

## واکاوی ساختار تعادلی آینده فراسنج دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو با

### استفاده از مدل EH5OM

#### چکیده

واکاوی ساختار و روند آینده فراسنج‌های آب و هوایی در مناطق حساس و در معرض تهدیدهای زیست محیطی به طور ویژه دریاچه‌های داخلی ایران بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بدین جهت در این پژوهش به هدف واکاوی اثر گرمایش جهانی بر الگو و ساختار تعادلی دمای حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو نیاز به میانگین روزانه دمای شبیه سازی شده می‌باشد. در این راستا نخست داده‌های مدل گردش عمومی هوا طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ از پایگاه داده‌های EH5OM استخراج گردید. این پایگاه از داده‌های مدل گردش کلی جو و اقیانوس، تحت سناریو A1B، هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم تشکیل شده است. سپس ریزگردانی آن‌ها در نسخه چهارم مدل RegCM4 انجام شد. سرانجام میانگین دمای روزانه ریز مقیاس شده با ابعاد  $۰/۲۷ \times ۰/۲۷$  درجه طول و عرض جغرافیایی که تقاطعی با ابعاد تقریبی  $۳۰ \times ۳۰$  کیلومتر مساحت منطقه را پوشش می‌دهند استخراج شد. سپس دمای ماهانه، فصلی و سالانه حوضه، میانابی و نقشه‌های مربوطه ترسیم شد. همچنین پس از هم مرجع سازی متغیر دما با اعمال ساختار مثلثاتی برخالی بر روی داده‌های دما به ارزیابی نتایج با هندسه کلاسیک برخالی پرداخته شد. یافته‌های پژوهش نشان داد پهنه دمایی ۲۱-۱۶ درجه سانتی‌گراد پیرامون سه دریاچه در حوضه آبخیز مورد مطالعه در برگرفته است که بیشترین میانگین سالانه دما در دهه‌های آینده متعلق به دریاچه مهارلو و کمترین مربوط به دریاچه طشک است. دریاچه مهارلو در همه فصل‌ها از دمای بالاتری نسبت به دریاچه‌های دیگر برخوردار می‌باشد. الگوهای مکانی پهنه‌های دمایی سالانه و فصلی؛ اگرچه از لحاظ دمایی دارای تفاوت‌هایی است، اما از لحاظ الگوهای مکانی از ساختار نسبتاً مشابه و یکسانی برخوردار می‌باشند. بررسی روند روزانه میانگین دما نیز نشان داد، این فراسنج از ساختاری برخالی پیروی می‌نماید، که بیانگر گذار دینامیک این فراسنج در دهه‌های آینده از حالت ناعادلی به عدم تعادل می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** مدل EH5OM، سناریو A1B، برخال، دریاچه‌های طشک-بختگان و مهارلو.

احمد مزیدی<sup>۱</sup>

عبدالعلی کمانه<sup>۲</sup>

مهدي نارنگی فرد<sup>۳\*</sup>

رضا ابراهیمی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار گروه جغرافیا طبیعی- آب و هواشناسی، دانشگاه یزد

۲. استادیار گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۳. دانشجوی دوره دکتری جغرافیا طبیعی - آب و هواشناسی، دانشگاه یزد

۴. دانشجوی دوره دکتری جغرافیا طبیعی - آب و هواشناسی، دانشگاه یزد

\*مسئول مکاتبات:

Mahdi.narangifard@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۵۰۲۰۳۴۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۱

این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

#### مقدمه

دریاچه‌ها و رودخانه‌ها مهمترین منابع تأمین آب جهت امور مختلف در مناطق شهری و روستایی کشور هستند که کم و بیش تحت تأثیر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی ناشی از آن قرار می‌گیرند. در این گرمایش بیش از ۲۲ گاز دخالت دارند که سهم گازهای دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) و متان (CH<sub>4</sub>) که گازهای گلخانه‌ای نامیده می‌شوند، بیش از دیگر گازهاست (Raupach and Fraser, 2011). در چند دهه اخیر افزایش دمای زمین باعث بر هم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده و تغییرات اقلیمی گسترده‌ای را در اغلب نواحی کره زمین موجب گردیده است که از آن به عنوان تغییر اقلیم یاد می‌شود (مظفری و همکاران، ۱۳۹۴). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آینده می‌تواند آثار منفی بر سامانه‌های گوناگون از جمله منابع آب، کشاورزی و به ویژه محیط زیست، بر جای گذارد (International Panel for Climate Change, IPCC).

2007). این گازها به امواج بلند زمینی حساسند و آن‌ها را جذب و به گرما تبدیل و در واقع گرما را در سطح زمین حبس می‌کنند، در نتیجه انتظار می‌رود که دما زمین افزایش یابد و در چرخه آب در طبیعت تغییرات اساسی ایجاد شود (خسروی و همکاران، ۱۳۸۵). راه‌کند ساختن روند گرمایش کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و تلاش برای سازگاری با اثرات تغییر اقلیم است (Schlesinger, 2011). تغییرات آب و هوایی آینده عمدتاً از طریق مدل‌های ترکیبی جو اقیانوس (AOGCMs) و از طریق تخمین میزان خروجی انتشار گازهای گلخانه‌ای و سناریوهای مرتبط با این انتشار که توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، واکاوی می‌شود (Stephenson et al., 2006). مدل‌های اقلیم منطقه‌ای با توجه به ناهمواری‌ها و عوارض مختلف سطح زمین قادر به ریز مقیاس نمودن داده‌های مدل‌های گردش عمومی هوا و تبدیل آن‌ها به داده‌های منطقه‌ای خواهند بود (Mearns, et al., 2003).

در زمینه واکاوی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات دمای محیط می‌توان به پژوهش Elguindi و Giorgi (۲۰۰۶) اشاره داشت که به شبیه‌سازی الگوی های تغییرات اقلیمی سطح دریای مازندران برای دوره ۱۹۹۰-۱۹۴۸ پرداختند و تغییرات ارتفاع سطح دریای مازندران را با استفاده از معادله ساده هیدرولوژی پیش‌بینی کردند. در این پژوهش مشخص شد که الگوی تغییرات مشاهده سطح دریای مازندران با مقادیر الگو شده به خوبی شبیه‌سازی شده است؛ به طوری که همبستگی بین دو مقدار یاد شده، ۰/۹۱ به دست آمد. Liu و Gao (۲۰۱۱) در مطالعه انجام شده در یکی از مناطق چین ارتباط بین گرم شدن اقلیمی و تغییر کاربری زمین ناشی از افزایش برنج کاری در مناطق خشک، باتلاقی‌ها و علفزارها را مورد واکاوی قرار دادند. تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوایی، گرم شدن دو درجه سانتی‌گرادی را در بیشتر مکان طی سال‌های اخیر نشان داد. Booij و همکاران (۲۰۱۱) با شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر دبی رودخانه نیل با استفاده از مدل گردش عمومی هوا به این نتیجه رسیدند که تغییرات اقلیمی آثار چشمگیری بر آبدهی حوضه رود نیل داشته و آبدهی آن طی سال‌های آینده کاهش خواهد داد. Hughes و Tshimanga (۲۰۱۲) با بررسی آثار تغییر اقلیم بر منابع آب در حوضه کنگو با استفاده از مدل مقیاس جهانی به این نتیجه رسیدند که در آینده‌ای نزدیک مناطقی از کنگو که دارای آب و هوای گرمسیری یا استوایی هستند، با کاهش رواناب مواجه خواهند شد. در پژوهشی دیگر Thoen (۲۰۱۵) تغییرپذیری-های گذشته و آینده دما و بارش منطقه کامبودیا (Cambodia) با استفاده از مدل MAGICC-SCENGEN و تحت دو سناریوی B2 و A2 در بازه زمانی (۲۰۰۸-۲۰۹۹) مورد بررسی قرار داد. همچنین Dastagir (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی نتایج مدل‌سازی اقلیمی در رابطه با رخدادهای فرین (Extreme) آب و هوایی در حوضه یکی از رودخانه‌های بنگلادش پرداخت و نشان داد رخدادهای فرین با رخداد گرمایش جهانی و اثرات آن در آینده افزایش خواهد یافت.

در ایران برای نخستین بار مفاهیم همچون آشوب (Chaos) و برخال در محاسبات سیبرنتیکی در تفسیرهای آب و هوایی و ژئومورفولوژیک توسط رامشت و توانگر (۱۳۸۱)، رامشت (۱۳۸۲) و رامشت و همکاران (۱۳۸۶) در حیطه علوم طبیعی در کشور مطرح گردید و با تبیین مفاهیمی همچون تعادل (Equilibrium)، ناتعادلی (Disequilibrium) و عدم تعادل (Nonequilibrium) پرداخته شد. در ادامه نیز کمانه و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی وضعیت تعادلی و پایداری حوضه کر را با محاسبه تراز ورودی و خروجی ماده و انرژی از گذشته تا آینده را مورد ارزیابی قرار دادند، یافته‌های پژوهش گواه وقوع پایداری حوضه در قالب سیستم سیبرنتیکی تعادل ترمودینامیکی است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر جعفرپور و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی پیامد نوسان و تغییرات پالتوکلیماتیک کوتاه‌تر بر حوضه ژئومورفولوژیک فسا پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد حوضه مذکور از نظر ژئومورفولوژیکی در حال تعادل می‌باشد. از جمله مطالعات انجام شده در زمینه شبیه‌سازی متغیرهای آب و هوایی نیز می‌توان به پژوهش‌های آشفته و مساح بوانی (۱۳۸۹) اشاره کرد که با مقایسه دما و بارش حوضه آیدوغموش طی دوره ۲۰۴۱-۲۰۶۹ با مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 روشن ساختند که دمای این منطقه به میزان ۲-۴ درجه در حال افزایش است. روشن و همکاران (۱۳۹۱) با آزمون مدل‌های گوناگون برای شبیه‌سازی مقادیر دما و بارش مشاهداتی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ دریافتند که هیچ یک از مدل‌ها به تنهایی قادر به شبیه‌سازی صحیح اقلیم کشور نیستند و باید از ترکیب آن‌ها استفاده شود. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر گرمایش جهانی بر ناهنجاری دبی حوضه رود ارس به این نتیجه رسیدند که ارتباط معکوس و نیرومندی بین گرمایش جهانی با آبدهی حوضه ارس وجود دارد. احمدی و زهرایی

