نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره۶۹، تابستان ۱۴۰۲

بررسی چشم‌انداز تغییرات شاخص‌های حدی دما و بارش در استان کردستان براساس سناریوهای واداشت تابشی (RCP)

دریافت مقاله: ۹۷/۲/۲۶ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۱۱/۲۳

صفحات: ۱۴-۱

زهرا حجازی زاده: استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email: hedjazizadeh@yahoo.com
شریفه زارعی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران، ایران[1]
Email: sharife.za68@yahoo.com
وحیده صیاد: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email: sayadvahideh@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر توجه به تغییر اقلیم و اثرات ناشی از آن اهمیت زیادی پیداکرده است که می‌توان آن را نتیجه پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و خسارت‌های مالی و جانی مربوط به رویدادهای فرین اقلیمی دانست. هدف از این مطالعه بررسی چشم‌انداز تغییرات دما و بارش‌های فرین در استان کردستان است. بدین منظور از داده‌های روزانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ۶ ایستگاه همدید در طول دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۰) بهره گرفته شد؛ و تغییرات آن‌ها در دوره (۲۰۶۰-۲۰۴۱) با استفاده از مدل جهانی HadGEM2 تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 و ریزمقیاس گردانی آماری LARS-WG6 موردبررسی قرار گرفت. جهت بررسی روند نمایه‌های فرین اقلیمی نیز ۲۷ شاخص مربوط به بارش و دما با استفاده نرم‌افزار RClimdex مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که در دوره (۲۰۱۶-۱۹۹۰) شاخص‌های فرین گرم دارای روندی مثبت و افزایشی هستند. این روند برای شاخص تعداد روزهای تابستانی و بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه، معنادار است. این در حالی است که شاخص‌های فرین سرد دارای روند کاهشی و منفی بوده است. این روند فقط برای شاخص تعداد روزهای سرد معنادار بود. بارش‌های فرین نیز در اغلب ایستگاه‌ها دارای روند منفی و کاهشی است و این روند در اکثر ایستگاه‌ها معنادار است. نتایج حاصل از چشم‌انداز تغییرات اقلیمی نیز نشان داد در دوره آینده میزان دما افزایش و میزان بارش کاهش خواهد یافت.

کلید واژگان: تغییر اقلیم، دمای فرین، بارش فرین، RClimdex، LARS-WG، کردستان.

۱. نویسنده مسئول: تهران، مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه اقلیم شناسی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از مشخصه‌های اقلیمی جهانی است که در مقیاس کوتاه‌مدت و بلندمدت اتفاق می‌افتد (اردکانی و همکاران ۲۰۰۵). این تغییرات تأثیر زیادی بر چرخه هیدرولوژیکی و درنتیجه بر منابع آب، فراوانی و شدت خشک‌سالی و سیل، محیط‌های طبیعی، جامعه و اقتصاد دارد. بی‌نظمی در منابع آب در هنگام خشک‌سالی‌ها موجب خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی می‌گردد که اغلب جبران آن تا سال‌ها به طول می‌انجامد (Ramos، ۲۰۰۱). فعالیت‌های انسان، جو زمین را در طی صدسال گذشته به‌طور قابل‌توجهی تغییر داده و منجر به گرم شدن سطح زمین شده است. هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC[1]) در سومین گزارش خود در دوره ۱۹۹۰-۲۱۰۰ بر تغییرات جهانی دمایی و شرایط اقلیمی اشاره نموده و افزایش میانگین دمای جهانی از ۱/۴ الی ۵/۸ را در دوره موردبررسی بیان کردند. این گرمایش جهانی سبب تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی و افزایش شدت و فراوانی وقوع رویدادهای حدی اقلیمی (سیل، خشک‌سالی، دماهای بالا و ...) می‌شود. نمایه‌های حدی اقلیمی توسط سازمان جهانی هواشناسی WMO[2] به‌عنوان پدیده‌های اقلیمی و هواشناسی نادر که فراتر یا فروتر از یک حد آستانه‌اند تعریف‌شده است. تغییرات در پدیده‌های اقلیمی حدی مانند دوره‌های طولانی روزهای داغ و یا روزهای با بارش‌های سنگین تأثیر بسیار زیادتری از تغییرات در میانگین‌های اقلیمی بر جوامع انسانی و محیط می‌گذارد.

منابع آبی و کشاورزی از مهم‌ترین قسمت‌هایی هستند که از رویدادهای حدی تأثیر می‌پذیرند و تغییرات آن‌ها بر تعداد بسیار زیادی از نیازهای بشر ازجمله کیفیت و کمیت محصولات تولیدشده تأثیر می‌گذارد. مطالعه تغییرپذیری و تغییر رفتار رویدادهای حدی جوی مهم هستند. تغییرات در رخداد و فراوانی رویدادهای حدی می‌تواند آثار و آسیب‌های شدیدتری را نسبت به تغییرات در متوسط ویژگی‌های اقلیمی داشته باشد (IPCC، ۱۹۹۵). درواقع یک رویداد فرین عبارت است از پدیده نادری که دور از انتظار بوده و با شرایط آب و هوایی منطقه کمتر تطابق داشته باشد (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸) و در دنباله توزیع فراوانی و دور از نقطه تمرکز توزیع (میانگین و میانه) قرارگرفته باشد (عساکره، ۱۳۸۹). مطالعه مقادیر فرین بارش و دما و رویدادهای فرین ناشی از آن از اهمیت ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، مدیریت آب، شهرسازی و ساختمان و راه و ترابری برخوردار است به‌نحوی‌که در سال‌های اخیر توجه زیادی به روش‌های مختلف تحلیل آن، معطوف شده است. افزایش شدت گازهای گلخانه‌ای سبب تسریع چرخه آب‌شناسی و افزایش منابع آبی قابل‌دسترس در جو شده که آشفتگی‌های اقلیمی را با افزایش تعداد روزهای با بارش‌های سنگین به همراه خواهد داشت (IPCC، ۲۰۰۷)؛ بنابراین در یک نگاه منطقی به اقلیم و تغییرات آن علاوه بر مقادیر میانگین، باید مقادیر فرین و تغییرپذیری عناصر مهم آن مثل بارش موردتوجه قرار گیرد، به‌ویژه در بخش‌های آب و کشاورزی که از مهم‌ترین بخش‌هایی هستند که از رویدادهای جوی اقلیمی و تغییرات در این رویدادها تأثیر می‌پذیرند. ادامه روند تغییر اقلیم و افزایش تغییرپذیری آن می‌تواند سبب افزایش این‌گونه آسیب‌پذیری‌ها نیز گردد (Watson et al، ۱۹۹۷).

