نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۴۸، بهار ۹۷

تحلیل روند تغییرات و پیش بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر

دریافت مقاله: ۹۶/۴/۲۶ **پذیرش نهایی:** ۹۶/۱۲/۶

صفحات: ۹۳-۷۹

مصطفی کریمی: استادیار اقلیم شناسی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران[1].
Mostafakarimi.a@ut.ac.ir
فاطمه ستوده: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.
fsotoudeh@ymail.com
سمیه رفعتی: استادیار اقلیم شناسی دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی، همدان، ایران.
rafati@sjau.ac.ir

چکیده

افزایش دمای کره زمین باعث بروز ناهنجاری‌هایی در اقلیم کره زمین شده که این امر بر تمام زوایای زندگی و حیات بشر تاثیر گذار است. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات دما و پیش بینی دمای حدی (حداکثر و حداقل دما) در استان گیلان و مازندارن است. جهت این بررسی از مدل آماری- دینامیکی SDSM و برای تحلیل تغییرات و روند دما از تکنیک آماری و گرافیکی من- کندال استفاده شده است. داده‌های روزانه دمای ایستگاه رشت، رامسر و بابلسر طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی کشور و نیز داده‌های مدل گردش عمومی HadCM3 از پایگاه های مربوطه اخذ شد. دوره مورد مطالعه به سه دوره تقسیم بندی گردید. نتایج حاکی از وجود روند مثبت معنی‌داری در حداقل و حداکثر دمای ماهانه و سالانه هر سه ایستگاه در دوره اول و سوم است. همچنین در دوره دوم، روند معنی‌داری در دماهای حدی رامسر و حداکثر دمای رشت دیده نمی‌شود. آزمون گرافیکی من‌کندال بر روی دماهای حدی سالانه سه دوره دارد که نتایج نشان داد در سطح ۹۵ درصد اطمینان وقوع تغییرات از نوع روند افزایشی و نیز تغییرات از نوع ناگهانی در هر سه ایستگاه رخ داده است. در دوره پیش بینی شده، بیش‌ترین تغییر در حداقل دمای ماهانه و سالانه دیده می‌شود. افزایش حد دما حدوده ۰/۱ تا ۱/۷ درجه سانتیگراد بود. نوسانات کوتاه مدت و رخداد روند مثبت معنی‌دار هم در حداکثر و هم در حداقل دما گویای افزایش دما در سال‌های آتی خواهد بود که حاکی از وقوع تغییرات اقلیمی رخ داده می‌باشد. در نتیجه می توان گفت که دمای شبانه افزایش داشته و تفاوت دمای فصل سرد و گرم کاهش می یابد.

کلید واژگان: تحلیل روند، پیش‌بینی، مدل سازی، تغییر اقلیم، دمای حدی.

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، خیابان وصال، کوچه آذین، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، گروه جغرافیای طبیعی.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

مقدمه

تغییر اقلیم از چالش‌های اساسی بشر امروزی است که بر تمام زوایای زندگی بشر تاثیر گذاشته است. رشد جمعیت و به تبع آن رشد سریع شهر نشینی، استفاده بی رویه از مواد آلاینده زیست محیطی، تولید روز افزون سوخت‌های فسیلی پس از انقلاب صنعتی، صنعتی شدن کشورها و در یک کلام بهره برداری‌های خودخواهانه بشر از منابع طبیعی و فعالیت-های مخرب انسان در کره زمین باعث تخریب محیط زیست و افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش میزان CO2 ورودی به جو شده است که این امر موجب تغییر در اکوسیستم کره زمین و در نهایت منجر به افزایش گرمایش جهانی گردید. طبق آخرین گزارش هیئت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC, 2013) میزان CO2 جو حدود ppm392 رسیده است که به تبع افزایش CO2، متوسط دمای کره زمین طی دهه‌های اخیر نیز افزایش یافته در نتیجه این شرایط، پدیده‌هایی نظیر خشکسالی، سیلاب، موج‌های گرمایی و سرمایی و ... در مناطق مختلف جهان نیز رخ داده است.

هاسن[۲] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل SDSM و شبکه عصبی (سناریوی A2) مصنوعی روند هیدرولوژیکی جریان آینده حوضه رودخانه Kurau را در مالزی پیش‌بینی نمودند. جریان ماهانه پیش‌بینی شده، کاهش روند را به دلیل افزایش در میانگین دمایی برای تمامی ماه‌ها، به استثنای ماه آگوست و نوامبر نشان می‌دهد. فایسها[۳] و همکاران (۲۰۱۲) بارش و دمای حوضه رودخانه تیبر بالا[۴] را در مرکز ایتالیا توسط ریز مقیاس نمایی دو مدل SDSM و LARS-WG (سناریوهای A2 و B2) برای چهار دوره شامل اقلیم کنونی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ را بررسی و ارزیابی نمودند. نتیجه مدل SDSM در این مطالعه حاکی از افزایش روند حداقل، حداکثر دما و بارش تا پایان سال ۲۰۸۰ می‌باشد. میکونن و دیسی [۵] (۲۰۱۶) تغییرات اقلیمی حوضه رودخانه نیل آبی [۶] (آفریقا) را با استفاده از مدل SDSM و LARS-WG تحت شش سناریو بررسی کردند. یافته‌ها افزایش روند حداکثر و حداقل دما را نشان می‌دهد. سراف[۷] و همکاران (۲۰۱۶) بارش و دمای حوضه رودخانه گودواری [۸] را برای دهه‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ با استفاده از مدل SDSM و داده‌های خروجی مدل‌های CGCM3 و HadCM3 تحت سناریوی B2 و A2 مطالعه کردند. نتایج مدل حاکی از افزایش روند حداکثر دما و بارش است.

مطالعات دیگری نیز با استفاده از این مدل‌ها در جهان انجام شده است که از آن جمله می‌توان به بررسی خشکسالی با استفاده از مدل اقلیمی HadCM3 و سناریوی A2 و کاربرد شاخص پالمر (بورک و همکاران[۹]، ۲۰۰۶)، تاثیر تغییر اقلیم بر روی خشکسالی‌های یونان توسط شاخص SPI و GCMها و دو سناریو (A2 وB2) (لوکاس و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۸)، وضعیت خشکسالی‌های جهان را با استفاده از مدل‌های AOGCMs و سناریوهای A1B, B1 , A2 (شفیلد و وود[۱۱]، ۲۰۰۸) و برآورد تعادل آب در حوضه هانجیانگ[۱۲] در چین با استفاده از مدل‌های SDSM و SSVM۱۳ (سناریوی A2) (چن[۱۴] و همکاران، ۲۰۱۲، ۳۶) اشاره کرد.