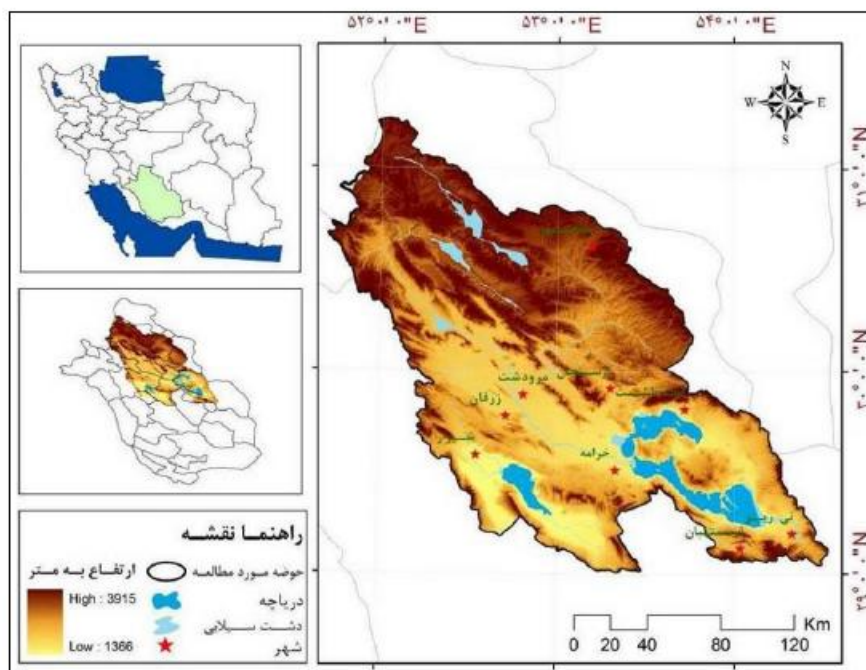
(۱۳۹۳) در پژوهشی، اثرات تغییر اقلیم را بر یخبندان‌های شهر زاهدان با استفاده از مدل‌های سه بعدی گردش عمومی جو شبیه سازی کردند. در این پژوهش پس از صحت سنجی مدل‌های بکار گرفته شده با روش‌های آماری مدل HADGEM با میزان خطای مطلق ۰/۱۶، به عنوان مدل مناسب جهت شبیه سازی مولفه کمینه دما در دوره سرد سال برگزیده شد. نتایج پژوهش نشان داد، تعداد یخبندان‌های سالانه در آینده حدود ۱۸ روز نسبت به دوره حاضر کاهش خواهد یافت. همچنین در میان طبقات، یخبندان‌های ضعیف دارای روند افزایشی و یخبندان‌های شدید و خیلی شدید دارای روند کاهشی است. بازه زمانی یخبندان‌های شدید و خیلی شدید از هفت ماه در دوره آماری حاضر به پنج ماه در بازه زمانی آینده کاهش خواهد یافت. کمانه و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی، به بررسی بازخوردهای (Feedbacks) آب و هوایی و ژئومورفولوژیک جهت توسعه فیزیکی شهر شیراز با استفاده از ضوابط برخالی و آشوبی پرداختند. جانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی بارش ماهانه بندر انزلی در شرایط تاریخی و شرایط تغییر اقلیم با استفاده از نظریه آشوب مورد بررسی قرار دادند. بدین جهت دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۰ به عنوان دوره تاریخی و نتایج مدل LARS-WG تحت سه سناریوی (A1B)، (B1) و (A2) در دوره زمانی (۲۰۲۰-۲۰۳۵) به عنوان دوره‌های آینده مدنظر قرار گرفت. نتایج بیانگر افزایش سیلاب و خشکسالی همراه با ۱۴ درصد کاهش بارش در دوره آینده است و داده‌های تولیدی و تاریخی دارای رفتار آشوبناک (chaotic) قطعی بوده و سناریوی A2 با بعد برخالی ۴/۱۳ بیشترین پیچیدگی را در مقایسه با دیگر سری داده‌ها دارد.

تغییرات کاربری و پوشش زمین (Land cover) پیرامون دریاچه بختگان در سال‌های گذشته نشان داده که با تغییر پهنا آب دریاچه مساحت زمین‌های بایر و پهنا شوره زار افزایش یافته است. مقایسه پهنا آب دریاچه در فاصله زمانی ۵۱ ساله (۱۳۳۵-۱۳۸۶) بیانگر کاهش کلی مساحت آن به میزان ۲۹۶ کیلومتر مربع است (هاشمی تنگستانی، ۱۳۹۲). دلیل عمده این امر نوسان در بارندگی شناخته شده است. که این نوسان بیشترین تأثیر را در تغییر پهنا آبی و شرایط بوم شناختی (Ecologic) دریاچه دارد، بررسی‌ها نشان داد که در بازه‌های زمانی با میزان بارش کم از مساحت پهنا آب دریاچه کاسته شده است. در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴، که میانگین سالیانه بارش بیشینه بوده است، دریاچه بختگان نیز بیشینه مساحت پهنا آب را داشته است (هاشمی تنگستانی، ۱۳۹۲). همچنین بررسی نتایج تغییرات کاربری و پوشش زمین در هر دو دریاچه بختگان و طشک در سال ۱۹۹۸ و سال ۲۰۰۹ نیز بیانگر افزایش ۱۲۹ درصدی مساحت نمک و کاهش ۵۲ درصدی مساحت آب به عنوان مهمترین تغییرات تالاب نیریز در بازه زمانی مورد مطالعه است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰). دریاچه مهارلو نیز به عنوان نزدیک‌ترین دریاچه داخلی به کلان‌شهر شیراز یکی از منحصربه‌فردترین دریاچه‌های ایران محسوب می‌شود. نقش تعدیل‌کننده این دریاچه بر آب و هوای نواحی پیرامونی به ویژه کلانشهر شیراز و خطرات ناشی از خشک‌شدن این دریاچه بسیار پر اهمیت است، همچنین بررسی مساحت این دریاچه هم نشان دهنده کاهش ۱۰۷ کیلومتر مربعی دریاچه نسبت به سال ۱۹۹۹ در سال ۲۰۰۹ می‌باشد (مظفری و نارنگی فرد، ۱۳۹۳). با توجه به مطالب مطروحه در خصوص سه دریاچه طشک، بختگان و مهارلو، توجه به این نکته ضروری است که کاهش کمیّت و کیفیت آب دریاچه‌ها در طی دهه گذشته قابل توجه و نگران کننده بوده است. احداث بند و سدها متعدد، بدون توجه به مسائل زیست محیطی، در نظر نگرفتن حقایق‌های پایین دست، افزایش جمعیت، به همراه افزایش شوره زارها و زمین‌های بایر نواحی پیرامونی دریاچه‌ها موجب پیدایش و گسترش بحران‌های زیست محیطی در منطقه خواهد شد و به عنوان یک چالش فراگیر انسانی و طبیعی فرارو پهنا‌های پیرامونی دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو قرار خواهد داشت. از این رو ضرورت پیش‌بینی تأثیر آینده این تغییرات بر فراسنج‌های آب و هوایی حوضه مورد مطالعه بسیار مهم تلقی می‌شود. مسئله اصلی این پژوهش شناخت ساختار فراسنج تأثیرگذار روزانه دما با کاربست داده‌های شبیه سازی شده مدل EH5OM در منطقه مورد مطالعه است؛ به عبارت دیگر پرسش مطرح در این پژوهش این است که، روند آینده فراسنج میانگین روزانه دما از چه ساختاری پیروی می‌کند؟

با در نظر گرفتن مطالب گفته شده هدف اصلی در این پژوهش تحلیل مکانی الگوهای دمایی و بررسی تغییرات و تعیین دینامیک تعادلی ساختار حاکم بر فراسنج پیش‌بینی شده روزانه دما در دهه‌های آینده (۲۰۵۰-۲۰۱۵) با به کارگیری برون‌داد مدل EH5OM در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو در استان فارس می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز سه دریاچه طشک، بختگان و مهارلو است. این حوضه یکی از سی حوضه درجه دو ایران و بخشی از حوضه آبریز اصلی مرکزی ایران می‌باشد که در محدوده جغرافیایی ۱۲ ثانیه و ۴۹ دقیقه ۵۱ درجه تا ۳۰ دقیقه و ۵۴ درجه طول خاوری و ۲۴ ثانیه و ۵۹ دقیقه و ۲۸ درجه تا ۱۵ دقیقه و ۳۱ درجه عرض شمالی گسترش یافته است (شکل ۱). مساحت این حوضه برابر ۳۱۸۷۴ کیلومتر مربع است که تقریباً یک چهارم از استان فارس را تشکیل می‌دهد (کریمی گوغری و خلیفه، ۱۳۹۰). رود کر مهم‌ترین رود این منطقه محسوب می‌شود. آب این رودخانه از ذوب برف‌هایی که در فصل پاییز و زمستان در ارتفاعات شمالی و شمال باختری استان فارس باریده‌اند تامین می‌شود و به همین دلیل میزان آب آن در فصل بهار به بیشینه خود می‌رسد و در فصل تابستان به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (پورمحمدی و جوادیان‌زاده، ۱۳۹۳). مهم‌ترین منبع تأمین آب دو دریاچه بختگان و طشک، رودخانه‌های کُر و سیوند هستند. رودخانه‌ی کُر با رودخانه‌ی سیوند در دشت مرودشت، در محل پل خان، به هم پیوسته و پس از مشروب نمودن دشت کربال به این دریاچه می‌ریزند. از دیگر منابع آبی دریاچه، چشمه‌های دائمی اطراف دریاچه و سیلاب‌های زمستانه هستند (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰).