1 Intergovernmental Panel on Climate Change
2 World Meteorological Organization

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

محیط طبیعی بر اساس شرایط آب و هوایی تنظیم‌شده است وقوع مکرر رخدادهای فرین آب و هوایی به سبب اثرات قابل‌توجه بر روی محیط‌زیست و داشتن پیامدهای اقتصادی-اجتماعی در زندگی انسان‌ها موجب شده تا گرایش به تحقیقات فرین‌های آب و هوایی در مقیاس منطقه‌ای و محلی در سال‌های اخیر بیشتر گردد (علیجانی و فرج زاده ۱۳۹۲). مهم‌ترین اهدافی که در این پژوهش دنبال می‌شوند، عبارت‌اند از شناسایی دماها و بارش‌های فرین در استان کردستان و بررسی روند آن‌ها. تاکنون در این زمینه مطالعات فراوانی در سطح منطقه‌ای، ملی و محلی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد. در مقیاس منطقه‌ای تحقیقاتی در ایالات‌متحده آمریکا (Tomas et al،۱۹۹۸)، استرالیا (Hennessy and Suppiah ،۱۹۹۸)، جنوب شرق آسیا و جنوب آرام (Manton et al ،۲۰۰۱)، سان فرناندو در اسپانیا (Rodrigo ،۲۰۰۲)، هند (۲۰۰۴، Mayw)، آمریکای مرکزی و شمال آمریکای جنوبی (Aguilar et al ،۲۰۰۵)، خاورمیانه (Zhang et al ،۲۰۰۵)، حوضه رودخانه یانگ تسه در چین (Jiang et al ،۲۰۰۶)، ژاپن (Murata et al ،۲۰۱۴؛ Yamazaki et ،۲۰۰۶ al)، لهستان (Przybylak ،۲۰۰۷)، فلات شرقی و مرکزی تبت (You et al ،۲۰۰۸)، شرق آسیا (Choi ،۲۰۰۹ et al)، کرواسی (Cindric and Capka ،۲۰۱۱)، شمال پرتغال (Santos and Mónica ،۲۰۱۲)، شرق ژاپن (Iwasaki ،۲۰۱۲)، ساحل شمال غربی اقیانوس آرام (Warner et al ،۲۰۱۲)، آیداهو در ایالات‌متحده آمریکا (Sohrabi et al ،۲۰۱۳)، آمریکای جنوبی (New et al ،۲۰۱۳)، آنتالیا در ترکیه (Yilmaz ،۲۰۱۴)، هلند و شمال غربی آلمان (Roth et al ،۲۰۱۴)، جورجیا (Keggenhoff et al ،۲۰۱۴) و اروپا (Karoly and ،۲۰۱۷ King) انجام‌شده است. در این مطالعات نتایج نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار در دما و بارش‌های فرین بوده است که با تغییر اقلیم و گرمایش جهانی مطابقت دارد. در مقیاس ملی و محلی نیز در این زمینه مطالعات زیادی صورت گرفته است. بررسی روند بارش‌های فرین در ایران گویای پیچیدگی خاص رفتار فرین بارش در کشور است و نشان می‌دهد که در بیشتر ایستگاه‌ها بارش سالانه کاهش و تعداد روزهای خشک افزایش‌یافته است (عسگری و همکاران، ۱۳۸۶؛ بابایی فینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). ارزیابی رخدادهای فرین هواشناسی در مناطق ساحلی ایران نشان می‌دهد که شاخص‌های گرم فرین دارای روند مثبت و کاملاً سازگار با گرمایش جهانی است این در حالی است که شاخص‌های سرد فرین کاهش‌یافته‌اند (علیجانی، ۱۳۹۰). تحلیل روند شاخص‌های دمای فرین در نواحی شمالی ایران نیز نشان می‌دهد که روند شاخص‌های دمای فرین در ایستگاه‌های منتخب، حاکی از کاهش فراوانی شاخص‌های سرد فرین و افزایش فراوانی شاخص‌های گرم فرین است (علیجانی و فرجزاده، ۱۳۹۴). بررسی روند رویدادهای فرین اقلیمی در شمال شرق ایران نشان‌دهنده روند افزایشی شاخص‌های فرین گرم و روند کاهشی شاخص‌های فرین سرد در این منطقه می‌باشد (کوزه‌گران و موسوی‌بایگی، ۱۳۹۴)، همچنین مطالعه روند بارش‌های فرین در مناطق غربی ایران نشان‌دهنده روند منفی و کاهشی این روزها در ۱۲ ماه سال در طول دوره آماری موردمطالعه (۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰) به‌جز در قسمت کوچکی از استان ایلام است (مظفری و شفیعی ۱۳۹۵). در مقیاس محلی نیز مطالعاتی در تهران (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴)، هرمزگان (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰)، دریاچه ارومیه (رضایی‌بنفشه و همکاران، ۱۳۹۰)، حوضه کشف رود (کوهی و همکاران، ۱۳۹۱)، تبریز (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۳)، زنجان (عساکره، ۱۳۹۱)، دارند (۱۳۹۲)، قزوین (خالدی و همکاران، ۱۳۹۴)، بوشهر (برنا و جهان، ۱۳۹۴) و استان خراسان رضوی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

(عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۶) صورت گرفته است و در همه این مطالعات نتایج نشان می‌دهد که نمایه‌های فرین دما و بارش در سال‌های اخیر تغییر کرده است به صورتی که شاخص‌های فرین سرد روند کاهشی محسوسی دارند، درحالی‌که شاخص‌های فرین گرم روندی افزایشی دارند.

