

Investigation of the impact of climate change on the trend and temperature distribution of precipitation phase in snow-rainy basin: Beheshtabad and Koohrang

Meisam Sadriazade¹ | Hossein Ghorbanizadeh Kharazi^{*2} | Hossein Eslami³ |
Hossein Fathian⁴ | Abdolrasoul Telvari⁵

1. Department of Civil Engineering-Water Resources Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. E-mail: m.sadriazade@gmail.com
2. Corresponding Author Department of Civil Engineering-Water Resources Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. E-mail: h.ghorbanizadeh@iau-shoushtar.ac.ir
3. Department of Civil Engineering-Water Resources Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. E-mail: eslamyho@gmail.com
4. Department of Water Resources Engineering, Ahwaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, Iran. E-mail: fathian.h58@gmail.com
5. Department of Civil Engineering, Ahwaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, Iran. E-mail: ab.telvari@iau.au.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 10.22.2021
Revised: 01.24.2022
Accepted: 03.16.2022

Keywords:
Climate Change,
Precipitation Phase,
RCPs,
Snow,
Winter Precipitation

Background and Objectives: When it comes to climate change, the first emphasis should be detecting these changes in high mountainous regions, since they will have a direct impact on water supplies in the major stems. In the Behesht Abad and Koohrang zones of Iran's central Zagros mountains, one of the country's highest mountain ranges, the influence of climate change on snow-rain phase separation in the future is investigated. Because of the Karun River's varied exploitation, understanding how it will evolve in the future and under the effect of climate change is critical. The aim of the research is to determine the consequences of climate change on precipitation in the region, particularly in terms of future changes in snow and rain phases.

Materials and methods: For this, the research region's precipitation, temperature, and precipitation type data from 1985 to 2018 were used. For the three scenarios RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5, the National Center for Environmental Protection's (NCEP) atmospheric reanalysis data and the CanESM2 model were used to forecast future climate change. Furthermore, the downscaling was done using the SDSM5.3 model. To find data patterns, the classic and modified Mann-Kendall tests were performed. Fixed temperature approaches, the UBC watershed model, the USCE model, and Kienzel's suggested method were utilized to separate the precipitation phase.

Results: To separate the precipitation phase throughout the fundamental period, observational reports were examined, and the approaches Kienzle and USCE gave satisfactory results. Climate change will also produce major changes in the precipitation temperature distribution in the examined mountain region in the future, according to the findings of this study. Also, a significant portion of the influence of climate change on the snow and rain phases. The modifications are done in such a way that rainfall will rise at higher temperatures and decrease at lower temperatures in the prediction period (2026-2060) compared to the observation period (1985-2018). The greatest total rainfall recorded at Shahrekord station during the observation period was 5.7 °C, which has fallen to 0 °C in the projected period. The temperature range of precipitation at this station was -10 to +18 degrees Celsius during the observation period, and will climb to an average of

-10 to +24 degrees Celsius for all three scenarios over the forecast period. The range of precipitation in the future and measurements at Koohrang station is essentially the same, but climate change has produced a rapid shift in the amount of precipitation in this temperature range. Over example, during the 34-year observation period, the greatest rainfall that occurred at a temperature of 1.6 °C was a total of 5700 mm, which was reduced to -1.6 °C and a value of 3700 mm owing to climate change for the next 34 years. The highest limit of the precipitation range at Boroojen station has increased from +18 °C in the historical era to +24 °C in the anticipated period as a result of the modifications.

Conclusion: The results of the trend test on the predicted data demonstrate that it is present in the monthly rainfall in the study stations in a substantial way. The temperature distribution of precipitation varies as a result of these changes, which are caused by the impacts of climate change on the study region.