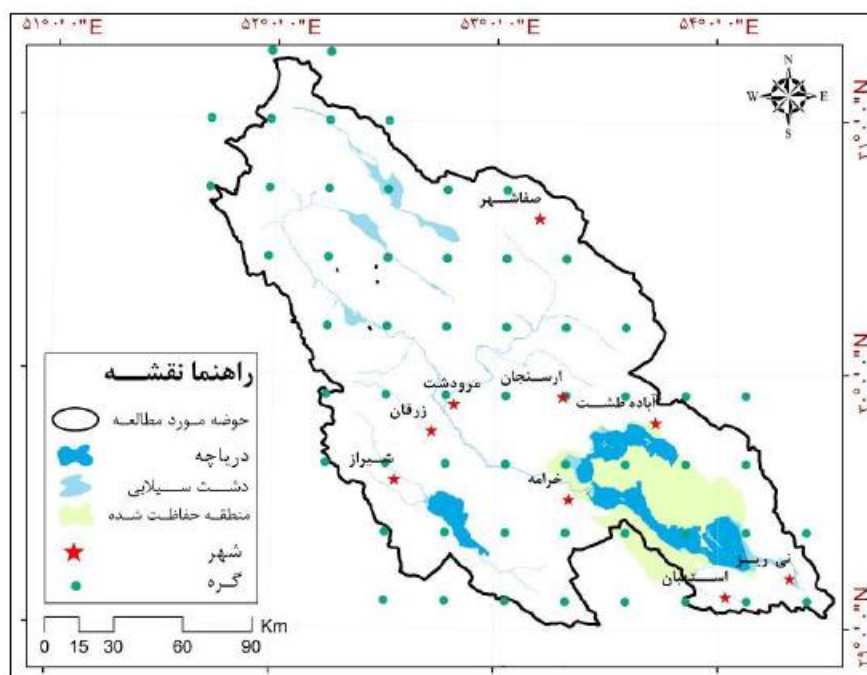


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی سرزمین پژوهش دریاچه مهارلو.

ارتفاع این حوضه از ۱۳۶۶ تا ۳۹۱۵ متر در کوه‌های شهرستان بوانات متغیر است. ترکیب ارتفاع و عرض جغرافیایی در این حوضه شرایط بسیار مناسبی را برای ایجاد آب و هواهای نیمه خشک تا مرطوب را بوجود آورده است. میانگین بارندگی سالانه در این حوضه از ۲۰۰ میلی‌متر در جنوب خاوری تا ۷۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمال باختری حوضه متغیر است (وفاخواه و رجبی، ۱۳۸۴). بختگان نخستین بار در سال ۱۳۴۶ با عنوان منطقه شکار ممنوع تحت حفاظت قرار گرفت. در سال ۱۳۴۷ به عنوان منطقه حفاظت شده اعلام شد. سپس در سال ۱۳۵۴ به عنوان پناهگاه حیات وحش و در سال ۱۳۷۴ بخشی از آن شامل مجموعه دریاچه‌های بختگان، طشک و تالاب‌های موجود در ورودی زهکش‌ها به انضمام ارتفاعات شمال دریاچه بختگان به عنوان پارک ملی تعیین شد. این منطقه نقش بسیار مهمی در بقاء تنوع ژنتیکی و اکولوژیکی کشور ایفا می‌کند و به همین دلیل تالاب نیریز در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کشور قرار گرفته است. دریاچه‌های بختگان و طشک امروزه متأسفانه به دلایل



گوناگون از جمله احداث سد های متعدد بر رودخانه های بالادست آن ها و رخداد خشکسالی کاملاً خشک شده اند (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۱). نقشه موقعیت جغرافیایی نقاط (گره) داده های ریزگردانی شده با ابعاد  $۰/۲۷ \times ۰/۲۷$  درجه طول و عرض جغرافیایی مدل EH5OM و منطقه حفاظت شده دریاچه های بختگان، طشک در شکل ۲ به نمایش در آمده است.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی نقاط (گره) داده های مدل EH5OM.

در این پژوهش به منظور شبیه سازی دمای روزانه از پایگاه داده های EH5OM استفاده گردید. این پایگاه به عنوان داده های مدل گردش کلی جو و اقیانوس AOGCM (Atmosphere-Ocean General circulation Model) بوده و از داده های مدل جو و مدل اقیانوسی تشکیل شده اند. این داده ها پنجمین نسخه از داده های ECHAM مدل گردش کلی جو با طیف هسته دینامیکی که برای پروژهای اقلیمی با تفکیک T63 درجه طولی و عرضی و ۳۱ سطح جو تا نزدیک ۱۰ هکتوپاسکال بوده، که در موسسه پلانک در دانشگاه هامبورگ تولید شده است (Roeckner et al., 2003). این داده ها از تاریخ ۱۹۶۰ تا ۲۱۰۰ اجرا شده و تحت سناریو B1A، پنل بین المللی تغییر اقلیم (International panel of climate change) اجرا شده اند. برای استفاده از آن ها نیاز بود که از مدل ریزمقیاس نمایی منطقه ای regional RegCM 4 (climate model) استفاده گردد. داده های خروجی مدل ریزگردانی شده با ابعاد  $۰/۲۷ \times ۰/۲۷$  درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد  $۳۰ \times ۳۰$  کیلومتر مساحت ایران را پوشش می دهند. پس از شبیه سازی، داده های دمای هوا روزانه در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰-۲۰۱۵) توسط مدل استخراج می شود. ابعاد یاخته ها  $۲۱۴۰ \times ۵۸$  می باشد. در این ماتریس سطرها (۵۸) نشان دهنده زمان (ساعت، هر روز، هر سال) و ماتریس ستون ها یاخته ها (نقاط میان یابی شده با ابعاد  $۳۰ \times ۳۰$  کیلومتر) می باشند.

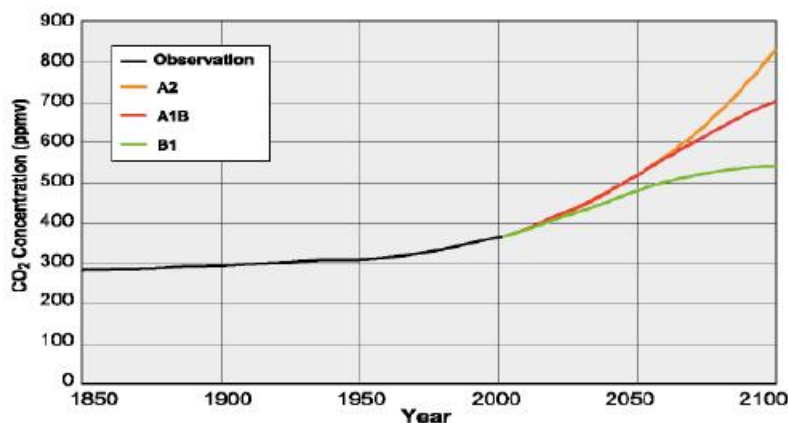
همانگونه که در (جدول ۱) که توسط موسسه ماکس پلانک انتشار یافته مشاهده می شود، سناریوهای این مدل تحت شرایط گازهای گلخانه ای (دی اکسید کربن و سولفور جو) برای دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰ شبیه سازی شده اند؛ که در این پژوهش از داده های سناریو A1B طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۵۰ استفاده گردید. این سناریو یکی از سناریوهای تغییر اقلیم بر این باور است که در آینده، میزان سوخت های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین در کنار آن از سوخت های غیر فسیلی استفاده شود. در واقع در این پژوهش ما به شبیه سازی تغییرات دمای

روزانه تحت این مدل در دهه‌های آینده خواهیم پرداخت همانگونه که در شکل ۱ قابل مشاهده است در بیشتر سناریوها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از قرن بیست به بعد سیر صعودی به خود گرفته است که بیشترین آن در سناریوهای خانواده A می‌باشد.

### جدول ۱: میزان شبیه سازی شده خروج دی اکسید کربن و سولفور جو طبق سناریوهای انتشار

دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰ (Roeckner et al., 2006).

CO <sub>2</sub> - Emissions (PgC/year)			SO <sub>2</sub> - Emissions (PgC/year)			سال
B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
۶۹	۶۹	۶۹	۸	۸	۸	۲۰۰۰
۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۱	۱۳	۱۳	۲۰۲۰
۷۹	۶۹	۱۰۹	۱۲	۱۵	۱۶	۲۰۴۰
۵۶	۴۷	۹۰	۱۰	۱۶	۱۹	۲۰۶۰
۳۶	۳۱	۶۵	۷	۱۵	۲۳	۲۰۸۰
۲۵	۲۸	۶۰	۴	۱۳	۲۹	۲۱۰۰



شکل ۳: نمودار میزان روند تغییرات میزان دی اکسید کربن موجود در جو طی

دوره زمانی (۱۸۵۰-۲۱۰۰) (Roeckner et al., 2006).