از مطالب بالا مشخص می‌شود که در تحقیقات انجام‌شده بر روی شاخص‌های فرین در ایران و جهان، توجه محققان اکثراً به بررسی روند و تغییرپذیری نمایه‌های فرین معطوف بوده است. این مطلب نشان می‌دهد که تحلیل و بررسی فرین‌های آب و هوایی در همه جای دنیا از اهمیت بالایی برخوردار بوده است و این وقایع می‌تواند اثرات مخربی بر روی سلامت انسان، واحدهای اجتماعی و سیستم‌های طبیعی داشته باشد. لذا شناخت بهتر این پدیده‌ها در جهت مدیریت بهتر ریسک و بحران، امری لازم و ضروری می‌نماید. بدین‌جهت در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا این موضوع را در استان کردستان بررسی نماییم تا با تکیه‌بر نتایج آن بتوانیم برنامه‌ریزی‌های مناسبی به‌منظور مقابله با وقوع مداوم فرین‌های آب و هوایی تنظیم و اجرا نماییم.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه ما در این پژوهش استان کردستان با مساحت ۲۳۲۰۸ کیلومتر در غرب کشور است جهت انجام این پژوهش از داده‌های روزانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ۶ ایستگاه همدید هواشناسی واقع در سطح استان در طول دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۰) بهره گرفته شد. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی موردبررسی در جدول (۱) آورده شده است. در بین ایستگاه‌های موردبررسی کمترین و بیشترین ارتفاع به ترتیب مربوط به ایستگاه مریوان با ۱۲۸۷ متر و ایستگاه زرینه اوباتو با ۲۱۴۲/۶ متر از سطح دریا است.

جدول (۱). مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی موردبررسی

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع به متر
سنندج	۳۵:۲۰	۴۷	۱۳۷۳/۴
سقز	۳۶:۱۵	۴۶:۱۶	۱۵۲۲/۸
بیجار	۳۵:۵۳	۴۷:۳۷	۱۸۸۳/۴
زرینه اوباتو	۳۶:۴	۴۶:۵۵	۲۱۴۲/۶
مریوان	۳۵:۳۱	۴۶:۱۲	۱۲۸۷
قروه	۳۵:۱۸	۴۷:۷۸	۱۹۰۶

در این مطالعه برای بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی، از ۲۷ شاخص بارش و دما که توسط گروه کارشناسی ETCCDMI[1] تعریف‌شده استفاده شد. این شاخص‌ها توسط نرم‌افزار RclimDex برآورد می‌شوند. نرم‌افزار RClimdex توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط نرم‌افزار R تهیه‌شده که منوط به نصب و راه‌اندازی زبان برنامه‌نویسی R هست. در این نرم‌افزار قبل از محاسبه شاخص‌ها، داده‌ها توسط نرم‌افزار کنترل

[1] Expert Team on Climate Change Detection Monitoring

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بارندگی منفی و یا بزرگ‌تر یا مساوی بودن دمای حداقل از حداکثر چک شده و داده‌های پرت بررسی می‌شود. سپس شاخص‌های اقلیمی از داده‌های روزانه توسط نرم‌افزار RclimDex محاسبه می‌شود. یازده شاخص بارندگی و ۱۶ شاخص درجه حرارت توسط این نرم‌افزار در مقیاس‌های سالانه و ماهانه محاسبه می‌شود جداول (۲ و ۳)، که این شاخص‌های حدی در ۵ دسته شامل شاخص‌های حدی مبتنی بر صدک‌ها، شاخص‌های حدی مطلق، شاخص‌های حدی آستانه‌ای، شاخص‌های حدی دوره‌ای و سایر شاخص‌ها مانند دامنه تغییرات می‌باشند. هدف از فرآیند ETCCDMI تعیین مجموعه استاندارد از شاخص‌هایی است که بتوان توسط آن ویژگی‌های مناطق مختلف را بررسی و مقایسه نمود. با استفاده از این نرم‌افزار شاخص‌ها محاسبه‌شده و نمودارهای هر شاخص شامل نمودار روند و میانگین متحرک آن در هر نمودار ایجاد خواهد شد (Alexander et al، ۲۰۰۶).

جدول (۲). شاخص‌های حدی بارش توصیه‌شده توسط گروه کارشناسی CCL /CLIVAR

نمایه	معرفی نمایه	یکا
Rx1day	حداکثر بارش یک‌روزه	میلی‌متر
Rx5day	حداکثر بارش پنج‌روزه، میزان بارش پنج روز متوالی	میلی‌متر
SDII	نمایه ساده شدت روزانه، بارندگی کل سالانه تقسیم‌بر تعداد روزهای مرطوب ((PRCP>=1.0mm در سال	میلی‌متر بر روز
R10mm	روزهای با بارش سنگین یعنی تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ده میلی‌متر RRij >=10mm	روز
R20mm	تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین، تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از بیست میلی‌مترRRij >=20mm	روز
R25mm Rnn mm	تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین، تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از بیست‌وپنج میلی‌متر عبارت است از تعداد روزهایی کهRRij >=25mm	روز
CDD	روزهای خشک متوالی، بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی که RRij <1mm	روز
CWD	روزهای تر، بیشترین تعداد روزهای متوالی کهRRij >=1mm	روز
R95p	روزهای خیلی تر، بارندگی کل سالانه هنگامی‌که بیشتر از صدک نود و پنجمRR>95th percentile	میلی‌متر
R99p	روزهای بیش‌ازاندازه تر، بارندگی کل سالانه هنگامی‌که بیشتر از صدک نود و نهمRR>99th percentile	میلی‌متر
PRCPTOT	مقدار سالانه بارش در روزهای تر(PRCPTOTj = (RR>=1mm	میلی‌متر

منبع: (کوزه‌گران و موسوی بایگی، ۱۳۹۴)

جدول (۳). شاخص‌های حدی دما توصیه‌شده توسط گروه کارشناسی CCL /CLIVAR

نمایه	معرفی نمایه	یکا
FD	تعداد روزهای یخبندان (دمای حداقل روزانه< 0 ° C)	روز
SU25	تعداد روزهای تابستانی (دمای حداکثر روزانه° 25)	روز
ID	تعداد روزهای یخی (دمای حداقل روزانه< 0 ° C)	روز
TR20	تعداد شب‌های حاره‌ای (دمای حداقل روزانه< 20 ° C)	روز
TXx	بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه	° C
TNx	بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه	° C