2. Hassan et al
3 . Fiseha et al
4. Upper Tiber River basin
5 - Mekonnen and Disse
6 - Upper Blue Nile River Basin
7 Saraf and et al
8 - Godavari river basin
9 . Burke et al
10 . Louks et al
11 . Sheffield and Wood
12. Hanjiang basin

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

در ایران نیز مطالعات زیادی در این زمینه صورت پذیرفته است که از آن جمله: صمدی و همکاران (۲۰۱۲، ۴۸۶۹) تغییرات جریان آینده حوضه آبریز کرخه را در غرب ایران با استفاده از مدل SDSM و شبکه عصبی مصنوعی بررسی نمودند. نتایج در هر دو مدل به ترتیب افزایش درجه حرارت روزانه را تا ۰/۵۸ درجه (۳/۹۰ ./) و ۰/۴۸ درجه (۰/۴۸./) و کاهش بارش روزانه تا ۰/۱- میلی‌متر (۲/۵۶- ./) و ۰/۴ میلی متر (۲/۸۲- ./) نشان داد. آکیلا توکیمات و هارن[15] (۲۰۱۳، ۳۳۱) روند آب و هوای آینده منطقه کداه در مالزی را توسط مدل SDSM (سناریو A2) مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. در ایران نیز استفاده از مدل‌های پیش‌بینی در حال گسترش است که از جمله مطالعات صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: خزانه داری و همکاران (۱۳۸۸، ۸۳) با استفاده از شبیه سازی داده‌های بارش طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ با کمک نرم افزار لارس (سناریوی A1) و معافی و همکاران (۱۳۹۱: ۲۱) خشکسالی‌های استان خراسان رضوی را طی دوره ۲۰۳۰ – ۲۰۱۱ با استفاده از شاخص دهک و SPI در مقیاس سالانه بر اساس خروجی داده‌های بارش مدل LARS-WG5 پیش‌بینی نمودند. قره‌لو (۱۳۹۰) با استفاده از ریز مقیاس نمایی مدل SDSM تغییر اقلیم را در کرج بررسی نمود. نتایج حاکی از افزایش دما حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ است که این افزایش در پاییز به بیش‌ترین و در زمستان کم‌ترین میزان می‌رسد. کاظمی راد و محمدی (۱۳۹۴) با استفاده از LARS-WG تغییرات اقلیمی گیلان را بررسی نمودند. نتایج حاکی از افزایش دماهای کمینه و بیشینه (۰/۴ درجه سانتیگراد) در دوره اقلیمی ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ را نشان می‌دهد. همچنین پیش‌بینی دمای رشت توسط پیرمرادیان و همکاران (۱۳۹۵) توسط مدل لارس حاکی از افزایش دما است. عباس نیا و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل SDSM دمای حداکثر روزانه ۷ ایستگاه سینوپتیک کشور را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که دمای ایران به طور متوسط در دهه‌های میانی و پایانی قرن بیست و یکم، بین ۱ تا ۲ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد، که البته این افزایش دما بر اساس سناریوهای مختلف مدلHadCM3 نسبت به مدل CGCM3 شدیدتر بوده است. سلاجقه و همکارن (۱۳۹۶) دما و بارش کرمانشاه و روانسر را بر اساس مدل LARS-WG و SDSM بر اساس سناریوی A2 شبیه سازی کردند. نتایج حاکی از افزایش دما در هر دو مدل طی دو دهه ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ است همچنین کاهش بارش نیز پیش بینی شد.

مرور مطالعات نشان می‌دهد که تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از مهم‌ترین چالش‌های کنونی بشمار می‌رود. دما عنصری اساسی در اقلیم کره زمین است که تغییر هر چند کوچک آن باعث تغییر و دگرگونی سایر عناصر اقلیمی خواهد شد. برای مثال منطقه ساحلی دریای خزر بیش‌ترین جمعیت کشور را نسبت به مساحت در خود جای داده‌اند. همچنین این ناحیه قطب کشاورزی و باغداری کشور می‌باشند، بنابراین افت و خیز این عنصر اقلیمی می‌تواند تاثیر بسزایی در زندگی و معیشت ساکنان این بخش از ایران داشته باشد. لذا بررسی و پیش بینی تغییرات این پارامتر ضروری به نظر می‌رسد. در راستای مطالعه تغییر اقلیم سواحل جنوبی دریای خزر در این پژوهش با استفاده از مدل SDSM پارامترهای حدی دما (حداقل و حداکثر) برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ پیش بینی شده است و با استفاده از آزمون آماره τ کندال و نیز آزمون گرافیکی آن نوع تغییرات و روند دما در ایستگاه رشت، رامسر و بابلسر بررسی شد.

13. Smooth Support Vector Machine
14 . Chen et al.
15. Aqilah Tukimat and Harun

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

روش تحقیق

در این مطالعه از دو نوع داده استفاده شده است. داده‌های روزانه‌ی دمای ایستگاه رشت، رامسر و بابلسر برای سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است. شایان ذکر است که این سه ایستگاه به دلیل داشتن طول دوره آماری طولانی و کم‌ترین داده‌های مفقوده به عنوان نماینده در مرکز، غرب و شرق ساحل جنوبی دریای خزر انتخاب شدند. همچنین داده‌های NCEP و خروجی مدل HadCM3 (سناریوی A2) برای بکارگیری در مدل SDSM، از سایت اقلیم شناسی کانادا (cccsn)[۱۶] دریافت شد. لازم به ذکر است برای پیش بینی پارامترهای حد دما، دوره پایه از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ در نرم‌افزار SDSM در نظر گرفته شده است.

در مقیاس جهانی، میانگین دمای سالانه طی قرن گذشته حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (IPCC، 2005). در جامعه علمی یک دیدگاه کلی وجود دارد که این افزایش در طول ۵۰ سال گذشته را می‌توان تا حدی به گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیتهای انسانی نسبت داد. مدل‌های اقلیمی جهانی (GCMs)، که قادر به ارائه پیش بینی تغییرات اقلیمی تا ۱۰۰ سال آینده هستند، در مقیاس شبکه‌ای جهانی استفاده می‌شوند (IPCC، 2001). روند دما و بارش، در مقیاس منطقه‌ای ناشی از بازخوردهای مختلف مقیاس‌های سینوپتیکی و محلی است، و در نتیجه، اثرات در مقیاس منطقه‌ای متفاوت است (لاینز[۱۷] و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۰). به منظور ارزیابی بهتر اثرات تغییر اقلیم بر روی گونه‌ها، محیط زیست یا منابع طبیعی در مناطق مورد انتظار، باید متغیرهای اقلیمی و سناریوهای تغییر اقلیم بر روی یک منطقه یا حتی در مقیاس مکانی خاص توسعه یابد (ویلبای[۱۸] و همکاران، ۲۰۰۱). تکنیک‌های ریز مقیاس نمایی GCM، مدل‌هایی برای تبدیل خروجی پروژه‌های GCMها به پروژه‌های محلی و ناحیه‌ای هستند که حاوی جزئیات بیش‌تر مکانی و زمانی است. اساسا، هدف از ریز مقیاس نمایی GCM شبیه‌سازی رفتار فرایندهای اقلیم محلی است که در GCMها وجود ندارد (بارشوگلی۱۹ و همکاران، ۲۰۰۹: ۶۸). دو روش اصلی برای ریز مقیاس نمایی می‌توان بکار برد، یکی ریز مقیاس نمایی دینامیکی (DD) که شامل یک RCM تو در تو (مدل اقلیمی منطقه‌ای) و دیگری مدل ریز مقیاس نمایی آماری (SD) برای ارتباط آماری بین متغیرهای محلی و وضعیت‌های اقلیمی بزرگ مقیاس بکار می‌رود، که از داده‌های زمانی بدست می‌آیند (هاسن و همکاران، ۲۰۱۲، ۵۷۷). خروجی‌های GCM ها را به دلیل رزولیشن فضایی ضعیف آنها، نمی‌توان به طور مستقیم برای ارزیابی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی بکار برد. متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه عموما در مقیاس منطقه‌ای بکار می‌روند، در حالی که در GCM ها پارامترهای بیشتری را در فرایندهای کوچک مقیاس‌تر و منطقه‌ای شبیه‌سازی می‌کنند. ریزمقیاس نمایی برای تبدیل وضوح فضایی خروجی GCMها در مقیاس مناسب تر بکار می‌رود که شامل تولید داده‌های ایستگاهی/نقطه‌ای از یک ناحیه خاص توسط کاربرد متغیرهای خروجی مدل‌های GCM است (هاسن و همکاران، ۲۰۱۲، ۵۷۷). برای ریزمقیاس نمایی، مدل‌هایی نظیر LARS WG، RegCM، MAGIC Sengen و SDSM وجود دارد. در مطالعه حاضر از مدل ریز مقیاس نمایی آماری-دینامیکی SDSM جهت پیش بینی حداقل و حداکثر دمای ایستگاه رشت، رامسر و بابلسر بهره گرفته شده است.

