واکاوی ساختار تعادلی آینده فراسنج دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو با استفاده از مدل EH5OM

احمد مزیدی[۱]
عبدالعلی کمانه[۲]
مهدی نارنگی‌فرد[۳*]
رضا ابراهیمی[۴]

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: ۱۳۹۴/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۲
این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

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 داده-های مدل گردش عمومی هوا طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ از پایگاه داده‌های EH5OM استخراج گردید. این پایگاه از داده‌های مدل گردش کلی جوّ 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 × ۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی که نقاطی با ابعاد تقریبی ۳۰ × ۳۰ کیلومتر مساحت منطقه را پوشش می‌دهند استخراج شد. سپس دمای ماهانه، فصلی و سالانه حوضه، میانیابی 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 دریاچه-های 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 برخودار 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 ناتعادلی به عدم تعادل می‌باشد.

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

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_2) و متان (CH_1) 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 سامانه-

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

های 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). راه کند 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 شبیه سازی الگوی های تغییرات اقلیمی سطح دریای مازندران برای دورهٔ ۱۹۹۰– ۱۹۴۸پرداختند و تغییرات ارتفاع سطح دریای مازندران را با استفاده از معادلهٔ سادهٔ هیدرولوژی پیش‌بینی کردند. در این پژوهش مشخص شد که الگوی تغییرات مشاهدهٔ سطح دریای مازندران با مقادیر الگو شده به خوبی شبیه سازی شده است؛ به طوری که همبستگی بین دو مقدار یاد شده، ۰/۹۱ به دست آمد. Gao و Liu (۲۰۱۱) در مطالعهٔ انجام شده در یکی از مناطق چین ارتباط بین گرم شدن اقلیمی و تغییر کاربری زمین ناشی از افزایش برنج کاری در مناطق خشک، باتلاق‌ها و علفزارها را مورد واکاوی قرار دادند. تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوایی، گرم شدن دو درجهٔ سانتی گرادی را در بیشتر مکان طی سال‌های اخیر را نشان داد. Booij و همکاران (۲۰۱۱) با شبیه سازی 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 سال های آینده کاهش خواهد داد. Tshimanga و Hughes (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 روانآب مواجه خواهند شد. در پژوهشی دیگر Thoeun (۲۰۱۵) تغییرپذیری‌های 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 رودخانه های 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 پالئوکلیماتیک کواترنر 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 طی‌دوره ۲۰۶۹– ۲۰۴۱ با مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 روشن ساختند که دمای این منطقه به میزان ۴–۲ 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 شبیه سازی صحیح اقلیم کشور نیستند و باید از ترکیب آن‌ها استفاده شود. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

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 ژئوموفولوژیک 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 به‌عنوان دوره تاریخی و نتایج مدل LARS-WG تحت سه سناریوی (A1B)، (B1) و (A2) در دوره زمانی (۲۰۲۰-۲۰۳۵) به‌عنوان 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.

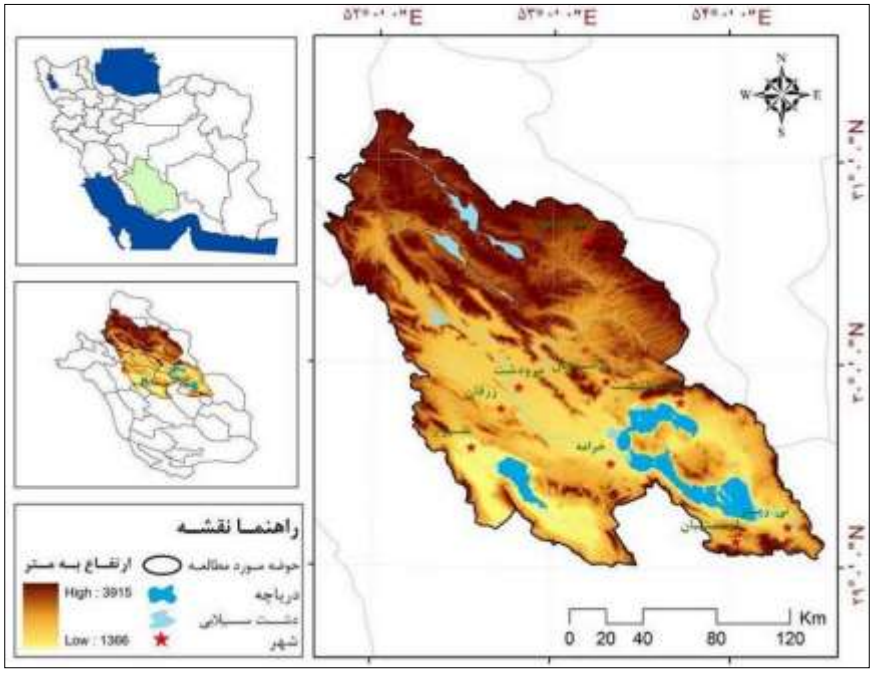
تغییرات کاربری و پوشش زمین (Land cover) پیرامون دریاچه بختگان در سال‌های گذشته نشان داده که با تغییر پهنهٔ آب دریاچه مساحت زمین‌های بایر و پهنهٔ شوره زار افزایش یافته است. مقایسهٔ پهنهٔ آب دریاچه در فاصلهٔ زمانی ۵۱ ساله (۱۳۳۵-۱۳۸۶) بیانگر کاهش کلی مساحت آن به میزان ۲۹۶ کیلومترمربع است (هاشمی تنگستانی، ۱۳۹۲). دلیل عمدهٔ این امر نوسان در بارندگی شناخته شده است. که این نوسان بیشترین تأثیر را در تغییر پهنهٔ آبی و شرایط بوم شناختی (Ecologic) دریاچه دارد، بررسی‌ها نشان داد که در بازه‌های زمانی با میزان بارش کم از مساحت پهنهٔ آب دریاچه کاسته شده است. در بازهٔ زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴، که میانگین سالیانهٔ بارش بیشینه بوده است، دریاچهٔ بختگان نیز بیشینهٔ مساحت پهنهٔ 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 بازهٔ زمانی مورد مطالعه است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰). دریاچه مهارلو نیز به عنوان نزدیک‌ترین دریاچه داخلی به کلان‌شهر شیراز یکی از منحصر به فردترین 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 کمیت 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 حقابه‌های 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 پهنه‌های پیرامونی دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو قرار خواهد داشت. از این رو ضرورت پیش‌بینی تاثیر آینده این تغییرات بر فراسنج‌های آب و هوایی حوضه مورد مطالعه بسیار مهم تلقی می‌شود. مسئله اصلی این پژوهش شناخت ساختار فراسنج تاثیرگذار 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؟