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

TXn	کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه	° C
TNn	کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه	° C
GSL	طول فصل رویش	روز
TX90P	روزهای گرم، درصد روزهایی که دمای حداکثر بیشتر از صدک نودم باشد	روز
TN90P	شب‌های گرم، درصد روزهایی که دمای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد	روز
TX10P	روزهای سرد، درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد	روز
TN10P	شب‌های سرد، درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد	روز
DTR	دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما	° C
CSDI	نمایه طول مدت سرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد	روز
WSDI	نمایه طول مدت گرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداکثر آن‌ها بیشتر از صدک نودم باشد	روز

منبع: (کوزه‌گران و موسوی بایگی، ۱۳۹۴)

در این پژوهش جهت بررسی چشم‌انداز تغییرات اقلیمی در آینده از مدل جهانی HadGEM2 با قدرت تفکیک $1.25 \times 1.875^{\circ}$ طول و عرض جغرافیایی تحت دو سناریوی واداشت تابشی RCP 2.6 و RCP 8.5 استفاده‌شده است که توسط مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلستان طراحی و توسعه‌یافته است. همچنین جهت ریزمقیاس گردانی آن از مدل ریزمقیاس گردانی آماری LARS-WG6 استفاده شد که در سال ۲۰۱۸ جهت ریزمقیاس گردانی داده‌های گزارش پنجم (AR5) به‌روز و منتشر گردید. این مدل یک مدل تصادفی با استفاده از توزیع نیمه تجربی برای تولید داده‌های آب و هوایی به‌وسیله تکنیک‌های ریزمقیاس گردانی آماری است (ویلکس و ویلبی[1]، ۱۹۹۹: ۲۲۹) که به‌مراتب از دیگر برنامه‌ها به دلیل تکرار محاسبات، نیاز به داده‌های ورودی کمتر و همچنین سادگی و کارایی دارای کاربرد بیشتری است (دیبایک و کولیبالی[2]، ۲۰۰۵: ۱۴۵). دلیل اصلی تولید این مدل غلبه بر نقاط ضعف زنجیره مارکف بود (سمنوف و استراتونویچ، ۲۰۱۰: ۱۴)؛ که در این پژوهش جهت ریزمقیاس گردانی مدل جهانی HadGEM2 مورداستفاده قرار گرفت. جهت اجرای مدل LARS-WG از داده‌های روزانه دمای حداقل و دمای حداکثر و بارش روزانه در دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۰) استفاده شد و پس از اطمینان از مناسب بودن مدل، داده‌های دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۱) با استفاده از مدل جهانی (HadGEM2) تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 تولید شد. سپس تغییرات آن‌ها نسبت به دوره پایه محاسبه و تحلیل شد. جهت بررسی عملکرد مدل ریزمقیاس گردانی LARS-WG نیز از معیارهای ضریب تعیین (R^2)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده‌شده است.

[1]. Wilks and Wilby
[2]. Dibike and Coulibaly

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

نتایج

چشم‌انداز تغییرات اقلیمی در دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱

به‌منظور واسنجی و اطمینان از صحت مدل ریزمقیاس گردانی، ابتدا مدل برای دوره آماری پایه اجرا گردید سپس خروجی مدل با داده‌های مشاهداتی و با استفاده از شاخص‌های خطاسنجی RMSE، MSE و MAE و همچنین ضریب تعیین (R^2) مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاکی از دقت مناسب مدل در شبیه‌سازی پارامترهای موردبررسی در ایستگاه‌های موردمطالعه است همچنین مدل در زمینه شبیه‌سازی دما موفق‌تر از بارش عمل کرده است جدول (۴).

جدول (۴). ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG با استفاده از شاخص‌های مختلف

پارامتر	بارش				دمای حداقل				دمای حداکثر			
ایستگاه	RMSE	MSE	MAE	R^2	RMSE	MSE	MAE	R^2	RMSE	MSE	MAE	R^2
بیجار	۳/۷	۱۳/۸	۳/۱	۰/۹۶	۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۹۹	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۹۹
قروه	۲/۶	۶/۷	۲/۲	۰/۹۸	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۹۹	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۹۹
سقز	۳/۲	۱۰/۵	۲/۴	۰/۹۹	۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۹۹	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۲۴	۰/۹۹
سنندج	۳/۵	۱۲	۲/۱	۰/۹۹	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۹۹
زرینه	۵/۸	۳۳/۷	۳/۳	۰/۹۷	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۹۹	۰/۳۵	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۹۹
مریوان	۸/۷	۷۵/۶	۶/۵	۰/۹۸	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۹۹	۰/۳	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۹۹

پس از ارزیابی مدل LARS-WG و اطمینان از مناسب بودن آن، به بررسی چشم اندازه تغییرات اقلیمی در دوره میانی قرن بیستم (۲۰۶۰-۲۰۴۱) با استفاده از مدل HadGEM2 تحت دو سناریوی RCP پرداخته شد. نتایج حاصل از چشم‌انداز تغییرات بارش نشان می‌دهد که میزان بارش طی دوره (۲۰۶۰-۲۰۴۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۹۰) در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج حاصل بیشترین میزان تغییرات بارش در بین ایستگاه‌های موردبررسی مربوط به ایستگاه بیجار با ۶ تا ۱۵ درصد کاهش نسبت به دوره پایه می‌باشد. بر این اساس انتظار می‌رود در دوره آینده میزان بارش در سطح استان بین ۰/۵ تا ۱۵ درصد نسبت به دوره پایه کاهش پیدا کند جدول (۵).

جدول (۵). وضعیت تغییرات بارش در دوره آینده نسبت به دوره پایه تحت دو سناریوی مدل HadGEM2

ایستگاه		بیجار	قروه	سقز	سنندج	زرینه	مریوان
دوره پایه		۳۳۶/۸	۳۳۶	۴۴۸/۱	۳۷۹	۳۸۲/۲	۹۱۹/۶
دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۱)	RCP2.6	۲۸۶/۳	۳۱۳	۴۲۹/۹	۳۴۲/۴	۳۳۵/۵	۸۴۰/۳
	RCP8.5	۳۱۵/۵	۳۲۱/۶	۴۰۳/۳	۳۶۳/۱	۳۸۰	۸۴۸/۸
دامنه تغییرات (درصد)		۱۵-۶	۴/۶-۳/۸	۱۰-۴	۹-۴/۶	۰/۱۲-۵/۲	۷/۸-۷/۶

نتایج حاصل از بررسی دمای حداکثر نیز نشان داد که میزان دمای حداکثر در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی نسبت به دوره پایه افزایش چشمگیری را خواهد داشت که بیشترین میزان تغییرات آن مربوط به ایستگاه‌های قروه و زرینه با ۲/۹ تا ۴ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه می‌باشد. دامنه تغییرات دمای حداکثر در دوره

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

آتی نسبت به دوره پایه در بین ایستگاه‌های موردبررسی به‌طور متوسط بین ۲/۷ تا ۴ درجه سلسیوس خواهد بود جدول (۶).