16 -http://climate-scenarios.canada.ca/?page=pred-hadcm3
17. Lines
18. Wilby et al.
19 . Barsugli

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

مدل آماری دینامیکی SDSM توسط ویلبای[۲۰] و همکاران در سال ۲۰۰۱ توسعه یافته است. این مدل مبنی بر رگرسیون چند متغیره است. در مدل SDSM ارتباط آماری بین متغیرهای مشاهده شده یا پیش بینی شونده[۲۱] با متغیرهای بزرگ مقیاس (اتمسفری) یا پیش بینی کننده[۲۲] بر اساس همبستگی جزئی ارزیابی می-شود. متغیرهای اتمسفری در مدل SDSM حدود ۲۶ متغیر است که بر اساس ضریب همبستگی انتخاب می-شوند.

SDSM مدل ترکیبی است، که از روش رگرسیون خطی و یک مولد آب و هوای تصادفی طبقه‌بندی شده استفاده می کند. خروجی GCMها (که به عنوان پیش‌بینی) مولدهای آب و هوایی شرطی و غیر شرطی خطی را در یک ایستگاه به کار می‌برند (هاسن و همکاران، ۲۰۱۴). گردش کار SDSM شامل دو بخش است: بخش اول، ایجاد ارتباط آماری بین متغیرهای اتمسفری و متغیرهای مشاهداتی و تعیین متغیرهای اتمسفری مورد نیاز برای مولد آب و هوا است که شامل کنترل کیفی و تبدیل داده‌ها، غربالگری متغیرهای پیش‌بینی کننده، کالیبره کردن مدل و مولد آب و هوا (کاربرد پیش بینی داده‌های مشاهده شده) است؛ دومین بخش، شبیه سازی سری‌های زمانی آینده متغیرهای مشاهداتی با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شده از GCMs و پارامترهای تولید شده در بخش اول می‌باشد (چن[۲۳] و همکاران، ۲۰۱۲، ۳۶).

در ادامه جهت بررسی روند و نوع تغییرات پارامترهای حدی دما از روش آماری- گرافیکی من کندال استفاده شده است. آزمون من- کندال ابتدا توسط مان[۲۴] (۱۹۴۵) و سپس در سال ۱۹۷۵ توسط کندال[۲۵] توسعه یافت (سرانو[۲۶]، ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد این آزمون برای تحلیل‌های تغییرات آب و هوایی در سری‌های زمانی اقلیمی مناسب‌تر باشد (گوسن و برگر[۲۷]، ۱۹۸۶). همچنین می‌توان تغییرات اقلیمی ناگهانی را توسط کاربرد متوالی آماره رتبه ای من-کندال شناسایی کرد (سنیرز[۲۸]، ۱۹۷۵). آماره تاو کندال و معنی‌داری آن از رابطه(۳) و (۴) و (۵) محاسبه می‌شود:

رابطه (۳)
$$\tau = \frac{4P}{n(n-1)}$$

رابطه(۴)
$$P = \sum_{i=1}^{n} n_i$$

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

20. Wilby
21. Predictand
22. Predictor
23. Chen et al.
24 . Mann
25. Kendall
26. Serrano
27. Goossens and Berger
28. Sneyers

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

τبرابر با آماره کندال، n تعداد سال، n_i تعداد رتبه های بزرگتر از هر داده (x_i) است که بعد از آن قرار می گیرد. $(\tau)_t$ آزمون معنی داری است. مقدار τ روند در داده‌ها را نشان می‌دهد. وقتی روندی در داده‌ها وجود نداشته باشد این مقدار بین محدوده ۱/۹۶± در سطح ۹۵ درصد اطمینان قرار دارد (مایرزا[۲۹] و همکاران، ۱۹۹۸)

مقدار بحرانی نمره استاندارد در سطح ۹۵ درصد اطمینان برابر با ۱/۹۶ =tg است. فرض صفر در این آزمون دال بر عدم وجود روند معنی‌دار در سری زمانی می‌باشد. در این صورت چنانچه مقدار تاو کندال $-(\tau)_t > \tau > +(\tau)_t$ باشد، در سطح ۹۵ درصد اطمینان فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند در داده ها پذیرفته می‌شود. اما چنانچه مقدار تاو $\tau < -(\tau)_t$ و یا $\tau > +(\tau)_t$ حاصل شد، نتایج در هر دو شرایط حاکی از پذیرش فرض تحقیق، دال بر روند منفی و یا مثبت معنی دار سری زمانی با خطای ۰/۰۵ است. آزمون گرافیکی کندال توسط دو مولفه u' و u ، جهت روند، نوع و زمان تغییر موجود در سری زمانی را بدست می‌دهد. در واقع چنانچه مقدار u معنی‌دار باشد، روند افزایشی مثبت (I)[۳۰] و یا کاهشی منفی (D)[۳۱] را به وضوح می‌توان در نمودار گرافیکی کندال مشاهده نمود، که در این صورت مولفه-های u و u' با تلاقی در داخل و یا خارج از محدوده بحرانی ۱/۹۶ $\pm$ به ترتیب وجود تغییر ناگهانی (A)[۳۲] و روند (T)[۳۳] را تداعی می‌کنند.

جهت مقایسه و مطالعه بیش‌تر سه دوره انتخاب که شامل دوره اول یا دوره پایه، سال‌های بین ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ (۵۰ سال)، دوره دوم یا دوره پیش‌بینی شده یا دوره آینده سال‌های بین ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ (۳۰ سال) و دوره سوم که سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۴۰ (۸۰ سال) در نظر گرفته شد تا بتوان دوره پایه و پیش بینی شده را با هم مقایسه نمود، همچنین رخداد هر گونه تغییر و روند در کل دوره، را مورد بررسی قرار داد.