Cite this article: Sadrianzade, Meisam, Ghorbanizadeh Kharazi, Hossein, Eslami, Hossein, Fathian, Hossein, Telvari, Abdolrasoul. 2022. Investigation of the impact of climate change on the trend and temperature distribution of precipitation phase in snow-rainy basin: Beheshtabad and Koohrang. *Journal of Water and Soil Conservation*, 28 (4), 77-100.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19626.3509

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روند و توزیع دمایی فاز بارش در حوضه برفی - بارانی بهشت آباد و کوهرنگ

میثم صدریانزاده^۱ | حسین قربانیزاده خرازی^{۲*} | حسین اسلامی^۳ | حسین فتحیان^۴ | عبدالرسول تلوری^۵

۱. گروه مهندسی عمران - مدیریت منابع آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: m.sadrianzade@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی عمران - مدیریت منابع آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: h.ghorbanizadeh@iau-shoushtar.ac.ir
۳. گروه مهندسی عمران - مدیریت منابع آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: eslamyho@gmail.com
۴. گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: fathian.h58@gmail.com
۵. گروه مهندسی عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: ab.telvari@iau.au.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: شناخت تأثیرات تغییر اقلیم در مناطق مرتفع کوهستانی به دلیل تأثیر مستقیم بر منابع آب در سرشاخه‌ها از اولویت بالاتری برخوردار است. منطقه بهشت آباد و کوهرنگ، که از جمله مرتفع‌ترین مناطق کوهستانی ایران می‌باشند به عنوان یکی از مهم‌ترین سرشاخه‌های رودخانه کارون بوده و تأثیر به‌سزایی در آورد این رودخانه دارند. با توجه به بهره‌برداری‌های چندجانبه از رودخانه کارون شناخت تغییرات آن در آینده و تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف این پژوهش شناخت تأثیرات تغییر اقلیم بر وضعیت بارش‌ها در منطقه موردنظر به‌خصوص از نظر تغییر در فاز برف و باران در دوره آینده می‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵	
واژه‌های کلیدی: بارش زمستانه، برف، تغییر اقلیم، فاز بارش، RCPs	مواد و روش‌ها: بدین منظور از داده‌های بارش، دما و نوع بارش به شکل روزانه و برای حوضه مورد مطالعه در دوره تاریخی ۲۰۱۸-۱۹۸۵ استفاده گردید. برای پیش‌بینی تغییرات آب و هوایی در آینده از مدل CanESM2 و تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 و داده‌های بازتحلیل شده جوی NCEP بهره‌برداری و هم‌چنین به‌منظور ریزمقیاس‌نمایی از مدل SDSM5.3 استفاده گردیده است. جهت بررسی روند داده‌ها از آزمون من-کندال و من-کندال اصلاحی پیشنهاد شده یو و ونگ استفاده گردیده است. جهت تفکیک فاز بارش از روش‌های دمای ثابت، مدل آبخیزداری UBS کانادا، مدل USCE و روش پیشنهادی کینزل استفاده گردیده است.
	یافته‌ها: جهت تفکیک فاز بارش ضمن بررسی روش‌های مختلف و مقایسه با گزارش‌های مشاهداتی در دوره پایه، نتیجه گردید دو روش کینزل و USCE نتایج رضایت‌بخشی ارائه می‌دهند. هم‌چنین در این پژوهش مشخص گردید در حوضه کوهستانی مورد مطالعه، در دوره

آینده تغییر اقلیم باعث اعمال تغییرات قابل توجهی در توزیع دمایی بارش‌ها گردیده و موجب کاهش تنوع در مقدار بارش‌ها نسبت به دوره تاریخی می‌شود. هم‌چنین بخش عمده‌ای از تأثیر تغییر اقلیم بر فاز بارش برف و باران می‌باشد. تغییرات ایجاد شده به شکلی است که در دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۶۰) نسبت به دوره مشاهداتی (۱۹۸۵-۲۰۱۸)، بارش باران در دماهای بالاتر افزایش و در دماهای پایین‌تر کاهش می‌یابد. در ایستگاه شهرکرد، در دوره مشاهداتی حداکثر بارش کل در دمای ۵/۷ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده که در دوره آینده به صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. گستره دمایی بارش نیز در این ایستگاه در دوره مشاهداتی در بازه دمایی منفی ۱۰ تا مثبت ۱۸ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده که در دوره آینده به‌طور متوسط برای هر سه سناریو به بازه منفی ۱۰ تا مثبت ۲۴ درجه افزایش می‌یابد. در ایستگاه کوهرنگ، گستره بارش‌ها در دوره آینده و مشاهداتی نسبتاً یکسان است اما تأثیرات تغییرات اقلیمی باعث تغییر شدید در مقدار بارش‌ها در این گستره دمایی گردیده است. به شکلی که به عنوان مثال در دوره ۳۴ ساله مشاهداتی حداکثر بارش‌ها که در دمای ۱/۶ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است به مقدار در مجموع ۵۷۰۰ میلی‌متر بوده، که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی برای دوره ۳۴ ساله آینده به دمای منفی ۱/۶ درجه سانتی‌گراد و مقدار ۳۷۰۰ میلی‌متر تغییر یافته است. در ایستگاه بروجن نیز تغییرات باعث افزایش حد بالایی دامنه دمایی بارش‌ها از مثبت ۱۸ درجه سانتی‌گراد در دوره تاریخی به مثبت ۲۴ درجه سانتی‌گراد در دوره پیش‌بینی گردیده است.