جدول (۶). وضعیت تغییرات دمای حداکثر در دوره آینده نسبت به دوره پایه تحت دو سناریوی مدل HadGEM2

ایستگاه		بیجار	قروه	سقز	سنندج	زرینه	مریوان
دوره پایه		۱۷	۱۷/۸	۱۹	۲۲/۳	۱۴/۵	۲۱/۱
دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۱)	RCP2.6	۱۹/۷	۲۰/۷	۲۱/۸	۲۵/۱	۱۷/۴	۲۳/۹
	RCP8.5	۲۰/۸	۲۱/۸	۲۲/۹	۲۶/۲	۱۸/۴	۲۴/۹
دامنه تغییرات (درجه سلسیوس)		۲/۳-۷/۹	۲/۴-۹	۲/۳-۸/۹	۲/۳-۸/۹	۲/۴-۹	۲/۳-۸/۹

نتایج حاصل از بررسی دمای حداقل نیز نشان می‌دهد که این پارامتر نیز در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی نسبت به دوره پایه افزایش پیدا خواهد کرد؛ که بر اساس نتایج حاصل این میزان در بین ایستگاه‌های موردمطالعه بین ۱/۹ تا ۳/۴ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه خواهد بود که بیشترین میزان تغییرات آن نیز مربوط به ایستگاه مریوان با ۲/۳ تا ۳/۴ درجه سلسیوس افزایش نسبت به دوره پایه می‌باشد جدول (۷).

جدول (۷). وضعیت تغییرات دمای حداقل در دوره آینده نسبت به دوره پایه تحت دو سناریوی مدل HadGEM2

ایستگاه		بیجار	قروه	سقز	سنندج	زرینه	مریوان
دوره پایه		۵/۷	۵/۸	۲/۸	۶	۲	۵/۱
دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۱)	RCP2.6	۷/۷	۷/۷	۴/۹	۸/۲	۴/۱	۷/۴
	RCP8.5	۸/۸	۸/۹	۶/۱	۹/۳	۵/۳	۸/۵
دامنه تغییرات (درجه سلسیوس)		۳-۲/۱	۱/۳-۹/۱	۲/۳-۲/۳	۲/۳-۲/۳	۲/۳-۱/۴	۲/۳-۳/۴

درمجموع نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تغییرات دما و بارش در سطح استان بر اساس ایستگاه‌های موردبررسی نشان می‌دهد که در دوره آینده نسبت به دوره پایه میزان بارش کاهش و میزان دما افزایش خواهد یافت.

شاخص‌های فرین گرم در وضعیت موجود و آینده

در این پژوهش برخی از شاخص‌های فرین گرم شامل تعداد روزهای تابستانی با دمای حداکثر بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (SU25)، روزهای گرم درصد روزهایی که دمای حداکثر بیش از صدک نودم باشد (TX90P)، شاخص طول مدت گرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداکثر آن‌ها بیش از صدک نودم باشد (WSDI)، بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx) بررسی شد.

بر اساس سناریوی وضعیت موجود و تجزیه‌وتحلیل نمودار مربوط به شاخص تعداد روزهای تابستانی (SU25) نشان‌دهنده وجود روند مثبت در تمام ایستگاه‌های موردمطالعه می‌باشد. شاخص مربوط به‌روزهای گرم (TX90P) در تمام ایستگاه دارای روندی مثبت می‌باشد. بررسی نمودار مربوط به شاخص (WSDI) نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌ها روند مثبت است. همچنین بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx) نیز در تمامی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

ایستگاه‌ها دارای روندی مثبت است. تجزیه تحلیل نمودارهای مربوط به شاخص‌های ذکرشده بر اساس دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 نیز نشان داد که تمامی شاخص‌های مطالعه شده دارای روندی مثبت و افزایشی هستند که نیاز به اتخاذ سیاست‌ها و اجرای راهکارهای سازگاری در سطوح مختلف را ضروری می‌نماید.

شاخص‌های فرین سرد در وضعیت موجود و آینده

شاخص‌های فرین سرد شامل تعداد روزهای یخبندان (FD)، تعداد روزهای یخی با دمای حداکثر زیر صفر درجه سانتی‌گراد (ID)، روزهای سرد و درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد (TX10P)، شب‌های سرد و درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد (TN10P)، شاخص طول مدت سرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل آن‌ها کمتر از صدک دهم باشد (CSDI)، کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXn)، کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn)، می‌باشند.

در میان شاخص‌های فرین سرد، در این مطالعه، شاخص‌های (TXn)، (TX10P) و (ID) بررسی شدند. نتایج مربوط به شاخص (TXn) نشان داد که این شاخص در تمام ایستگاه‌ها دارای روندی منفی است. همچنین بررسی شاخص (TX10P) نشان داد که این شاخص در تمامی ایستگاه‌ها دارای روندی منفی و کاهشی است. شاخص تعداد روزهای یخی (ID) نیز در تمامی ایستگاه‌ها روندی منفی را نشان می‌دهد و به‌جز دو ایستگاه بیجار و زرینه، در سایر ایستگاه‌ها این روند معنی‌دار نیست. درنهایت نتایج نشان داد که شاخص‌های فرین سرد برخلاف شاخص‌های فرین گرم بیشتر روند کاهشی دارند. تجزیه تحلیل نمودارهای مربوط به شاخص‌های ذکرشده بر اساس دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 نیز نشان داد که تمامی شاخص‌های مطالعه شده دارای روندی منفی و کاهشی هستند که در این زمینه نیز نیاز به اجرای راهکارهای سازگاری در سطوح مختلف را ضروری می‌نماید.