آزمون غیر گرافیکی من – کندال جهت بررسی و اثبات وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی بکار می‌رود. با آماره بحرانی کندال $(\tau)_t$ در سطح ۹۵ درصد اطمینان، مقادیر بحرانی برای رشت، رامسر و بابلسر برای دوره اول (۱۹۶۱-۲۰۱۰) ۰/۱۹± ، برای دوره دوم (۲۰۴۰-۲۰۱۱) ۰/۲۵± و برای کل دوره (۲۰۴۰ -۱۹۶۱) ۰/۱۵± بدست آمده است. بنابراین مقادیر حاصل از آماره تاو کندال (τ) اگر بزرگ‌تر از مقادیر بحرانی باشد، گویای وقوع روند در سری و حصول مقادیر بین بازه آماره بحرانی، گویای عدم وقوع تغییر و روند در سری زمانی می‌باشد. بنابراین در آزمون غیرگرافیکی من-کندال وجود و یا عدم وجود تغییر و در آزمون گرافیکی علاوه بر موارد فوق، زمان، نحوه و نوع تغییر دما نیز قابل تشخیص می‌باشد.

نتایج

براساس ضرایب همبستگی از بین ۲۶ متغیر آزمون شده، ۵ متغیر فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال، رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و نزدیک سطح زمین و میانگین دما بیش‌ترین همبستگی (با P-Value=0) را با داده‌های مشاهده شده‌ی حداقل و حدکثر دما داشتند. جدول (۱).

29. Mirza
30. Increase
31. Decrease
32. Abrupt
33. Trend

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

جدول (۱). همبستگی متغیرهای پیش بینی با متغیرهای دما

متغیرهای پیش بینی	رامسر		رشت		بابلسر	
	حداکثر دما	حداقل دما	حداکثر دما	حداقل دما	حداکثر دما	حداقل دما
Mean Sea Level Pressure	-۰/۶۸	-۰/۷۴	-۰/۶۰	-۰/۷۳	-۰/۷۰	-۰/۸۰
500hPa geopotential height	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۸۵
Relative humidity at 850 hPa	-۰/۷۵	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۶۵	-۰/۷۶	-۰/۶۸
humidity Near surface relative	-۰/۷۵	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۶۵	-۰/۷۶	-۰/۶۸
Mean temperature at 2m	-۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۳

برای واسنجی و صحت سنجی، داده‌های خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این ترتیب داده‌های مشاهده شده با داده‌های HadCM3 A2 مقایسه شد. نتایج ضریب CE و RMSE کم‌ترین میزان خطا در تولید داده‌ها در حداکثر و حداقل دمای ماهانه و سالانه هر سه ایستگاه نشان داد. جدول (۲).

با توجه به متغیرهای پیش‌بینی مناسب، داده‌های حداقل و حداکثر دما برای دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ از خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 تولید شدند. سناریوی A2 یکی از سناریوهای انتشار است که در گزارش سوم و چهارم IPCC آمده که با توسعه اقتصادی منطقه محور استوار است. همچنین الگوهای باروری در سراسر منطقه همگرا، بسیار آرام است که در نتیجه جمعیت به طور پیوسته افزایش می‌یابد. استفاده بدون مانع از انرژی هسته‌ای، تاخیر در رشد انرژی‌های تجدید پذیر و ...نیز از مفروضات این سناریو است. در این سناریو افزایش دما بین ۲ تا ۵/۲ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است (IPCC, 2001). برای مطالعه تغییرات و روند دما طی دوره پیش‌بینی شده از آزمون من کندال استفاده شده که مقادیر تاو کندال در جدول (۳) ارائه شده است، در این جدول روند معنی‌دار داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند.

جدول (۲). نتایج شاخص‌های آماری ارزیابی خطاهای مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده بارش

			ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
رشت	حداکثر دما	RMSE	۰/۰۲۹	۰/۰۲۱	۰/۰۲۶	۰/۰۳۴	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷	۰/۰۶۷	۰/۰۲۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳
		CE	۱	۱	۰/۹۹	۰/۹۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	حداقل دما	RMSE	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۱	۰/۰۱۹
		CE	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
بندر انزلی	حداکثر دما	RMSE	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴
		CE	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۶	۰/۸۷۱	۱/۰۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	حداقل دما	RMSE	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۳۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹
		CE	۱	۱	۰/۹۹۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
انزلی	حداکثر دما	RMSE	۰/۰۱۸	۰/۰۳۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰
		CE	۱	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	حداقل دما	RMSE	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱
		CE	۱	۱	۰/۹۹۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

جدول (۳). نتایج آماره τ من کندال(مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵)

		مقدار آماره بحرانی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
رشت دوره اول	حداکثر	±۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۱۲	۰/۰۴	-۰/۱۵	-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۲۱	-۰/۰۶	-۰/۰۹	۰/۰۸
	حداقل		۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۵۳
رشت دوره دوم	حداکثر	±۰/۲۵	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۱۵	۰/۱۵	-۰/۲۴	۰/۰۹	۰/۲۱	-۰/۲۰	۰/۱۷	-۰/۰۴	-۰/۱۰	-۰/۱۶	-۰/۰۹
	حداقل		۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۴۰	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۳۸
رشت دوره سوم	حداکثر	±۰/۱۵	۰/۶۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۳۳
	حداقل		۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۳۴
رامسر اول	حداکثر	±۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۱۴
	حداقل		۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۴۹
رامسر دوره دوم	حداکثر	±۰/۲۵	-۰/۰۳	-۰/۰۹	-۰/۰۷	۰/۲۰	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۷	-۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۰۹	-۰/۰۳	-۰/۲۰	۰/۰۰
	حداقل		-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۵	-۰/۰۸	۰/۱۳	-۰/۰۷	-۰/۲۱	۰/۲۰	-۰/۰۹
رامسر دوره سوم	حداکثر	±۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۴۰
	حداقل		-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۲۴
بابلسر دوره اول	حداکثر	±۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۲۸
	حداقل		۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۶۱
بابلسر دوره دوه	حداکثر	±۰/۲۵	-۰/۰۱	-۰/۱۰	-۰/۱۱	۰/۲۶	-۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۱۳
	حداقل		۰/۲۶	-۰/۰۹	-۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۹	-۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۱۹
بابلسر دوره سوم	حداکثر	±۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۴۳
	حداقل		۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۳۲

برای بررسی بیش‌تر آماره کندال بر روی کل دوره ۲۰۴۰- ۱۹۶۱ (یک دوره ۸۰ ساله) نیز اعمال شده است. همان طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، محاسبات گویای وجود بیش‌ترین روند مثبت در حداقل دمای ماهانه (ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر در رشت و رامسر) و نیز در حداقل دمای سالانه دوره اول (۲۰۱۰- ۱۹۶۱) هر سه ایستگاه است. روند مثبت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد با اطمینان بیش‌تر در دوره گرم سال اثبات شده است. نتیجه مشابه در مطالعه کوثری و همکاران (۱۳۸۷) نیز دیده می‌شود که حاکی از افزایش دما در ۲۶ ایستگاه کشور (اعم از رامسر، بابلسر، رشت و...) است. شیب و تاثیر دمای حداقل در افزایش میانگین دما در ایستگاه هایی که دارای روند افزایشی دما هستند، بیشتر از دمای حداکثر است که این موضوع می‌تواند در نتیجه افزایش گازهای گلخانه ای و بازتابش انرژی های حرارتی دریافتی از زمین در هنگام شب باشد. نتایج کار امیدوار و خسروی (۱۳۸۹) در سواحل جنوبی خزر نشان می‌دهد که تغییرات دمای میانگین مشابه با روند تغییرات حداقل آنهاست و آنچه موجب افزایش دمای میانگین می‌شود، بیشتر دمای حداقل بوده است.