نتیجه‌گیری: بررسی آزمون روند بر روی داده‌های پیش‌بینی شده نشان‌دهنده وجود معنی‌داری آن در بارش‌های ماهانه در ایستگاه‌های مطالعاتی دارد. این تغییرات که ناشی از تأثیرات تغییر اقلیم بر منطقه مورد مطالعه می‌باشد، باعث تغییر توزیع دمایی بارش‌ها شده و به دنبال آن فاز بارش تغییر می‌نماید.

استناد: صدریان‌زاده، میثم، قربانی‌زاده خرازی، حسین، اسلامی، حسین، فتحیان، حسین، تلوری، عبدالرسول (۱۴۰۰). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روند و توزیع دمایی فاز بارش در حوضه برفی- بارانی بهشت‌آباد و کوهرنگ. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۸ (۴)، ۱۰۰-۷۷.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19626.3509



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

توپوگرافی به عنوان یکی از عوامل مهم در تقویت علائم تغییر اقلیم هم چون آب و هوای محلی و بازخوردهای سطح زمین از جمله مسائل مربوط به چرخه بارش و ذوب برف می باشد (۹، ۱۷). تأثیرات تغییر اقلیم بر مناطق کوهستانی نسبت به مناطق پست و هموار به مراتب بیش تر است (۲۸). تأثیرات مهم تغییر اقلیم بر روی مقدار و فراوانی وقوع رواناب سطحی و زمان آن، حجم جریان، رطوبت خاک، دمای آب، شدت سیلاب ها و تبخیر و تعرق می باشد. عواقب این تأثیر بر روی اجزای دیگر محیط زیست هم چون رشد گیاهان، وضعیت رسوب آبراهه ها، مواد غذایی، زندگی جانداران و وضعیت سطحی زمین مؤثر خواهد بود (۲۸، ۳۵). پژوهش های زیادی در خصوص تغییر اقلیم نشان داده که این تغییرات عمدتاً در ماه های زمستانی اتفاق افتاده و باعث ایجاد جابجایی در توزیع زمانی و مکانی آب شیرین ناشی از ذوب برف گردیده است (۳، ۴، ۶، ۲۱ و ۳۳).

مدل های جهانی تغییر اقلیم^۱ GCM ابزاری جهت شبیه سازی تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین هستند که اثر تغییر اقلیم را برای عناصر اتمسفری در شبکه هایی به ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ تا ۲۵۰×۲۵۰ کیلومتر مربع شبیه سازی می کنند. با توجه به بزرگ مقیاس بودن سلول های محاسباتی در خروجی مدل های GCM نسبت به منطقه مورد مطالعاتی، این داده ها نیاز به ریزمقیاس گردانی دارد (۲۹). در این پژوهش جهت ریزمقیاس گردانی از مدل SDSM 5.3 استفاده شده است.