شاخص‌های فرین بارش در وضعیت موجود و وضعیت آینده

شاخص‌های بارش دارای الگوهای متفاوتی هستند که نشان‌دهنده شدت، مدت و فراوانی بارش می‌باشند. بررسی شاخص مقدار سالانه بارش در روزهای تر (Prcptot) و شاخص روزهای بارش مساوی یا کمتر از ده میلی‌متر (R10mm) در دوره وضعیت موجود نشان داد که این شاخص‌ها در تمام ایستگاه‌های موردمطالعه روند کاهشی و منفی داشته‌اند و این روند فقط در ایستگاه‌های سنندج و مریوان معنادار است و در سایر ایستگاه‌ها معنی‌دار نیست. شاخص روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر (R20mm) در همه ایستگاه‌ها دارای روند منفی است و در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها این روند معنادار نیست. شاخص روزهای خیلی تر (R95p) در همه ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه بیجار دارای روندی منفی است و این روند فقط در ایستگاه مریوان معنادار نبوده است. بررسی شاخص‌های ذکرشده برای وضعیت دو سناریو ذکرشده برای دوره آینده نتایج مشابهی را نشان داد با این تفاوت که شدت این کاهش در وضعیت موجود بیشتر بوده است.

بررسی شاخص مربوط به‌روزهای بیش‌ازاندازه تر (R99p) نشان می‌دهد که این شاخص در ایستگاه‌های بانه، بیجار و سنندج دارای روند منفی است درحالی‌که در ایستگاه‌های سقز، زرینه و مریوان روند مثبت دارد و این روند مثبت فقط در ایستگاه سقز معنادار است و در سایر ایستگاه‌ها معنادار نبوده است. شاخص (SDDI) در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

همه ایستگاه‌ها به‌غیراز ایستگاه بیجار دارای روند کاهشی می‌باشد که این کاهش فقط در ایستگاه مریوان معنی‌دار و در سایر ایستگاه‌ها معنی‌دار نیست. در ایستگاه بیجار این شاخص روند مشخصی ندارد. تحلیل نقشه-های مربوط به شاخص حداکثر بارش یک‌روزه (Rx۱ day)، نشان می‌دهد که شاخص مربوطه در ایستگاه‌های زرینه، مریوان، سقز دارای روند افزایشی و مثبت اما در ایستگاه‌های بیجار و سنندج دارای روند کاهشی و منفی است. شاخص حداکثر بارش پنج‌روزه (day۵Rx) نیز در همه ایستگاه‌ها به‌غیراز ایستگاه بیجار دارای روند کاهشی است. بررسی شاخص‌های ذکرشده برای وضعیت آینده نتایج نسبتاً مشابهی را نشان داد اما سناریوی RCP2.6 بیشترین تغییرات را برای شاخص‌های SDDI و R99p نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

اولین تئوری تغییر آب‌وهوا بیانگر آن است که انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌واسطه انسان، به‌طور عمده دی‌اکسید کربن (co2)، متان و اکسید نیتروژن، باعث افزایش فاجعه‌بار دمای جهانی شده است. مکانیزمی که به‌وسیله آن این اتفاق می‌افتد اثر گلخانه‌ای افزایش‌یافته نام دارد. این تئوری گرم شدن کره زمین به‌وسیله انسان یا مختصراً (AGW) نامیده می‌شود. حامیان نظریه AGW معتقدند گرمایش ۰/۷ درجه سانتی‌گراد در نیم‌قرن گذشته و ۰/۵ درجه در ۳۰ سال گذشته، بیشتر یا کاملاً مربوط به گازهای گلخانه‌ای ساخته به‌وسیله انسان است. هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC[1]) در سومین گزارش خود در دوره ۱۹۹۰-۲۱۰۰ بر تغییرات جهانی دمایی و شرایط اقلیمی اشاره نموده و افزایش میانگین دمای جهانی از ۱/۴ الی ۵/۸ را در دوره موردبررسی بیان کردند. این گرمایش جهانی سبب تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی و افزایش شدت و فراوانی وقوع رویدادهای حدی اقلیمی (سیل، خشک‌سالی، دماهای بالا و ...) می‌شود. امروزه بررسی و مطالعه حداکثر و حداقل پارامترهای اقلیمی شاید بیشتر از بررسی میانگین‌ها دارای ضرورت باشد زیرا بیشتر می‌تواند زندگی انسان و موجودات زنده را تحت تأثیر قرار دهد. بدین منظور در این مطالعه سعی شده است تا به بررسی فرین‌های دمایی و بارشی در استان کردستان پرداخته شود و برای این کار از داده‌های روزانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ۶ ایستگاه همدید در طول دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۰) بهره گرفته شد؛ و تغییرات آن‌ها در دوره (۲۰۶۰-۲۰۴۱) با استفاده از مدل جهانی HadGEM2 تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 و ریزمقیاس گردانی آماری LARS-WG6 موردبررسی قرار گرفت. جهت بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی نیز ۲۷ شاخص مربوط به بارش و دما با استفاده نرم‌افزار RClimdex مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که شاخص‌های فرین گرم در بیشتر ایستگاه‌های استان کردستان دارای روند مثبتی هستند و این روند به‌ویژه برای شاخص‌های تعداد روزهای تابستانی و بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه، در بیشتر ایستگاه‌های موردمطالعه معنادار می‌باشد. همچنین بررسی شاخص‌های فرین سرد در استان کردستان نشان داد که برخلاف شاخص‌های فرین گرم، این شاخص‌ها روند کاهشی و منفی را از خود نشان می‌دهند و برای اغلب ایستگاه‌ها این روند معنادار است. در این پژوهش همچنین به بررسی شاخص‌های فرین بارش در استان کردستان پرداخته شد. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که در سطح استان کردستان بارش دارای روند کاهشی و منفی می-

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

باشد و در بیشتر موارد این روند معنادار است. نتایج حاصل از چشم‌انداز تغییرات اقلیمی نیز نشان داد در دوره آینده میزان دما افزایش و میزان بارش کاهش خواهد یافت. نتایج به‌دست‌آمده با بسیاری از مطالعاتی که قبلاً در این زمینه صورت گرفته و همچنین با نتایج مطالعات هیئت بین‌المللی تغیر اقلیم همخوانی دارد.