اما بررسی روند در دمای دوره پایه برای رشت (ماه اگوست و اکتبر)، رامسر (ماه‌های اگوست، سپتامبر و اکتبر) و بابلسر (آوریل و جولای) روند مثبت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان را اثبات می‌کند. این در حالی است که مقادیر حداکثر و حداقل دما برای دوره پیش بینی شده در آزمون آماری کندال هیچ نوع روند معنی‌داری را

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

در رامسر نشان نمی‌دهد. ایستگاه رشت نیز تنها در حداقل دمای سالانه و در ماه‌های آوریل و ژوئن تا سپتامبر دوره دوم، حداقل دمای بابلسر در ژانویه، آوریل و ژوئن در دوره دوم روند مثبت معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد اطمینان نشان می‌دهد. ولی برای حداکثر دمای دوره دوم در ماه‌های آوریل و جولای در بابلسر روند مثبت معنی‌داری پیش‌بینی شده است. همچنین نتایج نشان از عدم وقوع روند معنی دار در حداکثر دمای ماهانه و سالانه دوره دوم در ایستگاه رشت می‌باشد. عدم معنی‌داری روند در دوره پیش‌بینی شده حاکی از عدم افزایش یا کاهش دما نمی‌باشد بلکه آزمون ترسیمی نشان داد که نوسانات کوتاه مدت افزایشی در حداقل و حداکثر دما وجود دارد، اما به لحاظ آماری این تغییرات معنی‌دار نیست.

همچنین روند مثبت در حداکثر و حداقل دمای دوره سوم در هر سه ایستگاه برای آوریل تا اکتبر (در رامسر به استثنای ماه اکتبر برای حداقل دما و ایستگاه بابلسر حداکثر دما از آوریل تا اکتبر و حداقل تا سپتامبر) و برای دمای سالانه در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی دار است. از بررسی نتایج می‌توان استنباط نمود که هم دماهای حداقل و هم دماهای حداکثر در این مناطق افزایش خواهد یافت.

آزمون گرافیکی من کندال بر روی مقادیر سالانه حداکثر و حداقل دما برای هر سه دوره مورد مطالعه جهت تعیین نوع روند و تغییرات رخ داده، اعمال شده است. نتایج آزمون گرافیکی در اشکال (۱) و (۲) و (۳) ارائه شده است. همان طور که از شکل (۱- الف) مشهود است حداقل دمای سالانه ایستگاه رشت در دروه پایه (۲۰۱۰- ۱۹۶۱، دوره اول) تغییراتی از نوع روند و جهش داشته است و عدول از مرز بحرانی ۱/۹۶± از سال ۱۹۹۵ روند افزایشی معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد آشکار می‌کند. معنی‌داری روند افزایشی و تغییر از نوع ناگهانی در آزمون ترسیمی حداقل دمای دوره پیشی بینی شده (۲۰۴۰-۲۰۱۱، دوره دوم، شکل ۱- ج) و کل دوره مورد مطالعه (۲۰۴۰-۱۹۶۱، دوره سوم، شکل ح) نیز کاملا مشهود است.

در بررسی آزمون ترسیمی حداکثر دمای سالانه دوره پایه ایستگاه رشت شکل (۱- ب)، روند افزایشی مشاهده می‌شود، اما دوره پیش‌بینی شده حاکی از عدم وقوع روند معنی‌دار است و تنها نوسانات کوتاه مدت را نشان می‌دهد شکل (۱- د). در آزمون ترسیمی، چنانچه مولفه‌های u و u' چندین بار با یکدیگر هم‌پوشانی داشته باشند، حاکی از عدم وقوع روند و تغییر ناگهانی در سری است (هاسن۳۴، ۲۰۰۴، ۹۴۵) که در حداکثر دمای دوره اول و دوم دیده می‌شود، بنابراین تغییر و روند معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان رخ نداده است. همچنین حداکثر دمای دوره سوم شکل (۱- خ) روند افزایشی معنی‌داری تا خارج از مرز بحرانی ۱/۹۶± از سال ۲۰۰۹ را نشان می‌دهد.

عدول از مرز بحرانی ۱/۹۶± در حداقل دمای دوره اول و سوم رامسر گویای روند افزایشی معنی‌داری است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد در آماره کندال نیز اثبات شده است و در شکل ۲- الف و ح به وضوح قابل مشاهده است. زمان آغاز تغییرات نیز از سال ۱۹۸۸ است که تلاقی مولفه‌های u و u' موید آن می‌باشد. نمودار دوره سوم شکل (۲- ح) نیز یک روند افزایشی معنی داری را تا سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد و از سال ۲۰۱۶ حداقل دما روند کاهشی را طی خواهد نمود.

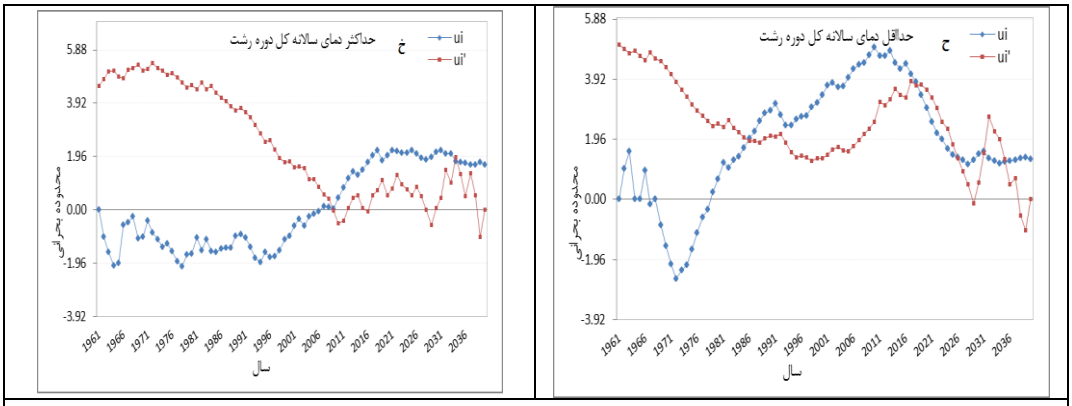
تلاقی مولفه‌های u و u'، تغییرات ناگهانی در سال ۲۰۰۹ و روند افزایشی در حداکثر دمای سالانه رامسر در دوره سوم را آشکار می‌کند شکل (۲- ب). علاوه بر این در دوره اول و دوم اشکال (۲- ب و د) نیز روند افزایشی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