مدل^۲ SDSM را اولین بار ویلی و همکاران (۲۰۰۲) به منظور ریزمقیاس نمایی داده های دما و بارش ارائه نمودند که اساس آن استفاده از روش های

رگرسیون و تولید داده های مصنوعی آب و هوایی برای ریزمقیاس نمایی می باشد (۳۰). خان و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی سه روش ریزمقیاس نمایی شامل مدل SDSM، مدل LARS-WG و مدل شبکه مصنوعی (ANN) را برای ریزمقیاس نمایی بارش روزانه، حداقل دمای روزانه و حداکثر دمای روزانه بررسی و نتیجه گرفتند روش SDSM بالاترین کارایی را بین این سه مدل دارد (۱۴). مالکولم و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی بارش های شمال غربی و جنوب شرقی انگلستان نشان دادند از بین چند مدل آماری و دینامیکی مورد استفاده، مدل SDSM در اکثر موارد نتایج بهتری نسبت به دیگر مدل ها ارائه داد است (۲۰). گودرزی و همکاران با استفاده از مدل SDSM تغییرات آب و هوایی کرمانشاه در ایران را بررسی کردند و نشان دادند SDSM دمای حداقل و حداکثر را به خوبی مدل نموده است (۱۰). بقانام و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهشی جهت پیش بینی دمای شهر تبریز نشان دادند هر دو مدل LARS و SDSM عملکردی مشابه دارند (۲). زهیری و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی که در شهر اراک انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مدل SDSM در شبیه سازی دمای حداکثر و بارش عملکرد بهتری نسبت به دمای حداقل داشته و مدل LARS در شبیه سازی دمای حداقل و حداکثر دقت مناسب تری نسبت به بارش دارد (۳۵). لطفی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی دمای بیشینه در ۱۷ ایستگاه در غرب ایران نشان دادند مدل SDSM از دقت بالاتری نسبت به مدل LARS برخوردار است (۱۸).

نیوتن و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تغییرات الگوی بارش منطقه Alberta در کانادا دریافتند علی رغم کاهش طول دوره زمستان و کاهش مقدار بارش ها و تبدیل فاز بارش از برف به باران در دوره های تاریخی، افزایش بارش های دوره آینده

1- Global Climate Models
2- Statistical Down Scaling Model

Satluj در هیمالیای غربی دریافتند تغییرات آب و هوایی آینده از نظر میزان بارش و دما باعث گرم‌تر و مرطوب‌تر شدن منطقه می‌گردد. ایشان پیش‌بینی کردند تحت‌تأثیر سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 بارش تا اواخر قرن جاری به مقدار ۱۴٪ تا ۲۱٪ نسبت به بارش میانگین سالانه فعلی افزایش می‌یابد و پیرو این افزایش رواناب جاری در رودخانه مورد مطالعه نیز براساس شبیه‌سازی با مدل SWAT بین ۱۱٪ تا ۱۹٪ افزایش می‌یابد (۲۷). کینزل (۲۰۰۸) با بررسی فراوانی بارش برف و باران در گروه‌های دمایی $0/5^{\circ}\text{C}$ نسبت به ارائه رابطه‌ای جهت تفکیک فاز برف و باران اقدام نمود (۱۶). رضیئی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی چندین روش تفکیک فاز بارش در منطقه کوهستانی زاگرس در ایران نشان دادند مدل پیشنهادی USCE و مدل کینزل نتایج مطلوبی ارائه می‌دهد (۲۴).

تغییر در مقدار و نوع بارش‌های منطقه بهشت‌آباد و کوه‌رنگ در استان چهارمحال و بختیاری در ایران که از جمله سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون می‌باشند تأثیر به‌سزایی در دبی این رودخانه خواهد داشت. پتانسیل این تغییرات تحت تأثیرات تغییر اقلیم به شکل عمده در مقدار، فاز باران- برف، دمای بارش و همچنین جابجایی زمان بارش‌ها مؤثر خواهد بود. این تغییرات در دبی رودخانه کارون به‌عنوان بلندترین و پر آب‌ترین رودخانه ایران بر عوامل اصلی اقتصاد از جمله کشاورزی، تولید برق، گردشگری، حفظ محیط زیست و همچنین تولید آب شهری و مسائل اجتماعی مؤثر خواهد بود.