در ادامه این پژوهش افزون بر پیش‌بینی صورت گرفته در زمینه فراسنج روزانه دما، ساختار روزانه این فراسنج و همچنین منطبق حاکم بر روند آن در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت تحلیل الگوهای مکانی- زمانی پهنه‌های دمایی، میانابایی پهنه‌های دما در قالب‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه با استفاده از فنون زمین‌آمار، پهنه‌بندی به روش کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.2 انجام پذیرفت. در این راستا به دلیل اینکه اصولاً پدیده‌های طبیعی اکثراً از رابطه خطی پیروی نمی‌کنند و در صورت پیروی از همبستگی حداکثری برخوردار نخواهند بود، بنابراین سیمپلکسیون داده‌های آب و هوایی در ساختاری غیر خطی از همبستگی بیشتری برخوردار می‌باشند، بر همین اساس نخست به ضابطه‌یابی برخالی (Fractal) اقدام می‌گردد. این ساختار با رعایت دوره گردش در ضابطه پولی نومیال (Polynomial) (چند جمله‌ای) مثلثاتی با درجه دو در حالت کلاسیک خود نسبت به بردارهای x and y با همبستگی حداقل ۹۵ درصدی کاملاً معنی‌دار خواهد بود، که از اعمال ساختار نهرین بر روی دامنه و بردارهای داده‌های هم مرجع شده دما محاسبه

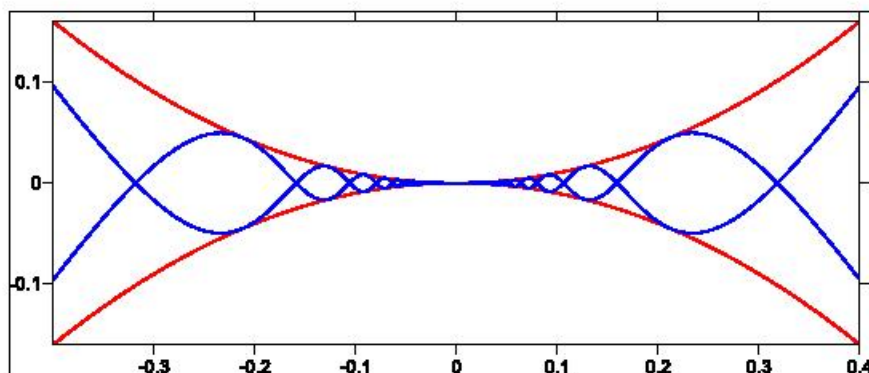
می‌گردند، بدین ترتیب که در گام نخست فراسنج مورد استفاده در پژوهش به ترتیب کمینه به بیشینه مرتب گردیدند. سپس بر اساس مختصات حد آستانه‌ها مثلثاتی (2II) کمینه و بیشینه از طریق ساختارهای خطی ضوابط مورد نظر استخراج شد و هم مرجع‌سازی جبری (Mathematical Reference) با استفاده از رابطه (۱) انجام پذیرفت.

$$F(x) = \left[ \left( \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} x - \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} x_0 \right) + f(x_0) \right] \quad \text{رابطه ۱:}$$

در ادامه جهت اعمال ساختار بر خالی با اعمال ضابطه حاصله از هم مرجع‌سازی با بکارگیری رابطه (۲) ساختار واقعی فراسنج آب و هوایی مورد نظر بدست آمد.

$$Y = m^2 \times \sin(1/m) \quad \text{رابطه ۲:}$$

سرانجام با همپوشانی نمودارهای خروجی از ساختارهای واقعی و ساختار کلاسیک بر خالی (شکل ۲) در دامنه‌های جبری  $-0.4$  تا  $+0.4$  مقایسه و روند جبری هر یک از فراسنج‌های آب و هوایی مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۲: ساختار کلاسیک دو بعدی بر خالی.

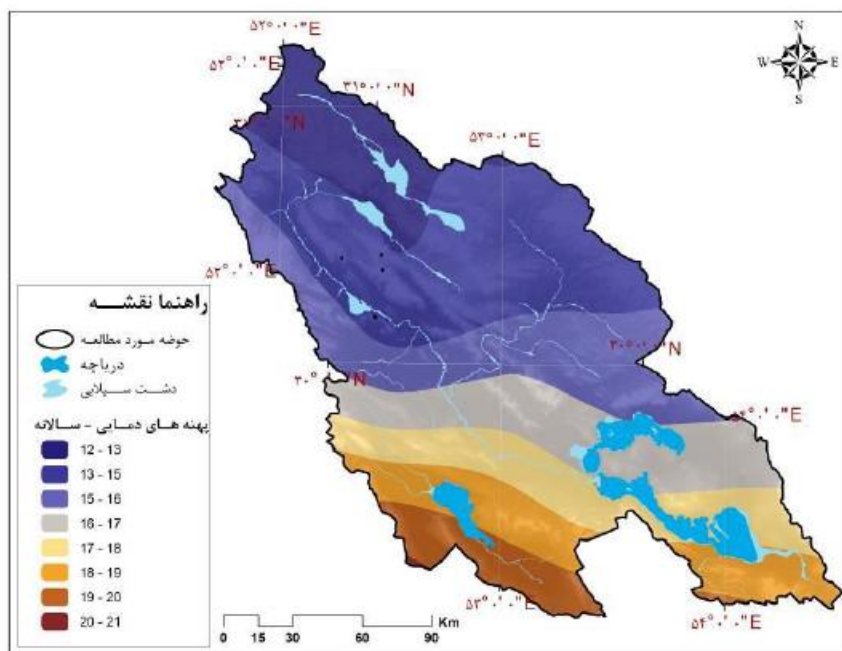
## نتایج

در گام نخست در این پژوهش به بررسی الگوهای مکانی-زمانی فراسنج پیش‌بینی شده دما خروجی مدل EH5OM در قالب‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه پرداخته شد. سپس برای بررسی تغییرات و تعیین دینامیک تعادلی ساختار حاکم بر این فراسنج در قالب روزانه با بکارگیری ساختار بر خالی اقدام گردید.

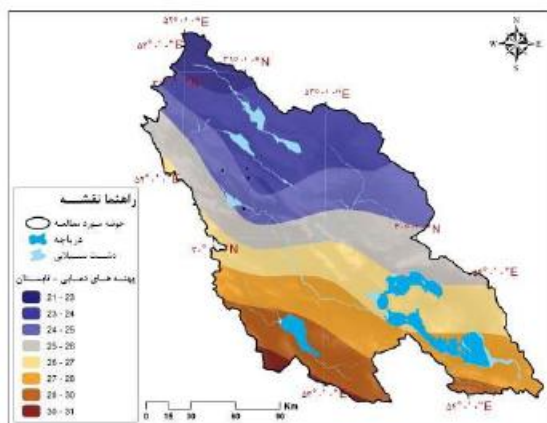
میانگین سالانه دمای شبیه‌سازی شده در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی یاد شده با استفاده از سناریو A1B ترسیم و پهنه‌بندی گردید. با توجه به این سناریو، پهنه دمایی ۲۱-۱۶ درجه سانتی‌گراد پیرامون سه دریاچه در حوضه آبخیز مورد مطالعه در بر گرفته است که بیشترین میانگین سالانه دما در دهه‌های آینده را دریاچه مهارلو و کمترین آن را دریاچه طشک داراست (شکل ۵). همبستگی بالای  $-0.7$  دما با ارتفاع در بازه زمانی سالانه رابطه قوی الگوهای دمایی با طبقات ارتفاعی را نشان می‌دهد. همچنین میانگین چهارگانه فصلی این فراسنج نیز در شکل‌های ۶ الی ۹ ترسیم گردید. بیشترین میانگین دمای هوای این مناطق در فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان می‌باشد. حوضه دریاچه مهارلو در تمام فصل‌ها از دمای بالاتری نسبت به دریاچه‌های دیگر برخوردار می‌باشد. در فصل بهار پهنه دمایی ۲۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، در فصل تابستان پهنه دمایی ۲۵ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد، در فصل پاییز پهنه دمایی ۱۲ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان پهنه دمایی ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد



پیرامون سه دریاچه را در بر گرفته است. تحلیل الگوهای مکانی پهنه‌های دمایی سالانه و فصلی نشان داد؛ اگرچه از لحاظ دمایی دارای تفاوت‌هایی است، اما از لحاظ الگوهای مکانی از ساختار نسبتاً مشابه و یکسانی برخوردار می‌باشند. در فصل‌های چهارگانه نیز میزان همبستگی میان طبقات ارتفاعی و دما بالای ۰/۷- در هر چهار فصل می‌باشد و همانند الگوی سالانه رابطه قوی میان دما و ارتفاع در منطقه مورد مطالعه برقرار است.