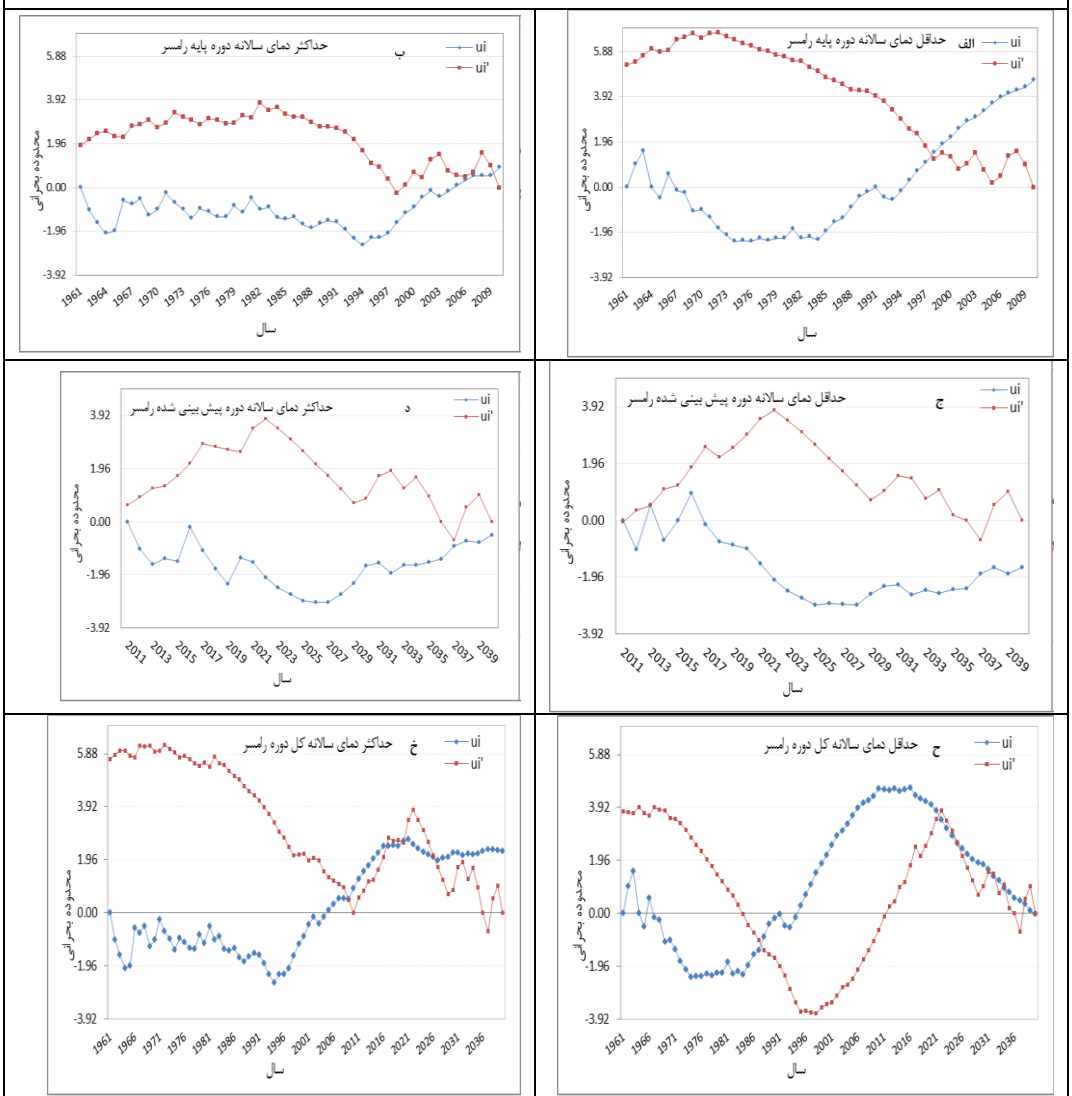
بدون تغییر ناگهانی مشاهده می‌شود. همچنین روند افزایشی معنی دار در حدهای دمای بابلسر با عدول از مرز بحرانی ±۱/۹۶ در دوره اول و سوم، معنی داری آماره آزمون کندال را در بخش غیر گرافیکی که بر روند مثبت معنی‌دار دلالت دارد را تایید میکند. تغییرات از نوع ناگهانی با تلاقی مولفه‌های u و u' در آن‌ها در شکل ۳ کاملا مشهود است. در دوره پیش‌بینی شده تغییر از نوع ناگهانی در اواخر دوره دیده می‌شود. اما تغییر از نوع روند مشهود نیست. بلکه نوسانات کوتاه مدت از نوع افزایشی در هر دو حداقل و حداکثر دمای این دوره بابلسر در شکل (۳) قابل استنباط است.

طبق یافته‌های قدمی دهنو و همکاران (۱۳۹۲) آماره آزمون و آزمون گرافیکی کندال، روند افزایشی مثبت در حد دما در ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های گرم سال و در دمای سالانه را نشان می‌دهد. همچنین تفاوت میانگین دوره پیش بینی شده و کل دوره حاکی از افزایش دمای حداکثر تمامی ایستگاه‌ها از ۰/۲ تا ۱/۷ درجه سانتیگراد می‌باشد که افزایش دما در ماه‌های گرم به نسبت زیادتر است. در حداقل دما در دوره سرد در هر سه ایستگاه کاهش دما تا ۰/۴- درجه سانتیگراد و در دوره گرم از ۰/۱ تا ۰/۹ درجه سانتیگراد دما افزایش خواهد یافت. نتایج مشابه حاکی از افزایش درجه حرارت میانگین در تمام ایستگاه‌های دامنه های شمالی در دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره مشاهداتی خواهد بود. کمترین افزایش دما در ایستگاه های رامسر و رشت به میزان ۰/۱ درجه سانتی‌گراد است (قدمی دهنو و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین همان طور که مشاهده شد در سه ایستگاه مورد مطالعه نیز روند و نوسانات افزایشی در دوره پیش بینی شده، دیده می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