هدف اصلی این پژوهش تعیین بهترین مدل برای تفکیک فاز بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه، و سپس ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر مقدار و زمان بارش‌ها با تمرکز بر تغییر فاز برف- باران در دوره آینده برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد که با توجه به سطح بالای بهره‌برداری پایین‌دست از رودخانه کارون

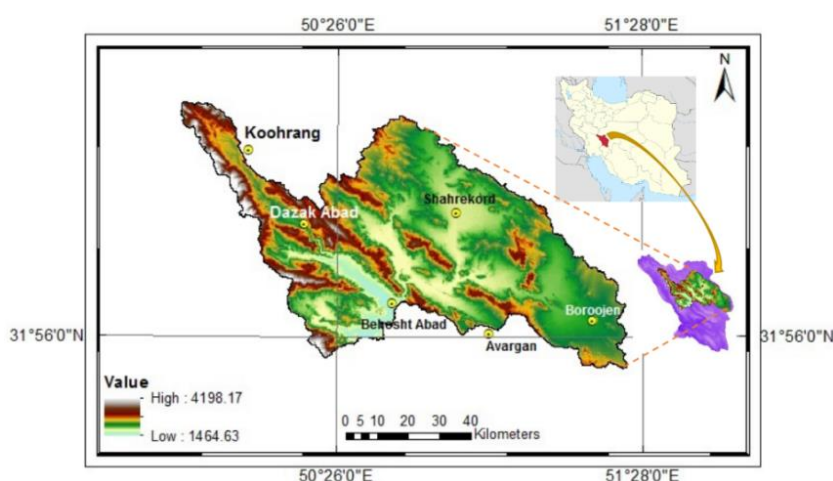
عمدتاً به شکل باران و بارش‌های شدید و نادر تاریخی اتفاق می‌افتد. پژوهش‌های ایشان نشان داد مجموع بارش‌های نوامبر-آپریل در دوره آینده تحت سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 افزایش یافته و برای مناطق کوهستانی بارش تجمعی زیر دمای 1°C که دمای آستانه برف- باران می‌باشد، در دوره آینده افزایش می‌یابد، این افزایش با تأثیر کاهش طول دوره زمستان جبران می‌گردد (۲۱). لوته و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی بارش‌های حدی در غرب آمریکا با استفاده از خروجی‌های مدل GCM نشان دادند تأثیر تغییر اقلیم جز در کوهستان‌های بسیار سرد راکی در باقی مناطق باعث کاهش بارش برف‌های حدی می‌گردد (۱۹). دی‌ورس و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهشی با بررسی بارش‌های حدی در غرب و مرکز اروپا به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم در قسمت‌های سرد کوه‌های آلپ باعث افزایش و در دیگر قسمت‌ها باعث کاهش بارش‌های حدی برف می‌گردد (۵). ثقفیان و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی بارش‌های منطقه کوهستانی زاگرس، دمای میانگین آستانه ریزش برف را برای کل منطقه و همه ماه‌ها $2/4^{\circ}\text{C}$ و بیش‌ترین مقدار آن در بهمن ماه برابر $2/4^{\circ}\text{C}$ نشان دادند (۲۶). دینی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی در منطقه البرز مرکزی دمای میانگین روزانه آستانه ریزش برف را برابر $2/9$ درجه سانتی‌گراد معرفی کردند (۷). خزائی و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر بارش برف منطقه تهران، دمای آستانه ریزش برف برای ایستگاه مهرآباد را برابر $2/9$ درجه سانتی‌گراد معرفی کردند (۱۵). ثقفیان و داوطلب (۲۰۰۷) با بررسی ویژگی‌های بارش در منطقه زاگرس در ایران سهم ریزش برف از کل بارش‌ها را در این منطقه بین ۳۰ تا ۶۰ درصد برآورد نمودند (۲۵، ۲۶). شوکلا و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیرات تغییر اقلیم در بالادست رودخانه

