در واکاوی تغییرات نیاز به انرژی گرمایشی برای سناریوی دریاچه خشک نسبت به دریاچه واقعی دیده می‌شود که در ماه‌های ژانویه، نوامبر، اکتبر و فوریه نیاز به انرژی گرمایشی افزایش خواهد یافت که به ترتیب برای این ماه‌ها مقدار افزایشی شامل ۳۷، ۲۲/۶، ۲۲ و ۱۲/۵ درجه-روز کالری است. اما در دو ماه آگوست و جولای تغییرات صفر بوده و برای سایر ماه‌های دیگر تغییرات کاهشی بوده به صورتی که حداقل تغییرات با ۰/۶۵- درجه- روز برای ژوئن و حداکثر آن با ۶۱/۳۱- درجه- روز متعلق به مارس است. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که میانگین سالانه نیاز به انرژی سرمایشی در سناریوی دریاچه واقعی ۴۸۰/۵ درجه- روز بوده که بر مبنای سناریوی دریاچه خشک به حدود ۹۵۲ درجه- روز کالری فزونی می‌یابد و از طرف دیگر در بخش انرژی موردنیاز گرمایشی، میانگین سالانه بر اساس دریاچه واقعی ۲۵۱۶ درجه- روز است که با در نظر گرفتن سناریوی دریاچه خشک مقدار ۲۴۸۵ درجه- روز حاصل گردیده است. بنابراین با مدل‌سازی دریاچه خشک از میزان شاخص HDD به مقدار ۳۰ درجه- روز کالری کاسته و برای شاخص CDD حدود ۱۱۱/۵ درجه-روز افزایش نشان می‌دهد. به‌هرحال با در نظر گرفتن هر دو شاخص HDD و CDD می‌توان نتیجه گرفت که در صورت رخداد شرایط دریاچه خشک به میزان تقاضای انرژی سالانه شهر مریوان به‌طور خالص در حدود ۸۰/۵ درجه- روز اضافه خواهد شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]



شکل ٤: مقایسه مقادیر HDD و CDD موردنیاز شهر مریوان با توجه به سناریوی دریاچه خشک و پر آب.