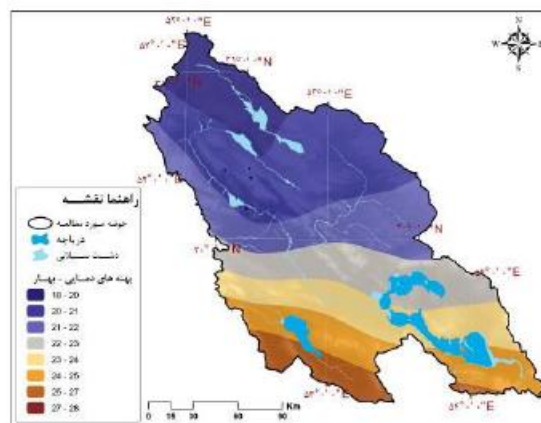


شکل ۵: پهنه‌های دما سالانه بر اساس سناریوی AIB



شکل ۷: پهنه‌های دما در فصل تابستان بر اساس

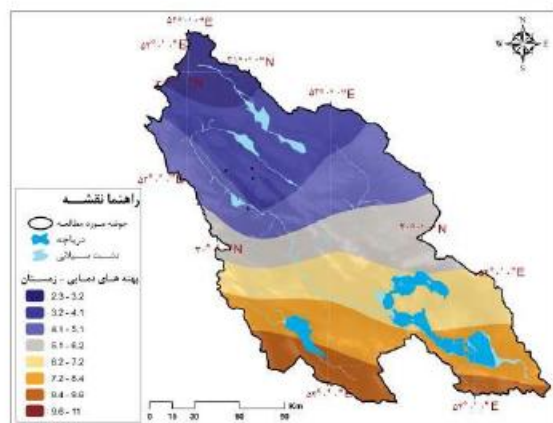
سناریوی AIB



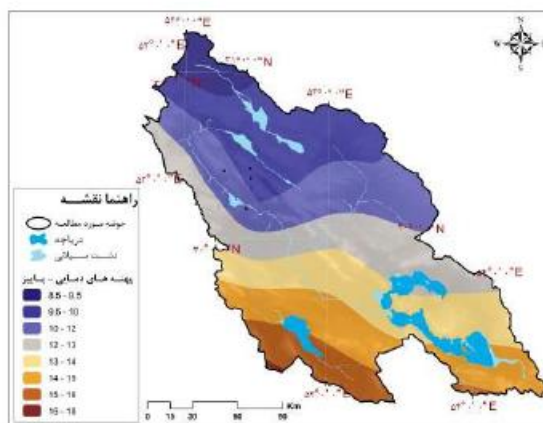
شکل ۶: پهنه‌های دما در فصل بهار بر اساس

سناریوی AIB



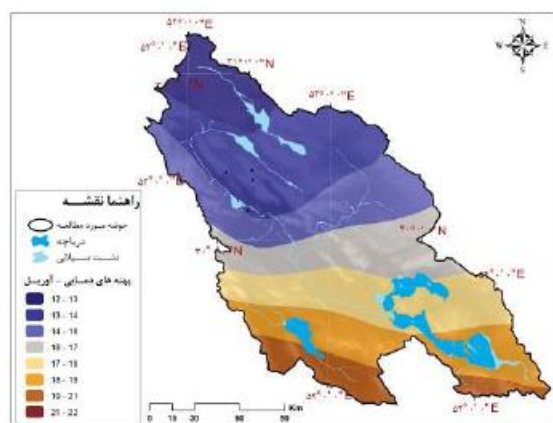


شکل ۹: پهنه‌های دما در فصل زمستان بر اساس سناریوی AIB.

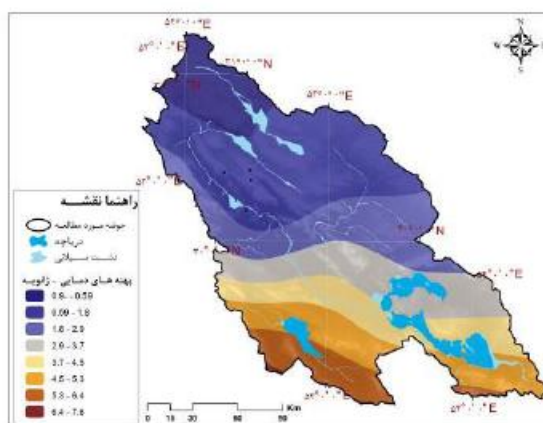


شکل ۸: پهنه‌های دما در فصل پاییز بر اساس سناریوی AIB.

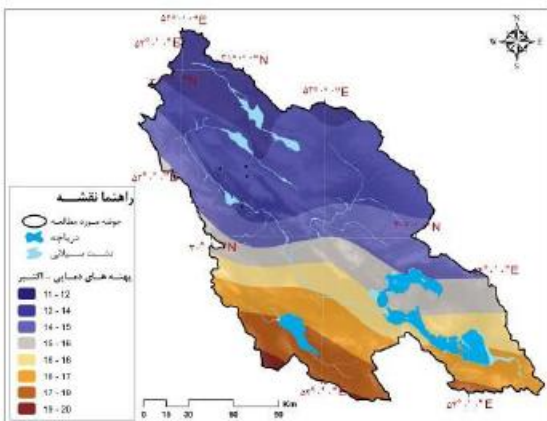
همچنین در ادامه میانگین ماهانه پهنه‌بندی دمای پیش بینی شده در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های خروجی سناریوی مذکور ترسیم گردید. که با توجه به الگوهای مکانی مشابه و حجم محدود مقاله نقشه‌های چهار ماه نخست هر فصل (ماه‌های آوریل (فروردین)، ژانویه (دی)، ژوئیه (تیر) و اکتبر (مهر)) به عنوان نمونه در این بخش آورده شده است شکل‌های ۱۰ تا ۱۳. با توجه به این شکل‌ها در ماه ژانویه پهنه دمایی ۳ تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد، در ماه آوریل پهنه دمایی ۱۶ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد، در ماه ژوئیه پهنه دمایی ۲۸ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد و در ماه اکتبر پهنه دمایی ۱۴ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد پیرامون سه دریاچه را در بر گرفته است. همچنین ویژگی‌های آماری، سالانه، فصلی و ماه‌های منتخب حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو در جدول ۲ نشان داده شده است. وجود الگوهای مکانی نسبتاً یکسان در قالب‌های زمانی متفاوت ماهانه، فصلی و سالانه به دلیل تأثیر پذیری بالا و رابطه قوی این فراسنج با طبقات ارتفاعی است، با استناد به نمودار (شکل ۱۴) و ضریب تعیین ۰/۰۶ و همبستگی ۰/۷۵ و معنی داری در سطح ۹۹ درصد نشان می‌دهد الگوها مکانی دما به شدت متأثر از طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



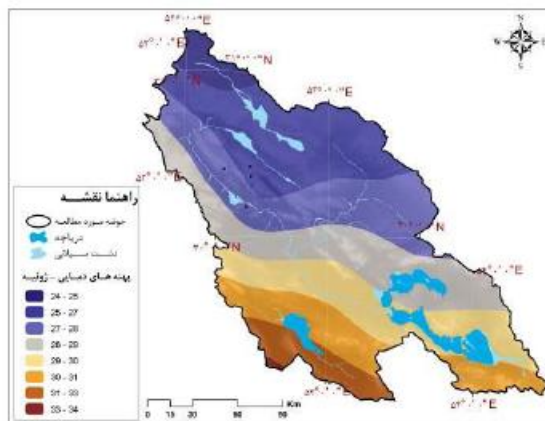
شکل ۱۱: پهنه‌های دما در ماه آوریل بر اساس سناریوی AIB.



شکل ۱۰: پهنه‌های دما در ماه ژانویه بر اساس سناریوی AIB.



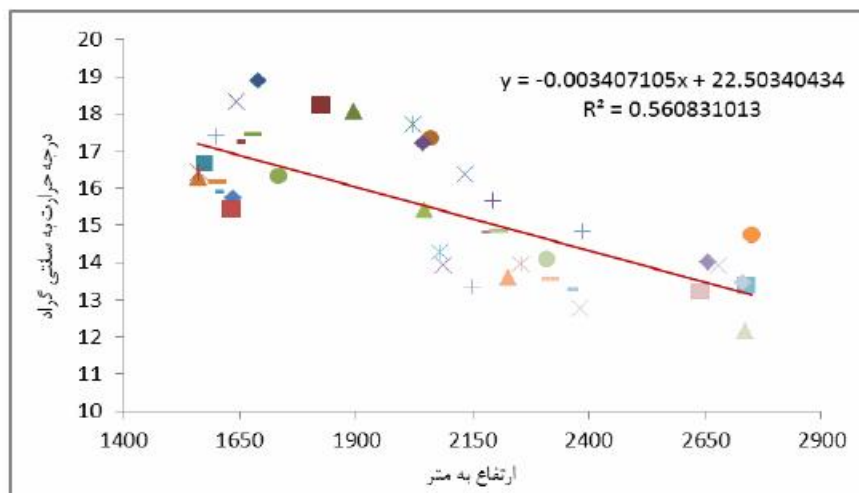
شکل ۱۳: پهنه‌های دما در ماه اکتبر بر اساس سناریوی AIB.



شکل ۱۲: پهنه‌های دما در ماه ژوئیه بر اساس سناریوی AIB.

جدول ۲: ویژگی‌های آماری، سالانه، فصلی و ماه‌های منتخب حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو.

ردیف	بازه زمانی	کمینه	میانگین	پیشینه	انحراف استاندارد	پراش (واریانس)
۱	سالانه	۱۱/۸	۱۶/۳	۲۱	۵/۱	۶/۳
۲	بهاره	۱۸	۲۲/۹	۲۷	۲/۷	۷/۵
۳	تابستان	۲۱/۴	۲۶/۳	۳۱/۲	۲/۶	۶/۷
۴	پاییز	۸/۵	۱۲/۹	۱۷/۶	۲/۴	۵/۸
۵	زمستان	۲/۳	۶/۴	۱۰/۹	۲/۴	۵/۸
۶	آوریل	۱۲/۳	۱۶/۹	۲۲/۱	۲/۸	۸
۷	ژوئیه	۲۴/۲	۲۹	۳۴	۲/۵	۶/۴
۸	اکتبر	۱۰/۸	۱۵/۴	۲۰/۴	۲/۶	۶/۶
۹	ژانویه	-۰/۹	۳/۳	۷/۶	۲/۳	۵/۳



شکل ۱۴: رابطه ارتفاع و دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو.

در این بخش از پژوهش نخست حد آستانه‌های بیشینه و کمینه فراسنج‌های پیش‌بینی شده آب و هوایی میانگین روزانه دما در ضابطه خطی رابطه (۱) در دامنه‌های جبری  $-۰/۴$  تا  $+۰/۴$  هم مرجع گردید. سپس نتایج محاسبه شده بر روی هر یک از داده‌ها در ۴۰ نقطه در محدوده منطقه مورد مطالعه به صورت جداگانه اعمال گردید، که با توجه به محدودیت مقاله ۳ نقطه (جدول ۳) به صورت موردی و نمونه برگزیده شد.