آوریل و به ندرت در اکتبر اتفاق می‌افتد. برف تجمع یافته در این ماه‌ها به عنوان ذخیره‌ای برای ماه‌های جوئن تا سپتامبر که معمولاً بدون بارش بوده و یا بارش به ندرت اتفاق می‌افتد محسوب می‌شود. مساحت کل حوضه آبریز کارون بیش از ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع می‌باشد که حوضه بهشت‌آباد و کوه‌رنگ به مساحتی حدود ۷۶۶۵ کیلومتر مربع یکی از مهم‌ترین زیرحوضه‌های آن با پتانسیل بارش برف در این سرشاخه‌ها می‌باشد. بنابراین بررسی مقدار، نوع و زمان بارش‌ها در این زیرحوضه‌ها اهمیت به‌سزایی دارد. در منطقه مورد مطالعه، بیش از ۳۰ ایستگاه هواشناسی وجود دارد که در این پژوهش پس از بررسی وضعیت داده‌های ایستگاه‌ها، شش ایستگاه شهرکرد، بروجن، کوه‌رنگ، بهشت‌آباد، دزک‌آباد و آورگان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و جدول ۱ مشخصات مکانی، دمایی و بارش حداکثر این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

در بخش‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، تولید برق، توازن اکولوژیکی و محیط زیستی، و همچنین شرایط خاص اقتصادی-اجتماعی، پیش‌بینی این تغییرات جهت مدیریت بهینه بهره‌برداری ضروریست.

مواد و روش‌ها

حوضه بهشت‌آباد و کوه‌رنگ در ایران به عنوان سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون، در شمال و شمال شرق استان چهارمحال و بختیاری و در طول جغرافیایی $0^{\circ}50'$ تا $24^{\circ}51'$ شرقی و $31^{\circ}54'$ تا $28^{\circ}32'$ شمالی قرار دارند. رودخانه کارون بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه ایران می‌باشد که در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان جاری است. محدوده حوضه آبریز آن در استان‌های خوزستان، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و اصفهان قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در اقلیم سردسیر و پر ارتفاع کوهستانی بوده و در تقسیم‌بندی اقلیمی طبق منحنی آمبزه دارای اقلیم نیمه مرطوب سرد می‌باشد. بارش برف معمولاً در ماه‌های نوامبر تا



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. The geographical location of the study region.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و آب و هوایی ایستگاه‌های مطالعاتی.

Table 1. Geographical and weather specifications of studied stations.

ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع	حداکثر دمای ماکزیمم (°C)	حداقل دمای مینیمم (°C)	حداکثر بارش (mm)
Station	Lat	Lon	Elevation (AMSL)	Maximum T _{max} (°C)	Minimum T _{min} (°C)	Maximum Precipitation (mm)
شهرکرد Shahrekord	۳۲°۱۹'	۵۰°۵۲'	2049	41	-30	76
بروجن Borujen	۳۱°۵۷'	۵۱°۱۶'	2260	37.5	-42	51
کوه‌رنگ Koohrang	۳۲°۲۷'	۵۰°۷'	2365	35	-28.8	177
بهشت‌آباد Behesht Abad	۳۲°۱۱'	۵۰°۳۷'	1705	42	-21	90
آورگان Avargan	۳۱°۵۴'	۵۰°۵۷'	2380	45.4	-20	125
دزک‌آباد Abad Dazak	۳۲°۱۵'	۵۰°۱۹'	2261	39	-25.5	155

یکی از مهم‌ترین ابزارهای کاربردی در مطالعات تغییر اقلیم، مدل‌های گردش کلی (GCMs) می‌باشد. با توجه به بزرگ مقیاس بودن سلول‌های محاسباتی در خروجی مدل‌های GCM نسبت به منطقه مورد مطالعاتی، این داده‌ها نیاز به ریزمقیاس‌گردانی دارد (۲۹). در تهیه گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم از برون داد مدل‌های سری CMIP5 استفاده گردیده است. در این پژوهش جهت پیش‌بینی تغییرات در آینده از مدل CanEsm2 که توسط CCCMA^۱ تهیه شده، استفاده گردیده است. CanESM2 دارای سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 می‌باشد. در این مدل داده‌های تولید شده برای دوره پایه از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ و برای دوره آینده از سال ۲۰۰۶ تا ۲۱۰۰ می‌باشد. شایان ذکر است در زمان تهیه این پژوهش، از بین مدل‌های گزارش پنجم برای منطقه مورد نظر فقط داده‌های مدل CanESM2 در دسترس