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

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).

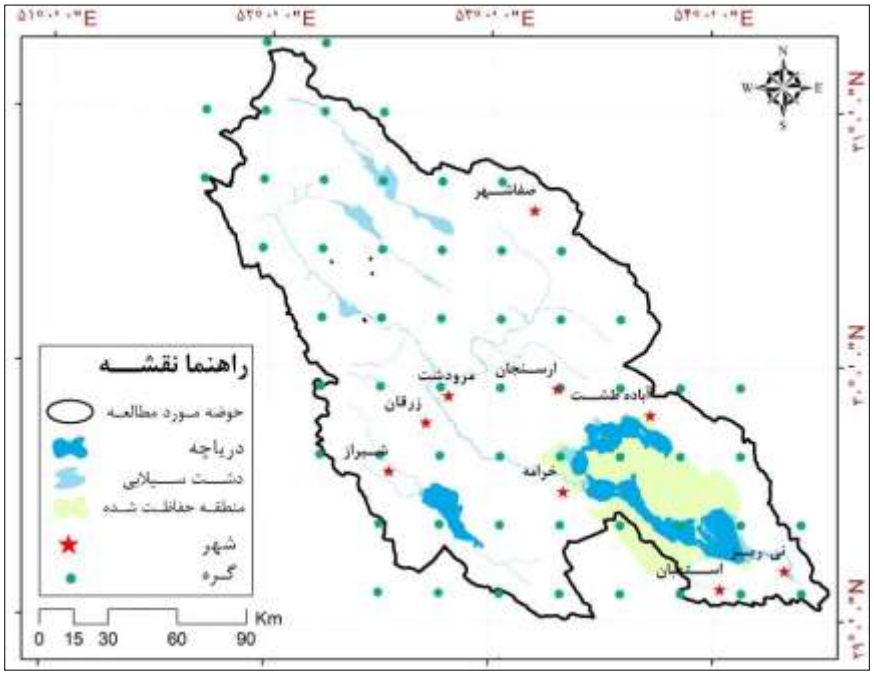


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی سرزمین پژوهش دریاچه مهارلو.

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 نخستین‌بار در سال ۱۳۴۶ با

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

عنوان منطقه شکار ممنوع تحت حفاظت قرارگرفت. در سال ۱۳۴۷ به عنوان منطقه حفاظت شده اعلام شد. سپس در سال ۱۳۵۴ به عنوان پناهگاه حیات وحش و در سال ۱۳۷۴بخشی 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 متاسفانه به دلایل گوناگون از جمله احداث سدهای متعدد بر رودخانه‌های بالادست آن‌ها و رخداد خشکسالی کاملاً خشک شده‌اند (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۱). نقشه موقعیت جغرافیایی نقاط (گره) داده‌های ریزگردانی شده با ابعاد ۰/۲۷ × ۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی مدل EH5OM و منطقه حفاظت شده دریاچه‌های بختگان، طشک در شکل ۲ به نمایش در آمده است.