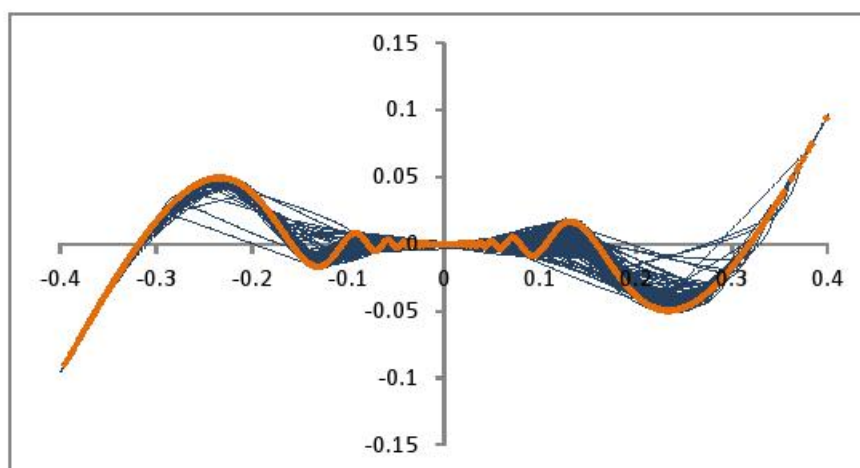
جدول ۳: مشخصات جغرافیایی سه نقاط نمونه در منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان).

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	۵۱:۹	۳۱	۲۷۳۵
۲	۵۲:۵	۲۹:۶	۱۶۷۸
۳	۵۳:۳	۲۹:۶	۱۵۶۰

پس از هم مرجع نمودن داده‌های روزانه فراسنج پیش‌بینی شده میانگین دما سه نقطه با ساختار کلاسیک برخال با استناد به ضابطه حاصله (جدول ۴) و با اعمال ساختار نهرین بر روی دامنه و بردهای داده‌های هم مرجع شده دما میانگین، محاسبات مربوطه انجام گرفت. نتایج حاصله نشان داد که در نقطه نخست دقیقاً نوسانات روزانه فراسنج پیش‌بینی شده میانگین دما در بازه زمانی مورد مطالعه از ساختار برخالی پیروی می‌نماید (شکل ۱۵). همچنین ساختار واقعی با رنگ آبی بر روی ساختار کلاسیک با رنگ قرمز در (شکل ۱۶) ترانما (Transparent) شده است. مقادیر مطلق میانگین پیش‌بینی شده دما در (شکل ۱۷) بر روی منحنی برخال به نمایش در آمده است.

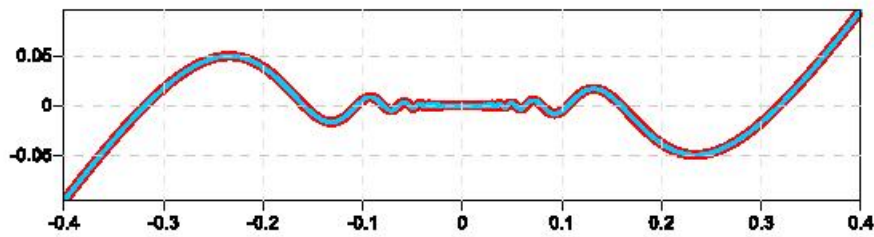
جدول ۴: آستانه‌های آب و هوایی پیش‌بینی شده دما و ضوابط خطی حاکم.

نقاط / سنجه	نقطه یک	نقطه دو	نقطه سه
کمینه	-۷/۷	-۸/۰۹	-۱۳/۶۱
بیشینه	۳۴/۰۸	۳۵/۵۲	۳۹/۹۸
ضابطه	$y = (x * -0.019147918) + 0.252561034$	$y = (x * -0.018344416) + 0.251593671$	$y = (x * -0.018352833) + 0.15021794$

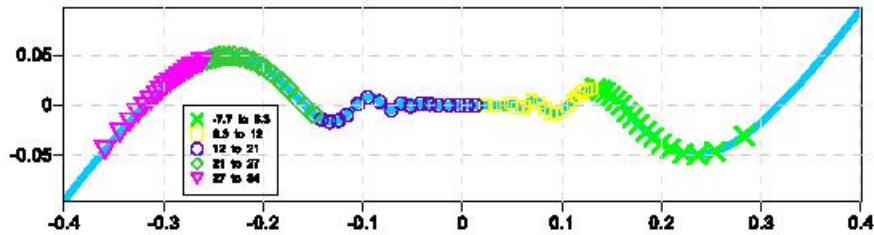


شکل ۱۵: ساختار برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه اول.



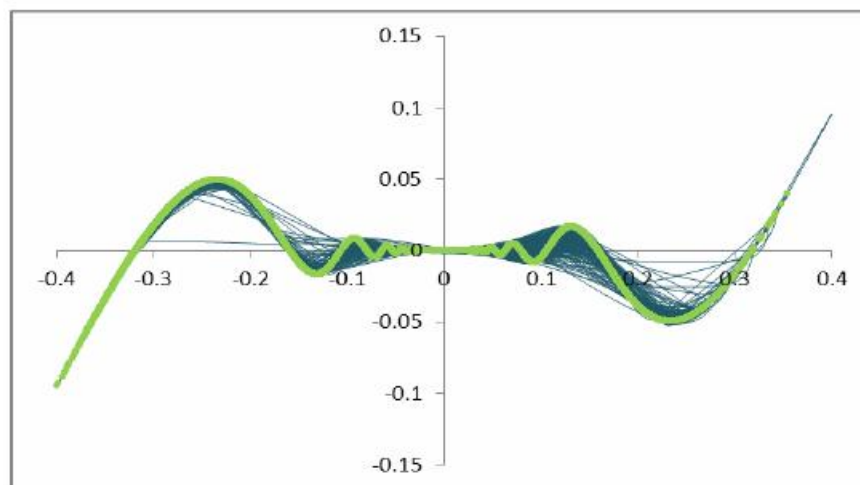


شکل ۱۶: ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه اول.

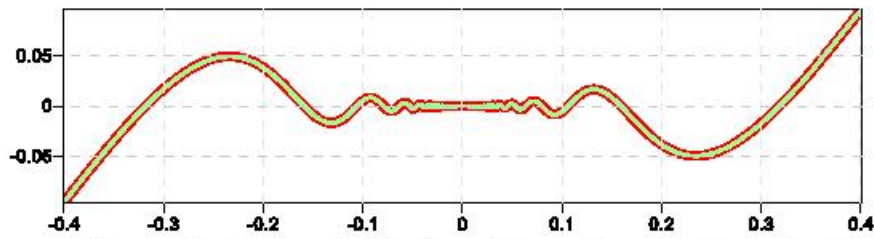


شکل ۱۷: همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی، و مقادیر مطلق روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه اول.

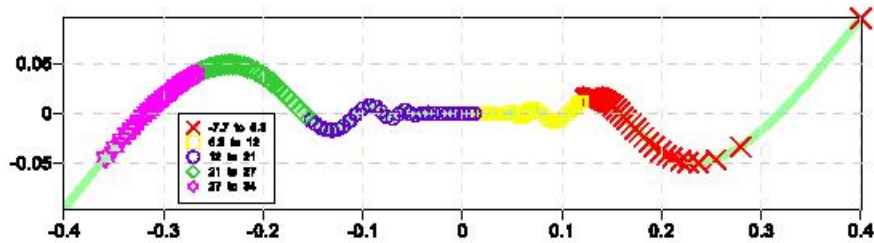
در نقطه دوم نیز داده‌های روزانه فراسنج پیش‌بینی شده میانگین دما با ساختار کلاسیک برخال با استناد به ضابطه (جدول ۴) محاسبه گردید که نتایج این محاسبات هم نشان داد که نوسانات روزانه این فراسنج در بازه زمانی مورد مطالعه از ساختار کاملاً برخالی پیروی می‌نماید (شکل ۱۸). همچنین در شکل ۱۹ ساختار واقعی با رنگ سبز بر روی ساختار کلاسیک با رنگ قرمز ترانما شده است. مقادیر مطلق میانگین پیش‌بینی شده دما در شکل ۲۰ بر روی منحنی برخال نشان داده شده است. در بررسی نتایج حاصل از ضابطه حاکم بر نقطه سوم نیز، محاسبات نشان داد نوسانات در این مختصات جغرافیایی هم از ساختار کاملاً برخالی پیروی می‌نماید (شکل ۲۱). در شکل ۲۲ ساختار واقعی با رنگ زرد بر روی ساختار کلاسیک با رنگ قرمز ترانما شده است. همچنین مقادیر مطلق میانگین پیش‌بینی شده دما در شکل ۲۳ بر روی منحنی برخال به نمایش در آمده است.



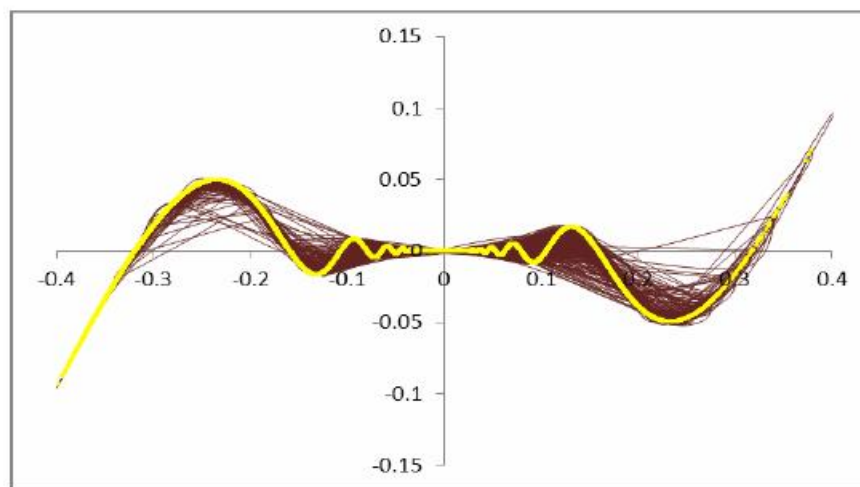
شکل ۱۸: ساختار برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه دوم.