بحث و نتیجه‌گیری

از نتایج تحقیق حاضر واکاوی روند تغییرات دو مؤلفه CDD و HDD برای دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ می‌باشد. خروجی‌های این قسمت مؤید این حقیقت است که در دو دهه اخیر روند قابل‌ملاحظه‌ای از تغییرات دو شاخص HDD و CDD برای شهر مریوان وجود ندارد و تنها روند معنادار متعلق به ماه مارس است. در این ماه روند تغییرات شاخص HDD با آماره‌های (R= ۰/۵۴، t=-۲/۲۰) تعیین اعتباری است بر کاهش نیاز به انرژی گرمایشی به‌طور میانگین برای هر دهه به میزان ۷۰.۵۰ درجه-روز کالری و از طرف دیگر برای این ماه روند نیاز به انرژی سرمایشی با توجه به آماره‌های (R=۰/۴۱، t=۵/۹۱) در حال افزایش است. قابل‌توجه بوده که در این تحقیق با استفاده از مدل نرم‌افزاری TAPM، دو سناریوی دریاچه خشک و پر آب (شرایط واقعی) برای دریاچه زریوار در شمال غرب ایران اجرا گردید. در ابتدا به‌منظور ارزیابی درستی نتایج به‌دست‌آمده از مدل TAPM، برخی از آزمون‌های آماری انجام پذیرفت که نتایج این آزمون‌ها مؤید اعتبار قابل‌قبول مدل نرم-افزاری TAPM در مدل‌سازی شرایط اقلیمی می‌باشد. در بخش‌های دیگر این پژوهش، نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی نشان می‌دهد که بر مبنای سناریوی خشک نمودن دریاچه، تأثیر آن بر دمای ماه‌های سرد سال به‌صورت کاهش دما و در ماه‌های گرم به‌صورت افزایش متوسط دمای ماهانه نمود می‌یابد. مصداق این واقعیت کاهش میانگین دمای روزانه ژانویه به میزان ۱/۲۰- درجه سانتی‌گراد و افزایش میانگین دمای روزانه تیر و مرداد به مقدار ۱/۵۷ درجه سانتی‌گراد است. همچنین برای سایر ماه‌ها تغییرات کاهشی و افزایشی آن‌ها در محدوده بین این دو آستانه در نوسان می‌باشد. لازم به ذکر بوده که حداقل تغییرات نیز مربوط به فصل گذار اقلیمی پاییز می‌باشد. در ادامه یافته‌های تحقیق نشان داد که مقادیر افزایشی دمای روزانه نسبت به دمای شبانه از شدت بیشتری برخوردار می‌باشند، که مسلماً این امر می‌تواند در افزایش تقاضای CDD برای ساعات روزانه ماه‌های گرم سال تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد. اگرچه کاهش دمای شبانه ماه‌های سرد سال نیز، می‌تواند باعث تقاضای بیشتر HDD در ساعات شبانه نسبت به شرایط پرآبی (واقعی) گردد. بنابراین به نظر می‌رسد در صورت خشک شدن دریاچه بیشترین تغییرات در سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال، از شدت بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها برخوردار باشند. ذکر این مطلب حائز اهمیت است که طول روز و مدت‌زمان 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، اختلاف دمای شبیه‌سازی‌شده را نسبت به شرایط عادی بیشتر کرده به‌طوری‌که در ماه‌هایی که طول روز و دما بیشتر است، سطح دریاچه‌ی خشک‌شده، موجب افزایش متوسط دما می‌گردد. 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. بنابراین در صورت خشک شدن دریاچه زریوار، علاوه بر اینکه رژیم دمای مناطق پیرامون خشک‌تر خواهد شد، می‌تواند کاهش قابل‌توجهی در رطوبت نسبی این

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

نواحی داشته که این شرایط، باعث تشدید بیشتر آب‌وهوای خشک ایستگاه‌های مطالعاتی خواهد شد. ناگفته نماید که بر اساس میانگین سالانه، تأثیر خشک شدن دریاچه زریوار باعث کاهش ۳۰ درجه–روز کالری تقاضای انرژی در بخش گرمایشی و افزایش ۱۱۱ درجه–روز کالری در بخش خنک‌کنندگی خواهد گذاشت. شایان‌ذکر بوده که نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های برخی از محققین همپوشانی دارد. به‌طوری‌که Roshan و همکاران (۲۰۱۶)، در شبیه‌سازی اثر خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه بر تغییرات الگوی دمای شهرهای پیرامونی آن نشان دادند که دمای دوره‌ی سرد سال سردتر و ماه‌های گرم سال گرم‌تر خواهند شد. همچنین یافته‌های کاردان و همکاران (۱۳۸۸) در خصوص اجرای دو سناریوی پر آب نمودن و خشک‌کردن تالاب هامون در بخش شرقی ایران نشان داد که در سناریویی که تالاب پرآب در نظر گرفته می‌شود مقادیر نم نسبی منطقه افزایش‌یافته و از طرف دیگر بر مبنای سناریوی پر آب نمودن تالاب تأثیر تعدیل‌کننده تالاب بر مقادیر دما، به‌ویژه در دماهای شبانگاهی برای دو فصل پاییز و بهار در مقایسه با سایر ماه‌ها قابل‌ملاحظه‌تر می‌باشد. بنابراین بر اساس دورنمای تأثیر گرمایش جهانی که منجر به افزایش دما و تبخیر و درنهایت کاهش پهنه‌های آبی می‌گردد، لذا در نظر گرفتن طرح‌واره دریاچه خشک، سناریویی دور از انتظار نیست. پس با رویکرد مدیریت ریسک در حوزه عرضه و تقاضای انرژی انتظار می‌رود که بتوان از اثرات منفی و چالش‌های این رویداد به نحو شایسته‌ای کاسته و با ارائه راهکارهای مناسب با تغییرات آینده سازگار گردید.