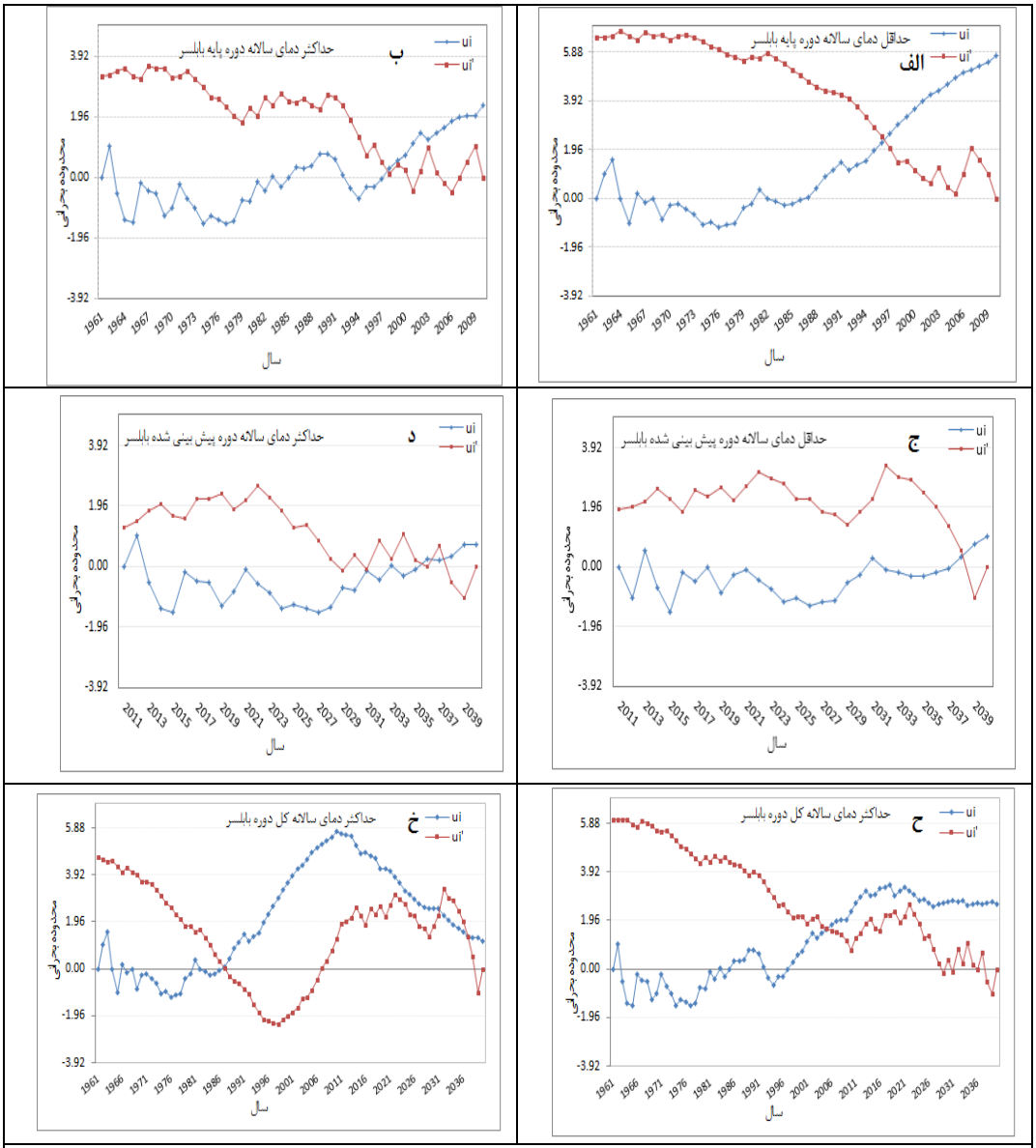


شکل (۱). نمودارهای آزمون ترسیمی من- کندال دمای رشت



شکل (۲). نمودارهای آزمون ترسیمی من- کندال دمای رامسر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]



شکل (۳). نمودارهای آزمون ترسیمی من- کندال دمای بابلسر

نتیجه‌گیری

دما تاثیرگذارترین عنصر اقلیمی است که با کم‌ترین تغییر در میانگین یا واریانس و یا هر دوی آن‌ها می‌تواند منجر به تغییر در مقدار، شدت و گستردگی فرین‌های اقلیمی شود. در واقع کم‌ترین تغییرات در میانگین دمای کره زمین می‌تواند سبب بروز، موج‌های گرمایی و سرمایی، بارش‌های سیل آسا، سیلاب‌ها و ... شود. بنابراین مطالعه روند و پیش بینی این عنصر اقلیمی، در راستای هر گونه برنامه ریزی جهت رفاه و ادامه زندگی بشر در کره زمین بسیار ضروری است. در این پژوهش حداقل و حداکثر دمای روزانه ایستگاه رشت، رامسر و بابلسر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

بعنوان نماینده اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی SDSM تحت سناریوی A2 و آزمون من – کندال برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ پیش‌بینی و مطالعه شد. دوره مطالعاتی به سه دورهٔ پایه ۲۰۱۰ – ۱۹۶۱ و دوره پیش‌بینی شده ۲۰۴۰-۲۰۱۱ و کل دوره (۲۰۴۰-۱۹۶۱) تقسیم شد.

نتایج نشان داد که در دوره اول، حداقل دمای ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین روند مثبت را در منطقه داشته است. بنابراین تغییرات افزایشی حداقل دما بر اقلیم این مناطق تاثیرگذارتر خواهد بود. در غرب منطقه (رشت) روند افزایشی در ماه‌های گرم سال در هر دو پارامتر دمایی (در هر سه دوره تقسیم بندی شده) مشاهده می‌شود. این روند افزایشی علاوه بر دمای ماهانه، در حداقل دمای سالانهٔ هر سه دوره، و در حداکثر دمای کل دوره نیز بدست آمد. چنین روند مشابهی در ایستگاه منتخب مرکز منطقه (رامسر) در ماه-های گرم سال در دوره پایه و کل دوره نیز مشاهده می‌شود. اما در دوره پیش بینی شده تغییر قابل اثباتی در منطقه مرکزی مشاهده نشده است. در شرق منطقه (بابلسر) نیز روند افزایشی معنی‌دار در هر دو پارامتر دیده می‌شود. روند معنی‌داری در دمای ماهانه در دوره پیش بینی شده وجود دارد، اما در مقیاس سالانه روند معنی-داری در شرق اثبات نشد. در واقع می‌توان گفت که در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ در مرکز منطقه روند معنی‌داری پیش بینی نشده است اما در غرب و شرق منطقه مورد مطالعه روند افزایشی مثبت در برخی ماه‌ها و حداقل دمای رشت پیش‌بینی شده است. نتایج مطالعه روشن و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان داد که حداقل افزایش دما به میزان ۱/۰۵ درجه سانتی‌گراد برای دوره ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در مناطقی نظیر شمال غرب گلستان، اردبیل و غرب مازندران رخ خواهد داد.

نوسانات کوتاه مدت و رخداد روند مثبت معنی‌دار در حداکثر و حداقل دما گویای افزایش دما در سال‌های آتی خواهد بود. این نتیجه حاکی از وقوع تغییرات اقلیمی رخداده در این مناطق است. مقدار دمای پیش بینی شده نیز افزایشی حدود ۰/۱ تا ۱/۷ درجه سانتیگراد را برای این مناطق نشان می‌دهد که در ماه‌های گرم سال است. روند افزایشی حداکثر دما بیش‌تر در دوره سرد سال خواهد بود. نتایج مشابه در سایر مناطق کشور گویای افزایش دمای تمامی استان‌های ایران تا سال ۲۱۰۰ به طور متوسط ۳ تا ۳/۶ درجه سانتیگراد (عباسی و اثمری،۱۳۹۰) است. در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ افزایش دمای سالانه‌ای به میزان ۰/۵ درجه‌ی سانتیگراد (دوره سرد سال) و بیش‌ترین افزایش دما (دهه ۲۰۲۰) در استان‌های خراسان شمالی، آذربایجان غربی و شرقی خواهد بود، همچنین تغییر دمای گیلان (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸) و افزایش دمای روزانه‌ی غرب ایران (صمدی و همکاران، ۲۰۱۲) نیز پیش‌بینی شده است.

منابع

بهزادفر، مصطفی؛ و منعام، علیرضا. (۱۳۸۹). **تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری**. نشریهٔ آرمانشهر،(۵)، ۳۴-۲۳.

امیدوار، کمال؛ و خسروی، یونس. (۱۳۸۹). **بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آزمون من-کندال**. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، (۳۸)، ۴۶-۳۳.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

بابائیان، ایمان؛ نجفی نیک، زهرا؛ زابل عباسی، فاطمه؛ حبیبی نوخندان، مجید؛ ادب، حامد؛ ملبوسی، شراره. (۱۳۸۸). **ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو -ECHO G**. *جغرافیا و توسعه*، (۱۶)، ۱۵۲-۱۳۵.