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

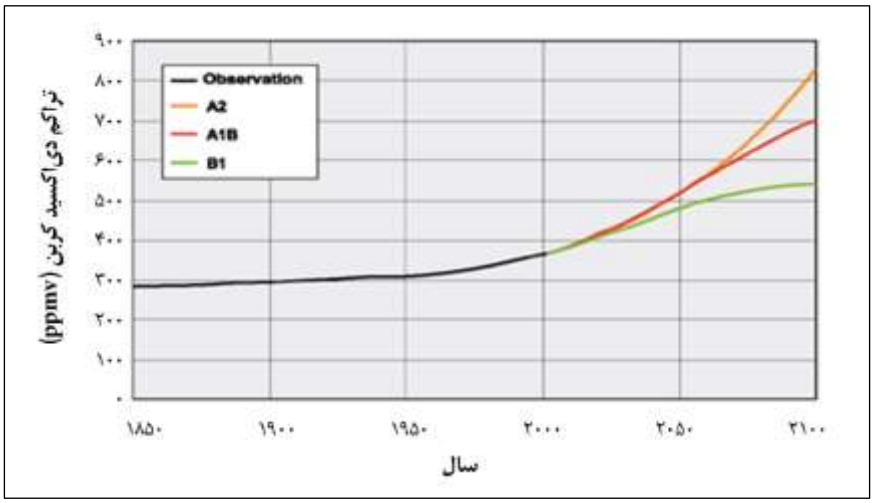
در این پژوهش به منظور شبیه سازی دمای روزانه از پایگاه داده‌های EH5OM استفاده گردید. این پایگاه به عنوان داده‌های مدل گردش کلی جوّ و اقیانوس AOGCM (Atmosphere-Ocean General circulation Model) بوده و از داده‌های مدل جوّی و مدل اقیانوسی تشکیل شده‌اند. این داده‌ها پنجمین نسخه از داده‌های ECHAM مدل گردش کلی جوّ با طیف هسته دینامیکی که برای پروژهای اقلیمی با تفکیک T63 درجه طولی و عرضی و ۳۱ سطح جوّ تا نزدیک ۱۰ هکتوپاسکال بوده، که در موسسه پلانک در دانشگاه هامبورگ تولید شده است (Roeckner *et al.*, 2003). این داده‌ها از تاریخ ۱۹۶۰ تا ۲۱۰۰ اجرا شده و تحت سناریو B1A، پنل بین‌المللی تغیر اقلیم (International panel of climate change) اجرا شده‌اند. برای استفاده از آن‌ها نیاز بود که از مدل ریز مقیاس نمایی منطقه‌ای RegCM 4 (regional climate model) استفاده گردد. داده‌های خروجی مدل ریزگردانی شده با ابعاد ۰/۲۷ × ۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰ × ۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند. پس از شبیه سازی، داده‌های دمای هوا روزانه در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰-۲۰۱۵) توسط مدل استخراج می‌شود. ابعاد یاخته‌ها ۲۱۴۰ × ۵۸ می‌باشد. در این ماتریس سطرها (۵۸) نشان دهنده زمان (ساعت، هر روز، هر سال) و ماتریس ستون‌ها یاخته‌ها (نقاط میان‌یابی شده با ابعاد ۳۰ × ۳۰ کیلومتر) می‌باشند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

همانگونه که در (جدول ۱) که توسط موسسه ماکس پلانک انتشار یافته مشاهده می‌شود، سناریوهای این مدل تحت شرایط گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن و سولفور جو) برای دوره زمانی ۲۱۰۰-۲۰۰۰ شبیه سازی شده‌اند؛ که در این پژوهش از داده‌های سناریو A1B طی بازه زمانی ۲۰۵۰- ۲۰۱۵ استفاده گردید. این سناریو یکی از سناریوهای تغییر اقلیم بر این باور است که در آینده، میزان سوخت‌های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین درکنار آن از سوخت‌های غیرفسیلی استفاده شود. در واقع در این پژوهش ما به شبیه‌سازی 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 ۲۱۰۰-۲۰۰۰ (Roeckner *et al.*, 2006).

CO_2 – Emissions (PgC/year)			SO_2 – Emissions (PgC/year)			
B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	سال
۶۹	۶۹	۶۹	۸	۸	۸	۲۰۰۰
۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۱	۱۳	۱۲	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 (۲۱۰۰-۱۸۵۰) (Roeckner *et al.*, 2006).

در ادامه این پژوهش افزون بر پیش‌بینی صورت گرفته در زمینه فراسنج روزانه دما، ساختار روزانه این فراسنج و همچنین منطق حاکم بر روند آن در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰-۲۰۱۵) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت تحلیل الگوهای مکانی- زمانی پهنه‌های دمایی، میانیابی پهنه‌های دما در قالب‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه با استفاده از فنون زمین‌آمار، پهنه‌بندی به روش کریجینگ معمولی (Ordinary

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

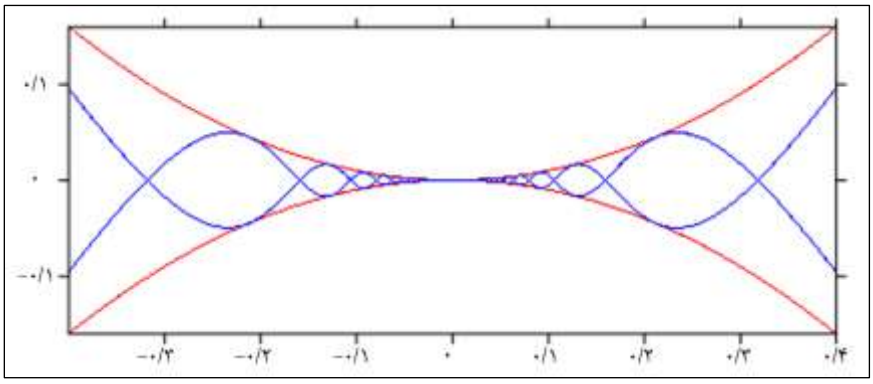
Kriging) در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.2 انجام پذیرفت. در این راستا به دلیل اینکه اصولاً پدیده‌های طبیعی اکثراً از رابطه خطی پیروی نمی‌کنند و در صورت پیروی از همبستگی حداکثری برخوردار نخواهند بود، بنابراین سیمپلکسیون داده‌های آب و هوایی در ساختاری غیر خطی از همبستگی بیشتری برخوردار می‌باشند، بر همین اساس نخست به ضابطه‌یابی برخالی (Fractal) اقدام می‌گردد، این ساختار با رعایت دوره گردش 2kΠ 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 نپرین بر روی دامنه و بردهای 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 (2Π) 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.