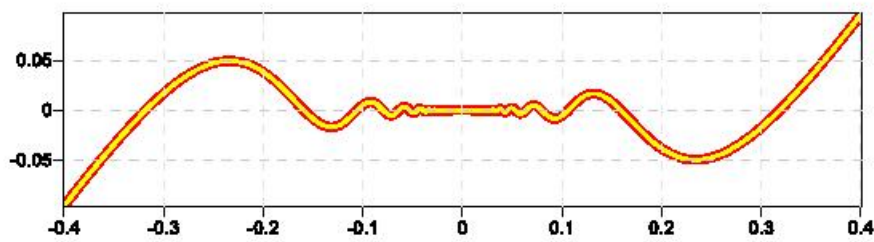
شکل ۱۹: ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه دوم.



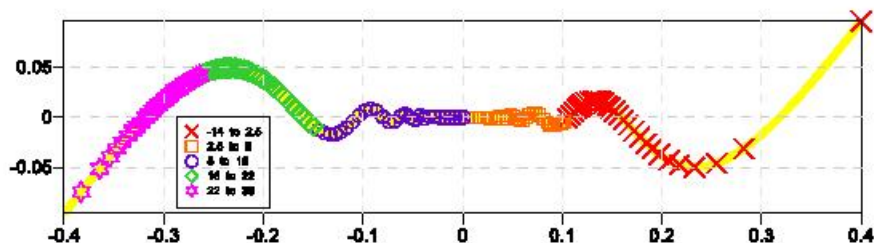
شکل ۲۰: همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه دوم.



شکل ۲۱: ساختار برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه سوم.



شکل ۲۲: ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه سوم.



شکل ۲۳: همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی، و مقادیر مطلق روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه سوم.

### بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر از داده‌های فراسنج آب و هوایی میانگین دما در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) برای بررسی الگوهای دمایی در قالب زمانی سالانه، فصلی و ماهانه و همچنین تعیین دینامیک نوسانات و شناخت ساختار حاکم بر فراسنج روزانه دمای شبیه سازی شده خروجی مدل EH5 OM استفاده گردید. بدین جهت پس از هم مرجع سازی ریاضی فراسنج‌های دما با اعمال ساختار مثلثاتی برخالی بر روی داده‌های بدست آمده به مقایسه نتایج حاصله با هندسه کلاسیک برخالی پرداخته شد؛ بر اساس یافته‌های این پژوهش روند روزانه فراسنج میانگین دما از ساختاری کاملاً برخالی پیروی می‌نماید که این یافته نشان دهنده گذار دینامیک این فراسنج آب و هوایی از حالت ناعادلی به عدم تعادل در ۳۶ سال شبیه سازی شده آینده منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین در بررسی الگوهای مکانی دما نتایج نشان داد که پهنه دمایی ۱۶-۲۱ درجه سانتی‌گراد پیرامون سه دریاچه در حوضه آبخیز مورد مطالعه در برگرفته است که بیشترین میانگین سالانه دما در دهه‌های آینده متعلق به دریاچه مهارلو و کمترین مربوط به دریاچه طشک است. دریاچه مهارلو در همه فصل‌ها از دمای بالاتری نسبت به دریاچه‌های دیگر برخوردار می‌باشد. الگوهای مکانی پهنه‌های دمایی سالانه و فصلی؛ اگرچه از لحاظ دمایی دارای تفاوت‌هایی است، اما از لحاظ الگوهای مکانی از ساختار نسبتاً مشابه و یکسانی برخوردار می‌باشند. وجود الگوهای مکانی نسبتاً یکسان در قالب‌های زمانی متفاوت ماهانه، فصلی و سالانه به دلیل تأثیر پذیری بالا و رابطه قوی این فراسنج با طبقات ارتفاعی است، با استناد به این نکته که ضریب تعیین ۰/۱۶ و همبستگی ۰/۷۵ و معنی داری در سطح ۹۹ درصد نشان دهنده تأثیر پذیری بالای الگوها مکانی دما از طبقات ارتفاعی در حوضه آبخیز مورد مطالعه می‌باشد. در این راستا به دلیل اینکه استفاده‌ی نامناسب و مهارنشده از طبیعت، موجب تخریب و بر هم خوردن تعادل بوم‌سازگان (*ecosystem*) خواهد شد. آنچه به عنوان تخریب محیط زیست از آن یاد می‌شود، نتیجه‌ی برنامه‌ها و سیاست‌های نادرست در مدیریت سرزمین است و نمونه‌ی بارز این مسأله، دریاچه‌های طشک و بختگان است. با احداث سدهای مخزنی درودزن و سیوند و بندهای امیر و فیض آباد، همچنین برداشت بی رویه از آب رودخانه‌های کر و سیوند برای مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی، رژیم آبیاری طبیعی دریاچه‌های طشک و بختگان دچار اختلال شده و این امر سبب شده این دو دریاچه در فصول مختلف سال، دوره‌های خشک و بدون آب را سپری کنند. این درحالی است که این دو دریاچه، جزء مناطق تحت حفاظت سازمان محیط زیست کشور بوده و طرح‌هایی که در بالادست برای برداشت آب به اجرا در می‌آید، بدون توجه به حفظ حیات دریاچه‌های طشک و بختگان انجام می‌شود. در صورت عدم تعلق حقایق زیست محیطی به این دریاچه‌ها، اکوسیستم منطقه به اکوسیستم کویری تبدیل خواهد شد. که دخالتی بیش از توان محیط در این منطقه بوده و سبب شده تا حیات دریاچه‌های طشک و بختگان در معرض خطر قرار گرفته و منجر به مرگ زودرس این دو محیط آبی در کشور شود. این دو دریاچه، افزون بر تأثیری که در محیط پیرامون خود دارند، زیستگاه پرنده‌گانی همچون، غازها، لک‌لک‌ها، پلیکان‌ها، اردک‌ها، ماهی خورک‌ها، فلامینگو، آنقوت، تنجه و چنگر است. حرکت مهاجرتی پرنده‌گان، همیشه تابع عوامل مثبت زیست محیطی نیست، بررسی‌های گذشته نشان می‌دهند که چند عامل اصلی در این نوسان دخالت مستقیم دارند. این عوامل شامل تغییرات شرایط آب و هوایی به ویژه سرمای شدید و برف و یخبندان در مناطق شمالی، وضعیت سلامت تالاب‌ها، میزان و تنوع غذایی زیستگاه‌ها، دخالت‌های بی مورد انسان و از همه مهمتر شکار بی رویه پرنده‌گان است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین رخداد خشکسالی‌های پیاپی، احداث بند و سدهای بی‌شمار بر



روی رودخانه ورودی به دریاچه، در نظر نگرفتن حبابه‌های پایین دست، عدم برنامه‌ریزی در تخصیص آب و بهره‌برداری فزاینده آب در نواحی پیرامونی دریاچه به همراه تغییرات آب و هوایی از جمله دلایل برجسته است که زیست طبیعی و انسانی خود دریاچه و نواحی پیرامونی آن را به شدت تهدید می‌نماید. به همین جهت در این پژوهش، داده‌های ریزمقیاس شده خروجی مدل اقلیم منطقه‌ای ریزمقیاس شده در بازه زمانی ۳۶ ساله شبیه سازی گردید و ساختار و روند حاکم بر آن در قالب زمانی روزانه محاسبه شد. تغییر فراسنج دما از حالت ناتعادلی به عدم تعادل، همچنین پیش‌بینی روند صعودی این فراسنج در منطقه مورد مطالعه نشانه‌ای از تغییرات آب و هوایی آینده را نشان می‌دهد. افزایش دما و پیامد آن بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در حوضه آبخیز این سه دریاچه می‌تواند به عنوان یک عامل مضاعف در کاهش سطح و حجم دریاچه‌ها و به دنبال آن سخت‌تر کردن شرایط زیست محیطی منطقه را به دنبال داشته باشد. به همین دلیل لزوم توجه بیشتر به رفع و ساماندهی عوامل مخرب تاثیر گذار فعلی بر کاهش سطح و حجم آب دریاچه را دو چندان می‌کند. مطالعات انجام شده در زمینه فراسنج دمای شبیه سازی شده خروجی مدل EH5OM در ایران عمدتاً در چارچوب پیش‌بینی نیاز سرمایشی و گرمایشی مناطق مختلف بوده است؛ که می‌توان به پژوهش امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) اشاره کرد. اما برای مقایسه پژوهش‌های مشابه لازم است که اشاره شود که این پژوهش برای نخستین بار در ایران به تعیین دینامیک نوسانات و شناخت ساختار حاکم بر فراسنج روزانه دما در منطقه مورد مطالعه (حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو) مبتنی بر پرونداد مدل EH5OM مؤسس ماکس پلانک آلمان پرداخته است. با این حال یافته‌های این پژوهش نشان داد که گذار دینامیک فراسنج دما از حالت ناتعادلی به عدم تعادل با نتایج پژوهش امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص افزایش بسامد سرماهای فرین در دهه‌های آینده مطابقت دارد. در همین راستا پژوهش‌های کمانه و همکاران (۱۳۹۵) و مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد، ساختار بارش در ایستگاه همدید شیراز واقع در منطقه مورد مطالعه با نزدیک‌ترین فاصله به دریاچه مهارلو در قالب زمانی ماهانه و سالانه از ساختار برخالی پیروی می‌کند، اما روند بارش در قالب روزانه از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. مقایسه این یافته‌ها نشان می‌دهد دو فراسنج اصلی دما و بارش در قالب زمانی روزانه از دو ساختار متفاوت پیروی می‌کنند. همچنین برای پژوهش‌های آینده در این زمینه می‌توان پیشنهاد داد که مبتنی بر پرونداد مدل EH5OM، فراوانی و روندیابی دیگر شاخص‌های فرین دما از جمله شاخص‌های: میزان اختلاف درجه حرارت (DTR)، روزهای گرم (TX90P)، شب‌های گرم (TN90P)، روزهای سرد (TX10P)، شب سرد (TN10P) و روزهای تابستان (SU25) و غیره را مورد بررسی قرار داد.