با توجه به مطالب ذکرشده و اهمیت انجام چنین مطالعاتی در زمینه‌های مدیریت منابع آب، امنیت غذایی، سلامت انسان، فعالیت‌های زیست‌محیطی و ...، بررسی تأثیرات این رویدادهای حدی اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های آینده در بخش‌های مختلف ضروری می‌نماید. جوامع انسانی به‌ناچار باید خود را بر اساس این شرایط تنظیم و تجهیز نمایند. شناسایی شدت، فراوانی و زمان رخدادهای فرین آب و هوایی می‌تواند به حل مسائل زیست‌محیطی کمک نموده و انسان را در تنظیم و اجرای برنامه‌ریزی‌های منسجم و منطقی در برابر تغییرات رفتار این رخدادها یاری نماید.

منابع

برنا، رضا؛ جهان، آیگین (۱۳۹۴)؛ **مطالعه روند تغییرات شاخص‌های حدی اقلیمی دما و بارش در جنوب غرب ایران (مطالعه موردی: استان بوشهر)**؛ فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۲۸: ۶۴-۴۳.

جهانبخش‌اصل، سعید؛ خورشید دوست، علی‌محمد؛ دین‌پژوه، یعقوب؛ سرافروزه، فاطمه (۱۳۹۳)؛ **تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز**، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۵۰: ۱۳۳-۱۰۷.

خالدی، شهریار؛ علی بخشی، زهرا؛ شیراوند، هنگامه؛ مرادی، علی (۱۳۹۴)؛ **بررسی شاخص‌های حدی اقلیمی شهر قزوین با تأکید بر خشک‌سالی ناشی از تغییر اقلیم با استفاده از نرم‌افزار RClimdex**، اولین کنگره بین‌المللی زمین، فضا و انرژی پاک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.

رحیم زاده فاطمه؛ هدایت دزفولی، اکرم؛ پور اصغریان، آرزو (۱۳۹۰)؛ **ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان**، جغرافیا و توسعه، ۲۱: ۱۱۶-۹۷.

رحیم زاده، فاطمه؛ عسگری، احمد؛ فتاحی، ابراهیم؛ محمدیان، نوشین؛ تقی پور، افسانه (۱۳۸۸)؛ **روند نمایه‌های حدی آب و هوایی دما در ایران طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۳**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۱۱۹:۹۳-۱۴۴.

رضایی بنفشه، مجید؛ سرافروزه، فاطمه؛ جلالی، طاهره (۱۳۹۰)؛ **بررسی روند دما و بارش‌های روزانه در حوضه دریاچه ارومیه**، علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۳۸: ۷۴-۴۳.

عرفانیان، مریم؛ انصاری، حسین؛ علیزاده، امین؛ بنایان اول، محمد (۱۳۹۶)؛ **برآورد روابط فراوانی_تداوم_دوره بازگشت نمایه‌های فرین اقلیمی در نقاط مختلف استان خراسان رضوی**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۱۲۴: ۳۷-۵۰.

عساکره، حسین (۱۳۸۹)؛ **تحلیل تغییرات بارش‌های فرین شهر زنجان**؛ تحقیق‌های آب‌وهواشناسی، (۱ و ۲): ۱۰۰-۸۹.

عساکره، حسین (۱۳۹۱)؛ **تغییر توزیع فراوانی بارش‌های فرین شهر زنجان**؛ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱: ۵۱-۶۶.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

عسگری، احمد؛ رحیم زاده، فاطمه؛ محمدیان، نوشین؛ فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۶)؛ **تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران**، تحقیقات منابع آب، ۳: ۴۲-۵۵.

علیجانی، بهلول (۱۳۹۰)؛ **تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰: ۳۰-۱۹.

علیجانی، بهلول؛ فرج زاده، حسن (۱۳۹۴)؛ **تحلیل روند شاخص‌های دمای فرین در شمال ایران**؛ نشریه علمی_پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی؛ ۱۹(۵۲): ۲۲۹-۲۵۶.

کوزه گران بابایی فینی، ام السلمه؛ قاسمی، الهه؛ فتاحی، ابراهیم (۱۳۹۳)؛ **بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند نمایه‌های حدی بارش ایران‌زمین**، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳: ۸۵-۱۰۳.

کوزه‌گران، سعیده؛ موسوی‌بایگی، محمد (۱۳۹۴)؛ **بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران**؛ نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۳): ۷۵۰-۷۶۴.

کوهی، منصوره؛ موسوی بایگی، محمد؛ فرید حسینی، علیرضا؛ ثنایی نژاد، حسین؛ جباری نوقابی، هادی (۱۳۹۱)؛ **ریزمقیاس نمایی آماری و ارائه سناریوهای آتی رویدادهای حدی بارش در حوضه کشف رود**، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۲: ۵۳-۳۵.

محمدی، حسین؛ تقوی، فرحناز (۱۳۸۴)؛ **روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران**، پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۳: ۱۷۲-۱۵۱.

محمدی، حسین؛ عزیزی، قاسم؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ رنجبر، فیروز (۱۳۹۶)؛ **تحلیل روند شاخص‌های حدی بارش روزانه در ایران**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۱: ۳۷-۲۱.

مظفری، غلامعلی؛ شفیعی، شهاب (۱۳۹۵)؛ **واکاوی زمانی_مکانی بارش‌های حدی مناطق غربی ایران**، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۵۲: ۹۴-۷۷.

Abdullah Gokhan. Yilmaz (2014). The effects of climate change on historical and future extreme rainfall in Antalya, Turkey. Journal of Hydrological Sciences, Volume 60: pp. 2148-2162.

Akihiko. Murata, Hidetaka. Sasaki, Mizuki. Hanafusa, Kazuo. Kurihara (2014); Mechanism of early-summer low-temperature extremes in Japan projected by a nonhydrostatic regional climate model, Weather and Climate Extremes 4, 62-74.

Alexander L.V. Zhang X. Peterson T.C. Caesar J. Gleason B. Klein Tank A.M.G. Haylock M. Collins D. Trewin B. Rahimzadeh F. Tagipour A. Ambenje P. Rupa Kumar K. Revadekar J.V. Griffiths G. Vincent L. Stephenson D. Burn J. Aguilar E. Brunet M. Taylor M. New M. Zhai P. Rusticucci M. Vazquez-Aguirre J.L.(2006). Global Observed Changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, Journal of Geophysical Research, 111, D05109, DOI: 10.1029 / 2005JD006290.