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

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

رابطه ۲:
$$Y = m^2 \times \sin(1/m)$$

سرانجام با همپوشانی نمودارهای خروجی از ساختارهای واقعی و ساختار کلاسیک برخالی (شکل ۲) در دامنه‌های جبری ۰/۴- تا ۰/۴+ مقایسه و روند جبری هر یک از فراسنج‌های آب و هوایی مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۴ : ساختار کلاسیک دو بعدی برخال.

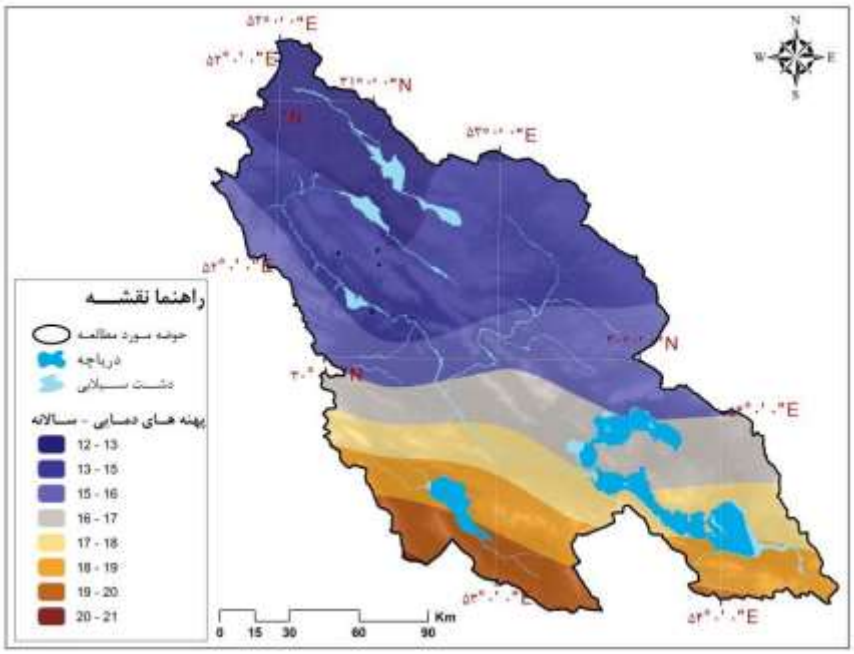
نتایج

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 برخالی اقدام گردید.

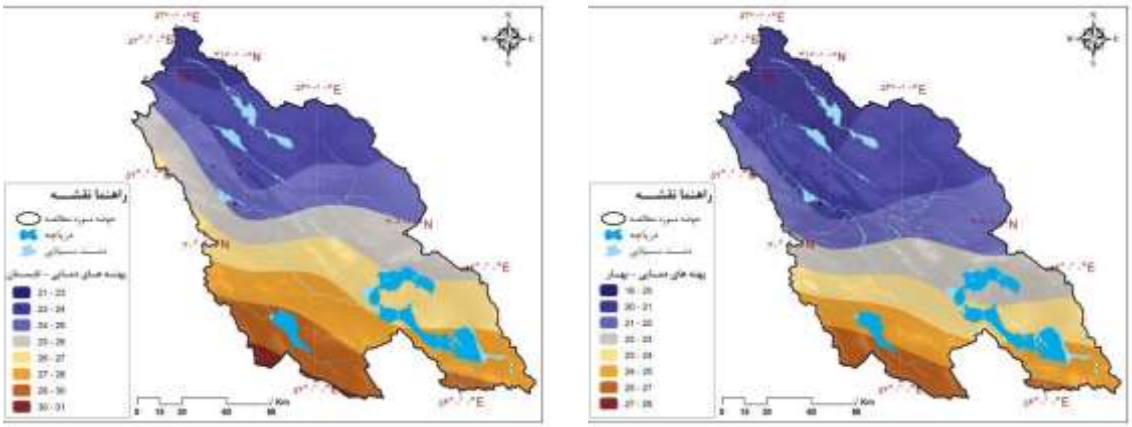
میانگین سالانه دمای شبیه سازی شده در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی یاد شده با استفاده از سناریو A1B ترسیم و پهنه‌بندی گردید. با توجه به این سناریو، پهنه دمایی ۲۱-۱۶ درجه سانتی‌گراد پیرامون سه دریاچه در حوضه آبخیز مورد مطالعه در برگرفته است که بیشترین

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

میانگین سالانه دما در دهه‌های آینده را دریاچه مهارلو و کمترین آن را دریاچه طشک داراست (شکل ۵)، همبستگی بالای ۰/۷- 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 تا۳۱ 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 برگرفته 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 برخودار 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.

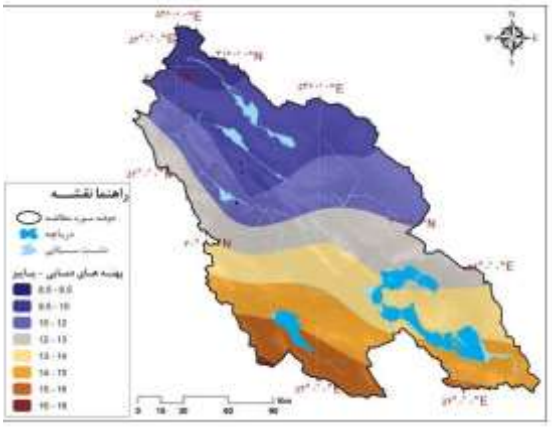


شکل ۵: پهنه‌های دما سالانه بر اساس سناریوی A1B.