پیرمرادیان، نادر؛ هادی نیا، حسین؛ و اشرف زاده، افشین. (۱۳۹۵). **پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم**. *جغرافیا و برنامه ریزی*، (۵۵)، ۴۴-۲۹.

سلاجقه، علی؛ رفیعی ساردوئی، الهام؛ مقدم نیا، علیرضا؛ ملکیان، آرش؛ عراقی نژاد، شهاب؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ صالح پورجم، امین؛ (۱۳۹۶). **بررسی کارایی مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری WG-LARS و SDSM در شبیه‌سازی دما و بارش**. تحقیقات آب و خاک ایران، (۲)، ۲۶۲-۲۵۳.

خزانه داری، لیلی؛ زابل عباسی، فاطمه؛ قندهاری، شهرزاد؛ کوهی، منصوره؛ و ملبوسی، شراره. (۱۳۸۸). **دورنمایی از وضعیت خشکسالی ایران طی سی سال آینده**. *مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای*، (۱۲)، ۹۹-۸۳.

روشن، غلامرضا؛ خوش اخلاق، فرامرز؛ و عزیزی، قاسم. (۱۳۹۱). **آزمون مدل مناسب گردش عمومی جو برای پیش‌یابی مقادیر دما و بارش ایران، تحت شرایط گرمایش جهانی**. *جغرافیا و توسعه*، (۲۷)، ۳۶-۱۹.

عباسی، فاطمه؛ و اثمری، مرتضی. (۱۳۹۰). **پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما و بارش ایران در دهه های آینده با الگوی MAGICC-SCENGEN**. *نشریه آب و خاک*، (۱)، ۸۳-۷۰.

عباس نیا، محسن؛ طاوسی، تقی؛ خسروی، محمود؛ توروس، حسین؛ (۱۳۹۵). **تحلیل دامنه عدم قطعیت تغییرات آینده دمای حداکثر روزانه بر روی ایران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی**. اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، (۹۷)، ۴۳- ۲۹.

قدمی دهنو، محمد؛ ابراهیمی، عباس؛ و توکلی، زهرا. (۱۳۹۱). **پیش بینی دما و بارش آینده دامنه های شمالی با استفاده از مدل HADCM3 و با دو سناریو A2 و B2 و ریز مقیاس نمایی مدل .SDSM** *اولین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی*، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار.

قره لو، راحله. (۱۳۹۰). **بررسی فرایند تغییر اقلیم در منطقه کرج**. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خوارزمی.

کاظمی‌راد، لادن و محمدی، حسین. (۱۳۹۴). **ارزیابی مدل مناسب گردش عمومی جو برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی استان گیلان**. *جغرافیا و مخاطرات اقلیمی*، (۱۶)، ۷۳ -۵۵.

کوثری، محمدرضا؛ اختصاصی، محمدرضا ؛ مهدی، و صارمی نایینی، محمدعلی. (۱۳۸۷). **بررسی روند تغییرات بارش، دما و رطوبت نسبی در ۲۶ ایستگاه سینوپتیک کشور. پژوهش و سازندگی** (ویژه نامه منابع طبیعی)، (۲۱)، ۲۰۷- ۱۹۶.

معافی مدنی، سیده فاطمه؛ موسوی بایگی، محمد؛ انصاری، حسین. (۱۳۹۱). **پیش بینی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دورهٔ ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل LARS-WG5** . *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، (۳)، ۳۷- ۲۱.

Aqilah Tukimat, Nadarah Agilah, Nurul, & Harun, Sobri. (2013). **Multi-Correlation Matrix (M-CM) for the Screening Complexity in the Statistical Downscaling Model (SDSM)**. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) (2), 331-341.

Barsugli, Joseph, Anderson, Chris, Smith, Joel. B., & Vogel, Jason.M., (2009). **Options for Improving Climate Modeling to Assist Water Utility Planning for Climate Change**. WUCA, Warer Utility Climate Alliance.

Burke, Eleanor.J., Brown, Simon.J. & Christidis, Nikolas. (2006). **Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty-first century with the Hadley Centre climate model**. Journal of Hydrometeorology, 7(5), 1113-1125.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]

Chen, Hua., Xu, Chong.Yu., & Guo, Shenglian., (2012). **Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff**. Journal of Hydrology, 434–435, 36–45.

Fiseha B. M., Melesse A.M, Romano E, Volpi E. & Fiori A., (2012). S**tatistical Downscaling of Precipitation and Temperature for the Upper Tiber Basin in Central Italy Regular Paper**. International Journal of Water Sciences, 1(3), 1-14.

Hassan, Zulkarnain., Harun, Sobri. & Abdul Malek, Marlinda., (2012). **Application of ANNs Model with the SDSM for the Hydrological Trend Prediction in the Subcatchment of Kurau River, Malaysia**. Journal of Environmental Science and Engineering, (1), 577-585.

Goossens CH. & Berger, Andre. (1986). **Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century.** Annales Geophysicae, (4), 385–400.

IPCC (2001). **Climate change 2001. scientific basis**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NewYork, NY, USA.

IPCC, (2001). **Summary for Policymakers Emissions Scenarios,** A Special Report of IPCC Working Group III.

IPCC (2007), **Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland, IPCC.

IPCC (2013), **Working Groups I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2013**, The Physical Science Basis, Chapter 2, P58 , 113.

Loukas, A. , Vasiliades, L. & Tzabiras, J. (2008). **Climate change effects on drought severity**. Adv. Geosci., (17), 23–29.

Mekonnen. Dagnenet Fenta., Disse, Markus, (2016). **Analyzing the future climate change of Upper Blue Nile River Basin (UBNRB) using statistical down scaling techniques**, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, doi:10.5194/hess-2016-543.

Mirza, M. Q., Warrick, R. A., Ericksen, N. J. & Kenny, G. J. (1998). **Trends and persistence in precipitation in the Ganges, Brahmaputra and Meghna river basins**. Hydrological Sciences-Journal- des Sciences Hydrologiques, 43(6), 845- 858.

Samadi. S, Carbone. G. J, Mahdavi. M, Sharifi. F, & Bihamta. M. R, (2012). **Statistical downscaling of climate data to estimate streamflow in a semi-arid catchment**. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, (9), 4869–4918.

Saraf, R., Vidya, Regulwar, G., Dattatray, (2016). **Assessment of Climate Change for Precipitation and Temperature Using Statistical Downscaling Methods in Upper Godavari River Basin, India**. Journal of Water Resource and Protection. 8, 31-45.

Serrano, A., Mateos, V.L. & Garcia, J.A., (1999). **Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995.** phys. Chem. Earth(B). 24(1-2), 85-90.

Sheffield, Justin. & Wood, .F.Eric. (2008). **Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario. IPCC AR4 simulations**, Clim Dyn, (31), 79–105.

Sneyers R. (1975). **Sur l'analyse statistique des series d'observations**. OMM Publication No.415, Note technique 143. OMM: World Meteorological Organization (WMO) Geneva & Switzerland; 192.

Wilby, R.L., Dawson, C.W. & Barrow, E.M., (2001). **SDSM User Manual- A Decision Support Tool for the Assessment of Regional Climate Change Impacts.** http://wwwstaff. lboro.ac.uk/~cocwd/sdsm.html.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.48.5.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.48.79]