منابع

اداره هواشناسی شهرستان مریوان. ۱۳۸۷. گزارش سالانه وضعیت اقلیمی شهرستان مریوان.

بهروزی راد، ب. ۱۳۸۷. تالاب‌های ایران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ اول، تهران. ۷۹۸ ص.

فرج‌زاده، م. ۱۳۹۳. مخاطرات اقلیمی ایران. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت): مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی. ۳۴۸ ص.

شمسی‌پور، ع.، رئیسی، ر. و زارع، س.، ۱۳۹۱. شبیه‌سازی اقلیمی تأثیرات تالاب هامون بر منطقه پیرامون. فصلنامه علمی محیط‌زیست (ویژه‌نامه تالاب‌ها). صفحات ۱۲۱ – ۱۱۱.

شمسی‌پور، ع.، نجیب‌زاده، ف. و چقابلکی زارعی، ز.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی عددی و شبیه‌سازی بادهای روی حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۱. صفحات ۱۳۴ – ۱۱۹.

عزیزی، ق.، معصوم پور، سماکوش، ج.، خوش‌اخلاق، ف.، رنجبر، ع. و زواررضا، پ.، ۱۳۸۹. شبیه‌سازی عددی نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر بر مبنای مشخصه‌های اقلیمی، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول و دوم، بهار و تابستان. صفحات ۳۸ – ۲۱.

کاردان، رحمت اله.، عزیزی، قاسم.، زواررضا، پیمان. و محمدی، حسین.، ۱۳۸۸. مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه موردی: مدل‌سازی اقلیمی حوزه آبخیز جازموریان با ایجاد دریاچه‌ی مصنوعی)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم، شماره ۷. صفحات ۲۲ – ۱۵.

Al-Hadhrami, L. M., 2013. Comprehensive review of cooling and heating degree days characteristics over Kingdom of Saudi Arabia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 27:305-314.

Bates, G. T., Giorgi, F. and Hostetler, S. W., 1993. Toward the simulation of the effects of the Great Lakes on regional climate. Monthly Weather Review, 121:1373–1387.

Bitan, A., 1974. The wind regime in the North-West section of the Dead Sea**.** Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, 22Ser.B,313–335.

Bonan, G. B., 1995. Sensitivity of a GCM Simulation to Inclusion of Inland Water Surfaces. Journal of Climate, 8: 2691–2703.

Bonan, G. B., 1995. Sensitivity of a GCM simulation to inclusion of inland water surfaces. Journal of climate, 8: 2691–2704 .

Changnon, S. A. and Jones, D. M. A., 1972. Review of the influences of the Great Lakes on Weather. Water Resources Research, 8: 360–371, 1972.

Cvitan, L. and Jurković, R. S., 2015. Secular trends in monthly heating and cooling demands in Croatia, Theoretical and Applied Climatology, 125: 565-581.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

Dombayc, Ö., 2009. Degree-days maps of Turkey for various base temperatures. Energy, 34:1807–1812

Feldhoff, J. H., Lange, S., Volkholz, J., Jonathan, F., Kurths, D. J. and Gerstengarbe, F. H., 2015. Complex networks for climate model evaluation with application to statistical versus dynamical modeling of South American climate. Climate Dynamics, 44:1567-1581.

Hostetler, S. W., Bates, G. T. and Giorgi, F., 1993. Interactive coupling of a lake thermal model with a regional climate model. Journal of Geophysical Research, 98: 5045–5057

Hurley, P., Physick, W. L. and Luhar, A. K., 2005. TAPM: a Practical Approach to Prognostic Meteorological and Air Pollution Modeling. Environmental Modelling & Software, 20: 737-752.

Jiang, F., Li, X., Wei, B., Hu, R. and Li, Z., 2009. Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China. Theoretical and Applied Climatology, 97:349–360.

Lam, J. C., Tsang, C. L., Yang, L. and Li, D. H. W., 2005. Weather data analysis and design implications for different climatic zones in China. Building and Environment, 40:277–296

Lofgren, B. M., 1997. Simulated effects of idealized Laurentian Great Lakes on regional and large-scale climate. Journal of Climate, 10: 2847–2858.