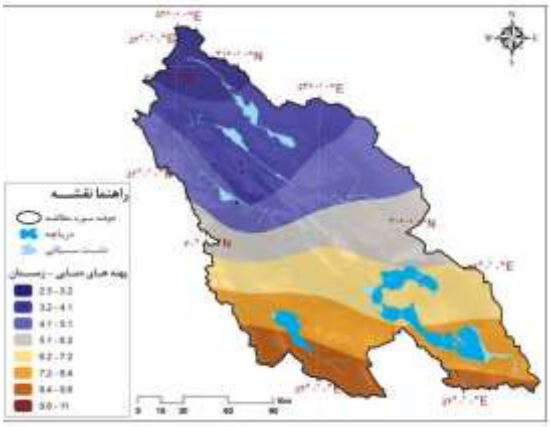


[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

شکل ۶ : پهنه‌های دما در فصل بهار بر اساس سناریوی A1B.



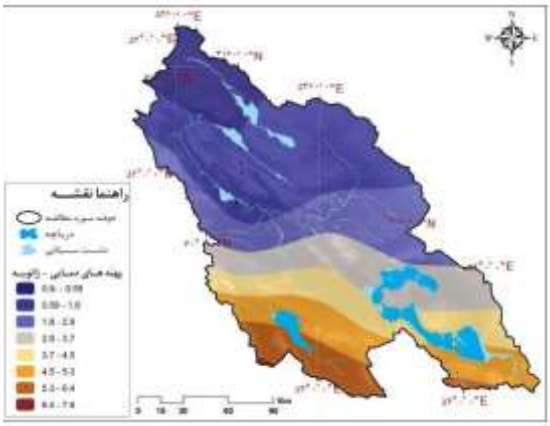
شکل ۷: پهنه‌های دما در فصل تابستان بر اساس سناریوی A1B.

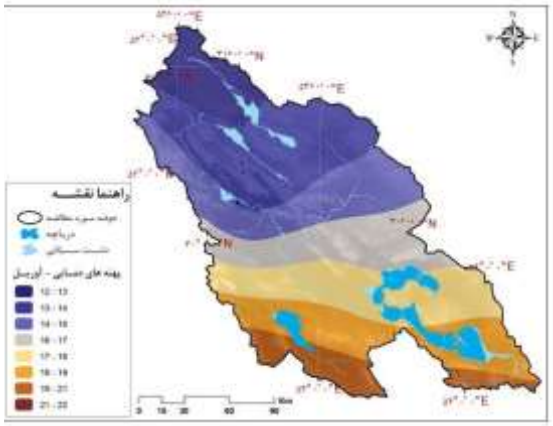


شکل ۸: پهنه‌های دما در فصل پاییز بر اساس سناریوی A1B.

شکل ۹: پهنه‌های دما در فصل زمستان بر اساس سناریوی A1B.

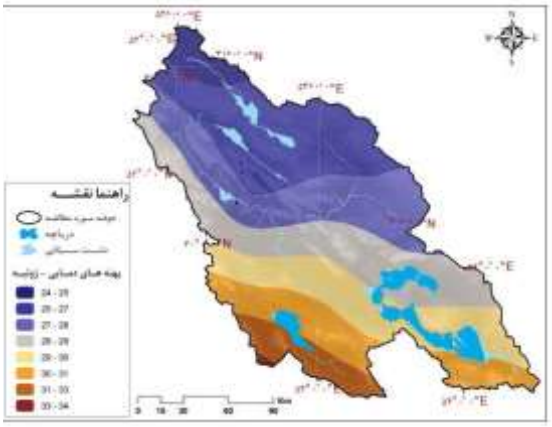
همچنین در ادامه میانگین ماهانه پهنه‌بندی دمای پیش بینی شده در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های خروجی سناریوی مذکور ترسیم گردید. که با توجه به الگوهای مکانی مشابه و حجم محدود مقاله نقشه‌های چهار ماه نخست هر فصل (ماه‌های آوریل (فروردین)، ژانویه (دی)، ژوئیه (تیر) و اکتبر (مهر)) به عنوان نمونه در 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 برگرفته 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 ۰/۶ 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.



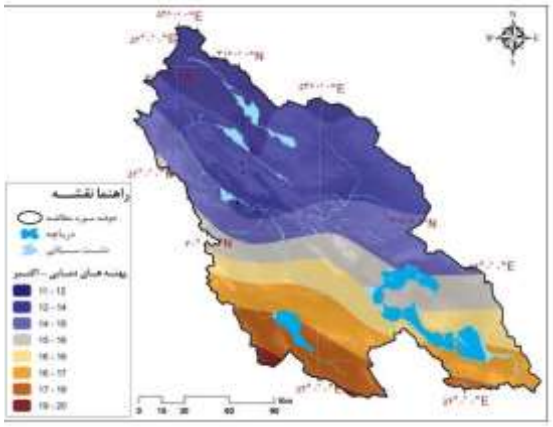


[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

شکل ۱۰: پهنه‌های دما در ماه ژانویه بر اساس سناریوی A1B.



شکل ۱۱: پهنه‌های دما در ماه آوریل بر اساس سناریوی A1B.