داده‌های مورد نیاز این پژوهش شامل دمای ماکزیمم، دمای مینیمم، دمای متوسط، بارش و گزارش تعداد بارش برف و باران در مقیاس روزانه بوده است. از بین شش ایستگاه نهایی مورد مطالعه، سه ایستگاه شهرکرد، کوه‌رنگ و بروجن دارای داده‌های ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بوده که از سازمان هواشناسی کشوری ایران دریافت شده و سه ایستگاه بهشت‌آباد، آورگان و دزک‌آباد دارای ایستگاه هواشناسی کلیماتولوژی بوده که اطلاعات مورد نظر از اداره آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری دریافت شده است. ضمن انجام عملیات مقدماتی جهت کنترل کیفیت آماری داده‌ها، پایه زمانی مشترک برای تمامی ایستگاه‌ها از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ انتخاب گردید. جهت تکمیل داده‌های دارای نقص و یا داده‌های گمشده برای بارش از روش‌های نسبت نرمال و یا رگرسیون چندگانه و برای دما نیز از روش رگرسیون چندگانه (با توجه به همبستگی بالای ایستگاه‌ها) استفاده گردیده است.

1- Canadian Center for Climate and Analysis

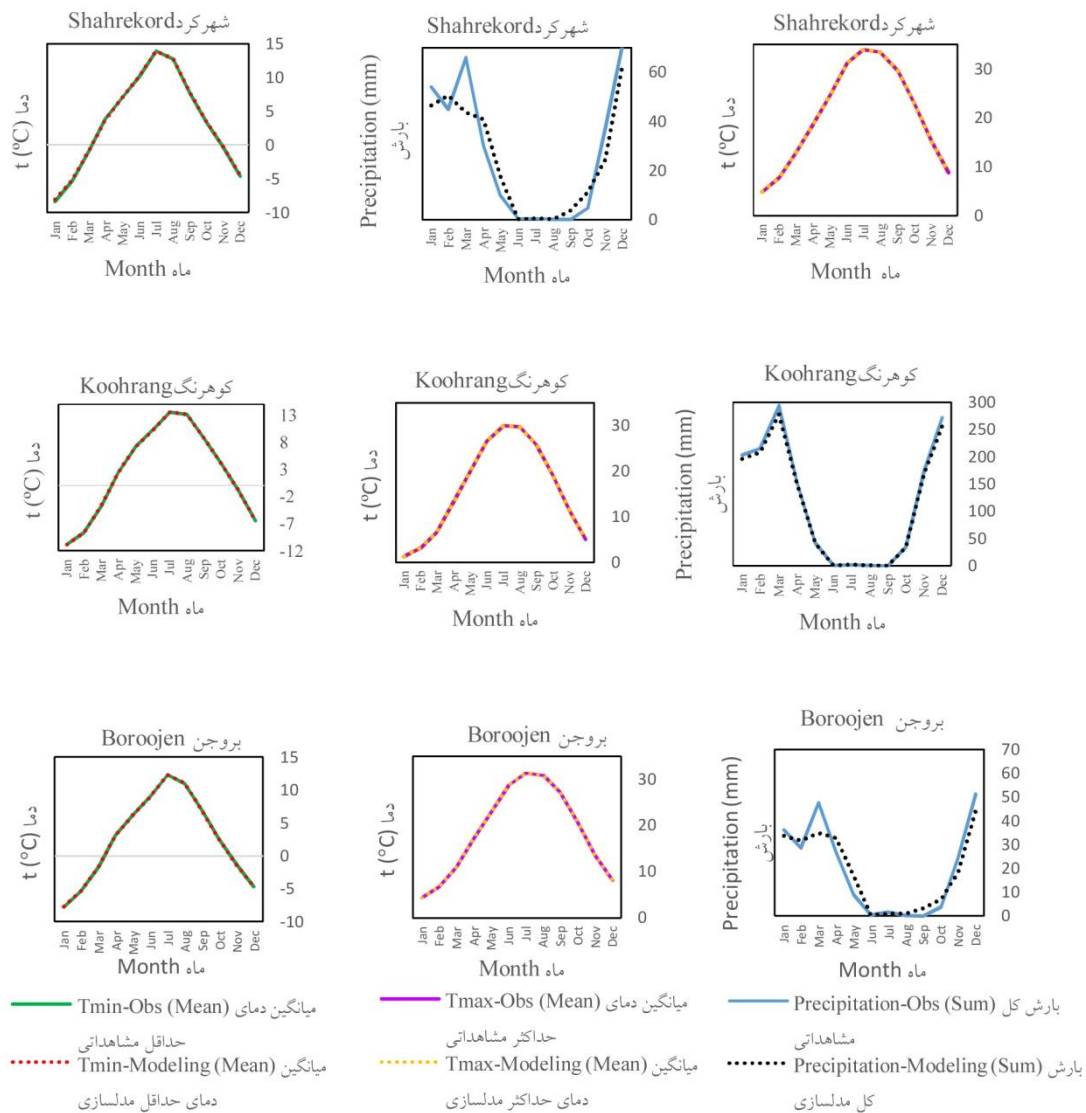
بوده است.