Long, Z., Perrie W., Gyakum, J., Caya, D. and Laprise, R., 2007. Northern Lake Impacts on Local Seasonal Climate. Journal of Hydrometeorology, 8: 881–896.

Mitchell. J. M, Chairman, J. R., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hofmeyr, W. L., Lamb, H. H., Rao, K. N., and wallen, C. C., 1966. Climatic Change, Technical note, wmo, no 79 .

Moustris, K. P., Nastos, P. T., Bartzokas, A., Larissi, I. K., Zacharia, P. T. and Paliatsos, A. G., 2014. Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece . Theoretical and Applied Climatology, 122:517-522.

New, M., Lister, D., Hulme, M. and Makin. I., 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. Climate Research, 21:1-25

Papakostas, K. and Kyriakis, N., 2005. Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece. Renewable Energy,12(9) :1873-1880

Papakostas, K., Mavromatis, T. and Kyriakis, N., 2010. Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece. Renewable Energy, 12(9): 1376-1379.

Petralli, M., Massetti, L. and Orlandini, S., 2011. Five years of thermal intra-urban monitoring in Florence (Italy) and application of climatological indices. Theoretical and Applied Climatology, 104:349–356

Pozzer, A. J¨ockel, Kern, B. and Haak, H., 2011. The Atmosphere-Ocean General Circulation Model EMAC-MPIOM. Geoscientific Model Development., 4: 771–784, 2011

Rehman, S., Al-Hadhrami, L. M., and Khan, S., 2011. Annual, and seasonal trends of cooling, heating,and industrial degree-days in coastal regions of Saudi Arabia. Theoretical and Applied Climatology, 104:479–488

Roshan, Gh. R., Ghanghermeh, A. A. and Orosa, J. A., 2013. Thermal comfort and forecast of energy consumption in Northwest Iran, Arabian journal of Geoscince, 7: 3657–3674

Roshan, Gh. R., Masumpour, J. and Orosa, J. A., 2016. The impacts of drying of Lake Urmia on changes of degree day index of the surrounding cities by meteorological modelling. Environmental Earth Science, 75:1387-1397.

Russell, G. L., Miller, J. R. and Rind, D., 1995. A coupled atmosphere-ocean model for transient climate change studies. Atmosphere-Ocean, 33: 683-730

Salathé, P. Jr., Mote, P. W., and Wiley, M. W., 2007. Review of scenario selection and downscaling methods for the assessment of climate change impacts on hydrology in the United States pacific Northwest. International Journal of Climatology, 27:1611-1621.

Schmidt, Ruedy, R., Hanssen, J. E., Aleinov, I., Bell, N., Bauer, M., Bauer, S., Cairns, B., Canuto, V., Cheng, Y., Genio, A., and Faluvegi, G., 2005. Present day atmospheric simulations using GISS ModelE: Comparison to in-situ, satellite and reanalysis data. Journal of Climate, 19: 153-192.

Sills, D. M. L., Brook, J. R. I., Levy, P. A., Makar, J., and Taylor P. A., 2011. Lake breezes in the southern Great Lakes region and their influence during BAQS-Met 2007. Atmospheric chemistry and physics, 11: 7955–7973

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

Small, E. E., and Sloan, L. C., 1999. Simulating the water balance of the Aral Sea with a coupled regional climate-lake model. Journal of Geophysical Research, 104: 6583–6602.

Yildiz, Z. and Sosaoglu, B., 2007. Spatial distributions of heating, cooling, and industrial degree-days in Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 90: 249–261.

Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y. and Kanani, R., 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. Global and Planetary Change, 78(3–4): 137–146.

Zawar-reza, P., Appelhans, T., Gharaylou M. and Shamsipour, A. A., 2010. Meso scale control on particulate matter pollution for mega city in a semi-arid mountainous environment, environment and pollution, 41(1-2): 166-183.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]