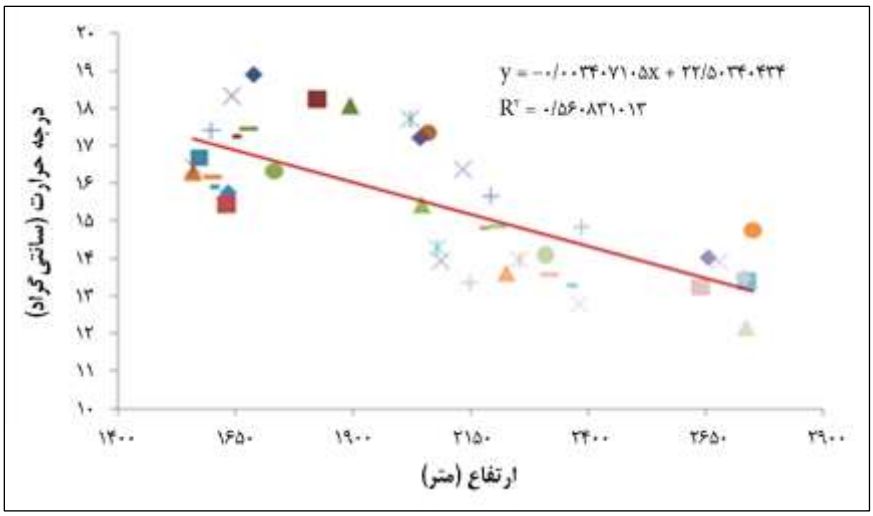
شکل ۱۲ : پهنه‌های دما در ماه ژوئیه بر اساس سناریوی A1B.

شکل ۱۳: پهنه‌های دما در ماه اکتبر بر اساس سناریوی A1B.

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

ردیف	بازه زمانی	کمینه	میانگین	بیشینه	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

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]



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).

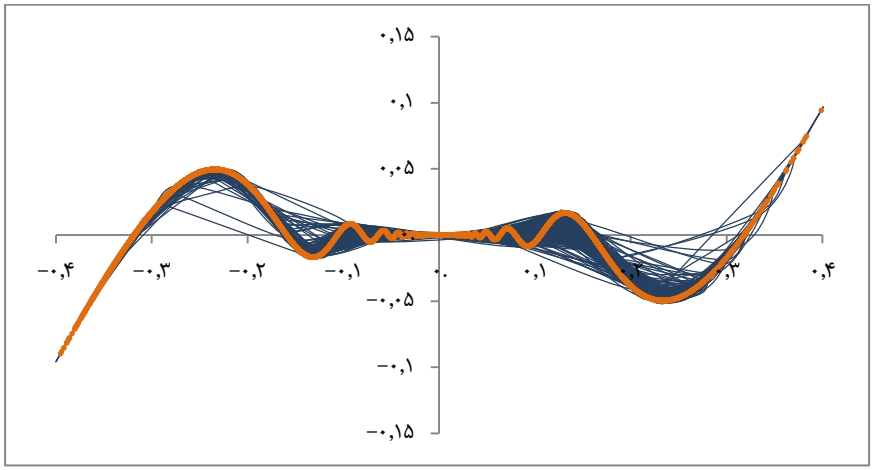
ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	۵۱ : ۹	۳۱	۲۷۳۵
۲	۵۲ : ۵	۲۹ : ۶	۱۶۷۸
۳	۵۳ : ۳	۲۹ : ۶	۱۵۶۰

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 نپرین 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 می-نماید (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.

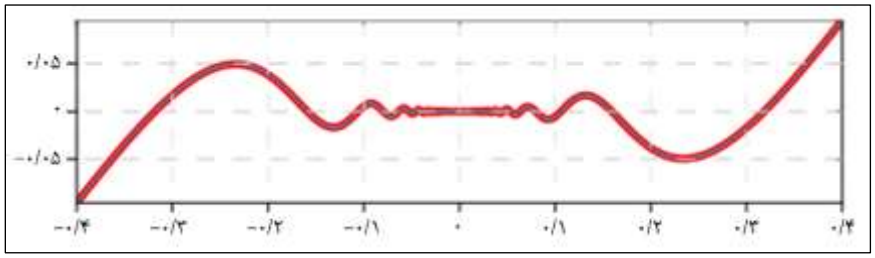
جدول ۴: آستانه‌های آب و هوایی پیش‌بینی شده دما و ضوابط خطی حاکم.

نقاط/ سنجه	نقطه یک	نقطه دو	نقطه سه
کمینه	-۷/۷	-۸/۰۹	-۱۳/۶۱
بیشینه	۳۴/۰۸	۳۵/۵۲	۲۹/۹۸
ضابطه	y = (x * -0.019147918) + 0.252561034	y = (x * -0.018344416) + 0.251593671	y = (x * -0.018352833) + 0.15021794

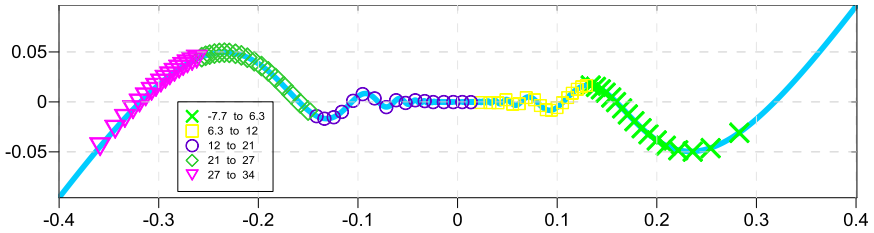
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]