## منابع

- احمدی، م. و زهرایی، ا.، ۱۳۹۳. شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر یخبندان‌های زاهدان با استفاده از مدل‌های سه بعدی گردش عمومی جو. پژوهش‌های دانش زمین، سال ۵، شماره ۲۰، صفحات ۲۹-۴۴.
- اسفندیاری درآباد، ف.، عالی جهان، م.، رحیمی، م. و مهرورز، ا.، ۱۳۹۲. آشکارسازی آماری تأثیر پدیده گرمایش جهانی بر ناهنجاری‌های دبی حوضه رودخانه ارس. فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۱، شماره ۴، صفحات ۴۳-۶۰.
- امیدوار، ک.، ابراهیمی، ر.، داداشی رودباری، ع. و ملک‌میرزایی، م.، ۱۳۹۴. واکاوی زمانی- مکانی فرین‌های سرد ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی به منظور کاهش مخاطرات. دانش مخاطرات. دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۴۲۷-۴۲۳.
- امیدوار، ک.، ابراهیمی، ر. و نارتگی فرد، م.، ۱۳۹۴. پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کاربست داده‌های EH5OM. مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۴، شماره ۶، صفحات ۷۵-۵۷.
- آشفته، پ. و مساح بوانی، ع.، ۱۳۸۹. تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های حداکثر مطالعه موردی حوضه ایدغموش. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال ۱۴، شماره ۵۳، صفحات ۳۹-۲۵.
- پورمحمدی، س. و جوادیان‌زاده، م.، ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیر بارورسازی ابر بر میزان بارش در حوضه‌های آبریز ایران در سال آبی ۸۸-۸۹ (مطالعه موردی: حوضه‌های آبریز بختگان - طشک و گاوخونی). فصلنامه بین‌المللی پژوهشی تحلیلی منابع آب و توسعه، سال ۲، شماره ۳، صفحات ۱۱۱-۹۳.

- تیموری، ا.، مرید، ا.، پوراحمد، ا.، حبیبی، ل. و سالاروندیان، ف.، ۱۳۹۰. تعیین حقایق زیست‌محیطی دریاچه‌های طشک و بختگان با استفاده از روش طبقه‌بندی C - میانگین فازی. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دوره ۳۳، شماره ۷۷، صفحات ۳۷-۲۱.
- جانی، ر.، قربانی، م.ع. و شمسایی، ا.، ۱۳۹۴. تحلیل بارش ماهانه بندر انزلی با استفاده از نظریه آشوب در شرایط تغییر اقلیم. پژوهش آب ایران دوره ۹، شماره ۱، صفحات ۳۹-۳۹.
- جعفرپور، ز.، کمانه، ع.، آبی، ی. و هاشمی، م.، ۱۳۹۰. بررسی اثرات و نوسانات و تغییرات پالئوکلیماتیک کوتاه‌تر بر حوضه ژئومورفولوژیک فسا. جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۳، صفحات ۲۶-۱۵.
- خسروی، م.، اسمعیل‌نژاد، م. و نظری‌پور، ح.، ۱۳۸۵. تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب خاورمیانه. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، صفحات ۸-۱.
- رامشت، م.ح.، ۱۳۸۲. نظریه کلاس در ژئومورفولوژی. مجله جغرافیا و توسعه، سال ۱، شماره ۱، صفحات ۳۶-۱۳.
- رامشت، م.ح.، کمانه، ع. و فتوحی، ص.، ۱۳۸۶. معرفت‌شناسی و مدل‌سازی در ژئومورفولوژی. پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۶۰، صفحات ۴۸-۳۱.
- رامشت، م.ح. و توانگر، م.، ۱۳۸۱. مفهوم تعادل در دیدگاه‌های فلسفی ژئومورفولوژی. تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۵ و ۶۶، صفحات ۹۴-۷۹.
- رفیعی، ی.، علوی‌پناه، ک.، ملک محمدی، ب.، رضائی‌مهریان، م. و نصیری، ح.، ۱۳۹۱. تهیه نقشه‌های پوشش اراضی به کمک سنجش از دور با استفاده از خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، شماره ۳، صفحات ۱۱۰-۹۳.
- رفیعی، ی.، ملک محمدی، ب.، آبکار، ع.، یآوری، ا.، رضائی‌مهریان، م. و ظهرابی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست محیطی تالاب‌ها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (مطالعه موردی: تالاب تبریز). محیط‌شناسی، سال ۳۷، شماره ۵۷، صفحات ۷۶-۶۵.
- روشن، غ.، خوش اخلاق، ف. و عزیزی، ق.، ۱۳۹۱. آزمون مدل مناسب گردش عمومی جو برای پیش‌بینی مقادیر دما و بارش. تحت شرایط گرمایش جهانی. جغرافیا و توسعه، سال ۱۰، شماره ۲۷، صفحات ۳۶-۱۹.
- کریمی‌گوغری، ش. و خلیفه، س.، ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی شبکه آب‌سنجی با استفاده از تئوری آنتروپی گسته (مطالعه موردی: حوزه بختگان- مهارلو). پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال ۲، شماره ۳، صفحات ۵۰-۳۴.
- کمانه، ع.، قادری، ح. و دهقان، ش.، ۱۳۹۴. بازخورد اقلیم و ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی توسعه شهری (مطالعه موردی: کلانشهر شیراز). فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۹، صفحات ۱۹۸-۱۸۷.
- کمانه، ع.، نادری، ص.، طاهری، ع. و ساکت، م.، ۱۳۹۰. تحلیل فضایی حوضه کر با تکیه بر استدلال‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره ۱، صفحات ۸۱-۶۹.
- کمانه، ع.، نارنگی‌فرد، م.، مزیدی، ا. و مظفری، غ.ع.، ۱۳۹۵. تحلیل توابع حاکم بر دینامیک ساختار تعادلی بارش ماهانه و سالانه در ایستگاه همدید شیراز. جغرافیای طبیعی، دوره ۹، شماره ۳۲، صفحات ۸۸-۷۱.
- مزیدی، ا.، کمانه، ع.، مظفری، غ.ع. و نارنگی‌فرد، م.، ۱۳۹۵. تغییرات بارش روزانه با استناد به تحلیل‌های آشوبی در شیراز. فصلنامه جغرافیا، سال چهاردهم، شماره ۵۰، صفحات ۱۶۹-۱۴۷.
- مظفری، غ.ع.، شفیع، ش. و تقی‌زاده، ز.، ۱۳۹۴. ارزیابی شرایط خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان طی (۱۳۹۱-۱۴۱۰) با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو. اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، سال ۲۴، شماره ۹۳، صفحات ۱۱۴-۱۰۱.
- مظفری، غ.ع. و نارنگی‌فرد، م.، ۱۳۹۳. بررسی میزان بارش بر تغییر سطح آب دریاچه مهارلو با استفاده از داده‌های سنجش از دور. اکویولوژی تالاب، سال ۶، شماره ۱۹، صفحات ۸۲-۷۳.
- وفاخواه، م. و رجبی، م.، ۱۳۸۴. کارایی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی برای پیش‌بینی ارزیابی خشکسالی‌های دریاچه‌های بختگان. طشک و مهارلو. بیابان، سال ۱۰، شماره ۲، صفحات ۳۸۲-۲۶۹.
- هاشمی‌تنگستانی، م.، بیرانوند، س. و طیبی، م.، ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات دریاچه بختگان فارس در بازه زمانی ۱۳۲۵ تا ۱۳۸۶. محیط‌شناسی، سال ۳۹، شماره ۳، صفحات ۱۹۹-۱۸۹.

Booij, M. J., Tollenaar, D., van Beek, E. and Kwadijk, J. C., 2011. Simulating impacts of climate change on river discharges in the Nile basin. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(13): 696-709.

Dastagir, M. R., 2015. Modeling recent climate change induced extreme events in Bangladesh: A review. *Weather and Climate Extremes*, 7: 49-60.

**Elguindi, N. and Giorgi, F., 2006.** Simulating multi-decadal variability of Caspian Sea level changes using regional climate model outputs. *Climate dynamics*, 26(2-3): 167-181.

**Gao, J. and Liu, Y., 2011.** Climate warming and land use change in Heilongjiang Province, Northeast China. *Applied Geography*, 31(2): 476-482.

**IPCC., 2007.** Climate change 2007: the physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report.

**Mearns, L. O., Giorgi, F., Whetton, P., Pabon, D., Hulme, M. and Lal, M., 2003.** Guidelines for use of climate scenarios developed from regional climate model experiments. DDC of IPCC TG CIA. Final Version.

**Raupach, M., and Fraser, P., 2011.** Climate and greenhouse gases. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria.

**Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M. and Rhodin, A., 2003.** The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description.

**Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kornbluh, L., and Schulzweida, U., 2006.** Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *Journal of Climate*, 19(16): 3771-3791.

**Schlesinger, W. H., 2011.** Climate Change. Interpretation, 65(4): 378-390.

**Stephenson, D. B., Pavan, V., Collins, M., Junge, M. M. and Quadrelli, R., 2006.** North Atlantic Oscillation response to transient greenhouse gas forcing and the impact on European winter climate: a CMIP2 multi-model assessment. *Climate Dynamics*, 27(4): 401-420.

**Theun, H. C., 2015.** Observed and projected changes in temperature and rainfall in Cambodia. *Weather and Climate Extremes*, 7: 61-71.

**Tshimanga, R. M. and Hughes, D. A., 2012.** Climate Change and Impacts on the Hydrology of the Congo Basin: The Case of the Northern Sub-basins of the Oubangui and Sangha Rivers. *Physics and Chemistry of the Earth*, 52: 72-83.