Andrew D King and David J Karoly (2017). Climate extremes in Europe at 1.5 and 2 degrees of global warming. Environmental Research Letters.

Ardakani M R.Hadj Seyed Hadi M R. Notghi Taheri H. (2005). Introduction to agrometeorology. Ghalamestan Honar.Tehran.

E. Aguilar, T. C. Peterson, P. Ramírez Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. González García (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003, limate and Dynamics, DOI: 10.1029/2005JD006119.

Gwangyong Choi, Dean Collins, Guoyu Ren, Blair Trewin, Marina Baldi, Yoshikazu Fukuda, Muhammad Afzaal, Theeraluk Pianmana, Purevjav Gomboluudev, Pham Thi Thanh Huong, Norlisam Lias, Won-Tae Kwon, Kyung-On Boo, Yu-Mi Cha and Yaqing Zhou (2009). Changes in

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007, International Journal of Climatology, Int. J. Climatol. 29: 1906–1925

Hiroyuki. Iwasaki (2012). Recent positive trend in heavy rainfall in eastern Japan and its relation with variations in atmospheric Moisture, International Journal of Climatology. Int. J. Climatol. 32: 364–374.

IPCC, Climate Change (2007). "The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I, to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon and the Core Writing Team (eds. Cambridge University press. Cambridge United Kingdom and New York, USA.

IPCC.(1995). ClimateChange1994, In: Houghten JT. Meira Filno L G. Bruce J.P. Lee H.Callender,B.T. Haites E.F. Harris.

Keggenhoff, M.Elizbarashvili, A.Amiri-Farahani, L.King (2014). Trends in daily temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971–2010. Weather and Climate Extremes 4, 75-85.

M. Roth, T.A.Buishand, G.Jongbloed, A.M.G.KleinTank, J.H.vanZant (2014). Projections of precipitation extremes based on a regional, non-stationary peaks-over-threshold approach: A case study for the Netherlands and north-western Germany, Weather and Climate Extremes. 1-10.

M.J. Manton,, P.M. Della-Marta, M.R. Haylock, K.J. hennessy, N. Nicholls, L.E. Chambers, D.A. CollIns, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isob, T.S. Kestin, P. Lefale, C.H. Leyu, T. Lwin, L. Maitrepierre, N. Ouprasttwong, C.M. Page, J. Pahaalad, N (2001). Trends in Extreme Daily fall And Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998, International Journal of Climatology, 21: 269–284.

Marjana Gajić-Čapka, Ksenija Cindri (2011). Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901–2008, Original scientific paper, VOL. 28: 551-583.

May W, (2004). Simulation of the variability and extremes of daily rainfall during the Indian summer monsoon for present and future times in a global time-slice experiment. Clim Dyn 22(2–3):183–204

Mohammad M. Sohrabi, Jae H. Ryu, John Abatzoglou, John Tracy (2013). Climate extreme and its linkage to regional drought over Idaho, USA. Natural Hazards, Vol 65, pp 653–681.

Mónica S. Santos F.(2011). Trends in extreme daily precipitation indices in Northern of Portugal. Geophysical Research Abstracts. Vol. 13, EGU2011-11285.

New, M. Hewitson,B. Stephenson,D. B. Tsiga, A. Kruger.A.Manhique.A. Gomez. B. Coelho, Caio A. S. Dorcas,N M. Skansi. M de los M. Manola,B. Javier.S. Aguilar, E. Groening,J A A. Bentancur,O J. Geier,Y. R. C. Amaya,R. L. C. Jácome,H. Ramos,A. M. Rojas, C. O, Pasten, A. M, Mitro,S.S, Jiménez,C. V. Martínez, R. Alexander, L. V, Jones,P.D. (2013). Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America, Global and planetary change, 100: 295-307.

Nobuo. Yamazaki, Fumiaki. Fujibe, Kenji. Kobayashi. (2006). Long term changes of heavy precipitation and dry weather in Japan (1901-2004), journal of the meteorological society of japan, Vol.84, No. 6, pp. 1033-1046.

Rajmund. Przybylak, Andrzej. Araźny, Marek. Kejna, Joanna. Uscka-Kowalkowska (2007); Poland's Climate Extremes Index, 1951-2005, Geographia Polonica, 47-58.

Ramos,m.c. (2001). Rainfall distribution pattern and their change over time in a Mediterranean area. J. Theoretical and Applied Climatology, 69,163-170.

Rodrigo FS (2002). Changes in climate variability and seasonal rainfall extremes: a case study from San Fernando (Spain), 1821–2000. Theor Appl Climatol 72:193–207

Su BD, Jiang T, Jin WB (2006); Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. Theor Appl Climatol 83:139–151

Suppiah R, Hennessy K (1998). Trends in seasonal rainfall, heavy rain days, and number of dry days in Australia 1910–1990. Int J Climatol 18:1141–1155.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]

Thomas R; Karl and Richard W. Knight (1998). Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in the United States, National Climatic Data Center, Vol. 79, No. 2, 231-241.

Warner, M.D. Mass, C.F. and Salathe, E.P. (2012). Wintertime Extreme Precipitation Events along the Pacific Northwest Coast: Climatology and Synoptic Evolution, Monthly Weather Review, Vol. 140, July 2012, DOI: 10.1175/MWR-D-11-00197.

Watson, R. T. M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (1997). "IPCC Summary for Policymakers, The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability", Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP publication, Geneva.

Xuebin Zhang, Enric Aguilar, Serhat Sensoy, Hamlet Melkonyan, Umayra Tagiyeva, Nader Ahmed, Nato Kutaladze, Fatemeh Rahimzadeh, Afsaneh Taghipour, T. H. Hantosh, Pinhas Albert, Mohammed Semawi, Mohammad Karam Ali, Mansoor Halal Said Al-Shabibi, Zaid Al-Oulan, Taha Zatari, Imad Al Dean Khelet, Saleh Hamoud, Ramazan Sagir, Mesut Demircan, Mehmet Eken, Mustafa Adiguzel, Lisa Alexander, Thomas C. Peterson, and Trevor Wallis (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, D22104, doi: 10.1029/2005JD006181.

You Q, Kang S, Aguilar E, Yan Y (2008). Changes in daily climate extremes in the eastern and central Tibetan 31 plateau during 1961–2005. J Geophys Res. doi:10.1029/2007JD009389.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.7.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.69.1]