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



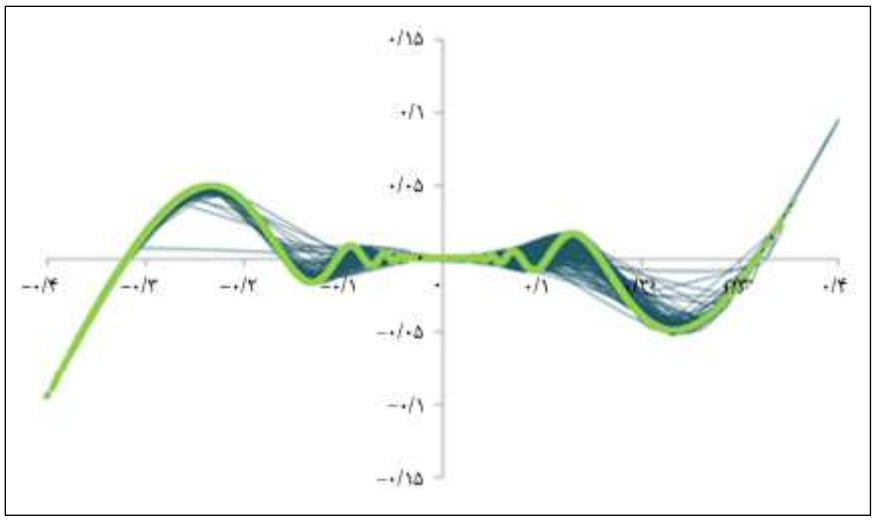
شکل ۱۶ : ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه اول.



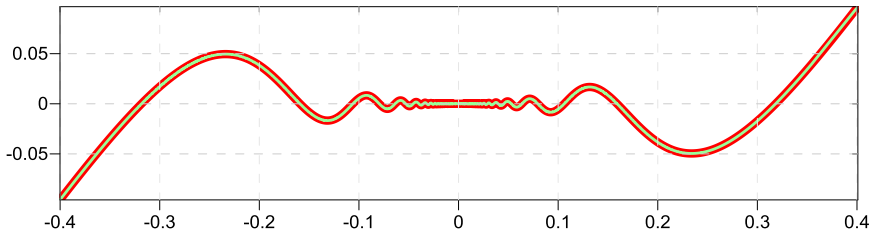
شکل ۱۷: همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی، و مقادیر مطلق روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه اول.

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 ۲۰بر 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.

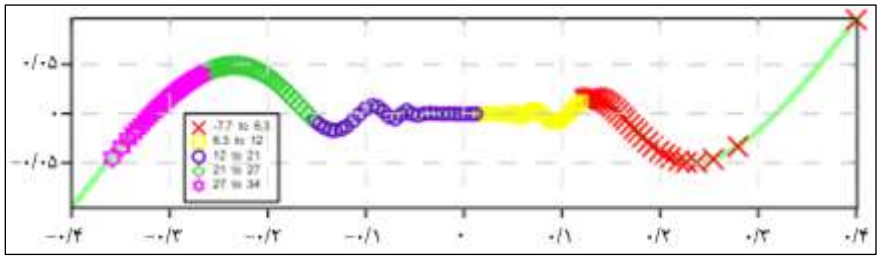
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]



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

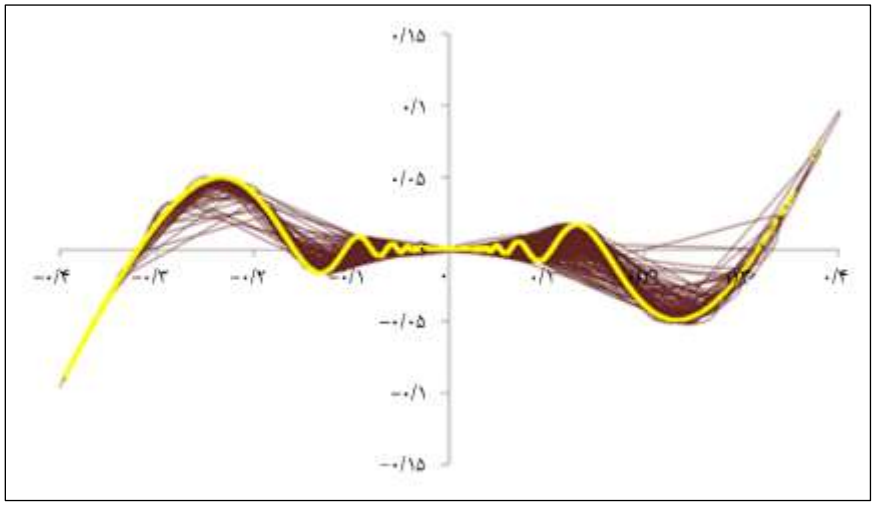


شکل ۱۹: ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه دوم.

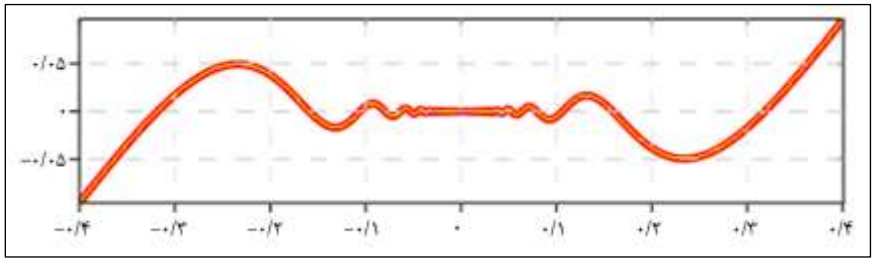


شکل ۲۰: همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق روزانه فراسنج پیش‌بینی شده دما نقطه دوم.

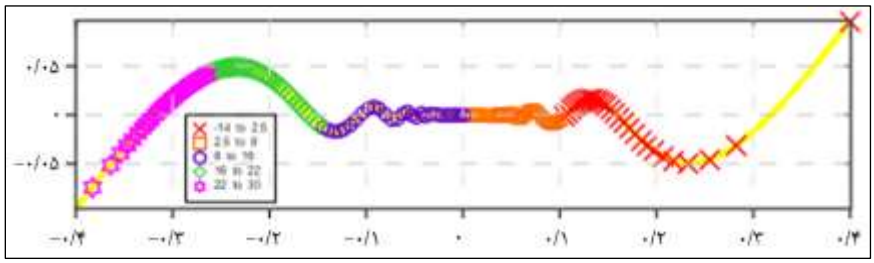
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]



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 زمانی۳۶ ساله (۲۰۵۰-۲۰۱۵) 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 EH5OM 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 ناتعادلی به عدم تعادل در ۳۶

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

سال شبیه سازی شده آینده منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین در بررسی الگوهای مکانی دما نتایج نشان داد که 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 برخودار 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 ۰/۶ و همبستگی ۰/۷۵ و معنی داری در سطح ۹۹ درصد نشان دهنده تاثیر 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 کُر و سیوند برای مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی، رژیم آبگیری طبیعی دریاچه های طشک و بختگان دچار اختلال شده و این امر سبب شده این دو دریاچه در فصول مختلف سال، دوره های 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 تعلّق حقابه 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 پرندگانی همچون، غازها، لک لک‌ها، پلیکان‌ها، اردک‌ها، ماهی خورک‌ها، فلامینگو، آنقوت، تنجه و چنگر است. حرکت مهاجرتی پرندگان، 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 پرندگان است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین رخداد خشکسالی-های پیاپی، احداث بند و سدهای بی‌شمار بر روی رودخانه ورودی به دریاچه، در نظر نگرفتن حقابه‌های 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 آن‌را به شدت تهدید می‌نماید. به همین جهت در این پژوهش، داده‌های ریز مقیاس 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 مشابهه 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 برونداد 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

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

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 برونداد 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 ۴۴-۲۹.

اسفندیاری درآباد، ف.، عالی جهان، م.، رحیمی، م. و مهرورز، ا.، ۱۳۹۲. آشکارسازی آماری تأثیر پدیدهٔ گرمایش جهانی بر ناهنجاری‌های دبی حوضهٔ رودخانهٔ ارس. فصلنامه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ۱، شماره ۴، صفحات ۶۰-۴۳.

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 ۴۳۷-۴۲۳.

امیدوار، ک.، ابراهیمی، ر. و نارنگی‌فرد، 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. تاثیر 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: حوضه-های 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 حقابه زیست‌محیطی دریاچه‌های طشک و بختگان با استفاده از روش طبقه‌بندی C – میانگین فازی. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دوره ۴۳، 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 کواترنر بر حوضه ژئومورفولوژیک فسا. جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۳، صفحات ۲۶-۱۵.

خسروی، م، اسمعیل نژاد، م. و نظری‌پور، ح .، ۱۳۸۵. تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب خاورمیانه. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، صفحات ۸-۱.

رامشت، م.ح.، ۱۳۸۲. نظریه کیاس 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.، رمضانی مهریان، م. و نصیری، ح.، ۱۳۹۱. تهیه نقشه‌های پوشش اراضی به کمک سنجش از دور با استفاده از خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری (مطالعهٔ موردی: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، شمارهٔ ۳، صفحات ۱۱۰-۹۳.

رفیعی، ی.، ملک محمدی، ب.، آبکار، ع.، یاوری، ا.، رمضانی مهریان، م. و ظهرابی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست محیطی تالاب‌ها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (مطالعهٔ موردی: تالاب نیریز). محیط شناسی، سال ۳۷، شمارهٔ ۵۷، صفحات ۷۶-۶۵.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

روشن، غ.، خوش اخلاق، ف. و عزیزی، ق.، ۱۳۹۱. آزمون مدل مناسب گردش عمومی جو برای پیش‌یابی مقادیر دما و بارش، تحت شرایط گرمایش جهانی. جغرافیا و توسعه، سال ۱۰، شماره ۲۷، صفحات ۳۶-۱۹.

کریمی گوغری، 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 تحلیل های آشوبی در شیراز. فصلنامه جغرافیا، سال چهاردهم، شماره ۵۰، صفحات ۱۶۹-۱۴۷.

مظفری، غ.ع.، شفیعی، ش. و تقی‌زاده، ز.، ۱۳۹۴. ارزیابی شرایط خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان طیّ (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. اکوبیولوژی تالاب، سال ۶، شماره ۱۹، صفحات ۸۲-۷۳.

وفاخواه، م. و رجبی، م.، ۱۳۸۴. کارآیی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی برای پایش و ارزیابی خشکسالی‌های حوزه آبخیز دریاچه‌های بختگان، طشک و مهارلو. بیابان، سال ۱۰، شماره ۲، صفحات ۳۸۲-۲۶۹.

هاشمی تنگستانی، م.، بیرانوند، س. و طیبی، م.، ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات دریاچه بختگان فارس در بازه زمانی ۱۳۳۵ 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 TGCIA. 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., Kornblueh, 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.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]

Thoeun, 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.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-11]