مدل‌سازی داده‌های روزانه مورد نظر نیاز به داده‌های بازتحلیلی NCEP می‌باشد. NCEP دارای ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس می‌باشد که SDSM متغیرهای دارای بالاترین همبستگی و هم‌چنین قوی‌ترین واریانس‌ها را با داده‌های مشاهداتی معرفی می‌نماید. متغیرهای منتخب به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار در نتایج به‌دست آمده می‌باشد. به‌منظور انتخاب این متغیرها SDSM بین داده‌های مشاهداتی و NCEP با محاسبه ضریب تبیین (R^2)، ضریب همبستگی جزئی و نمودار پراکنش متغیرها، امکان انتخاب بهترین متغیرها از بین متغیرهای NCEP را برای کاربر امکان‌پذیر می‌کند. سپس با استفاده از متغیرهای منتخب معرفی شده NCEP، داده‌های مدل CanESM2 و داده‌های تاریخی، برای دوره آینده تولید سناریو می‌گردد. در این پژوهش داده‌های دوره آینده تحت سه سناریو RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 برای سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰ برای دما و بارش تولید گردیده است. شکل ۲ مقایسه بین داده‌های تولید شده و مشاهداتی در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) برای میانگین دمای حداقل و حداکثر و هم‌چنین مجموع بارش برای سه ایستگاه شهرکرد، کوهرنگ و بروجن در مقیاس ماهانه توسط مدل SDSM و داده‌های NCEP می‌باشد و نشان‌دهنده مطابقت خوب داده‌های مشاهداتی و خروجی مدل در دوره پایه می‌باشد.

هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در گزارش پنجم خود (AR5) جهت تفکیک سیر مختلف تولید گازهای گلخانه‌ای از سناریوهای RCP استفاده نموده است. این سناریوها که تأثیر انباشت گازهای گلخانه‌ای بر واداشت تابشی بر سطح زمین را نشان می‌دهند در سناریوهای مختلف RCP 6، RCP 4.5، RCP 2.6 و RCP 8.5 تفکیک گردیده‌اند. در این پژوهش از سه سناریو RCP 8.5، RCP 4.5، RCP 2.6 استفاده گردیده است.

جهت تولید این داده‌ها علاوه بر داده‌های تاریخی و خروجی مدل CanESM2، به داده‌های بازتحلیل شده جو NCEP نیز نیاز می‌باشد که در دوره مشابه دوره پایه مورد بهره‌برداری واقع می‌شوند. داده‌های تاریخی مدل CanESM2 تا سال ۲۰۰۵ با به‌کارگیری داده‌های بازتحلیلی NCEP برای واسنجی و طراحی روابط ریزمقیاس‌گردانی، و داده‌های سال ۲۰۰۶ تا ۲۱۰۰ برای برآورد اثرات تغییر اقلیم در دهه‌های آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ریزمقیاس‌نمایی و تولید سناریو: در این پژوهش جهت ریزمقیاس‌نمایی از مدل SDSM 5.3 استفاده گردیده است. SDSM اولین بار توسط ویلی و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر اساس ترکیبی از روش‌های رگرسیونی و تولید داده‌های آب و هوایی مصنوعی برای ریزمقیاس‌نمایی تهیه گردید (۳۰). برای



شکل ۲- مقایسه میانگین دمای حداقل و حداکثر و مجموع بارش ماهانه بین داده‌های مشاهداتی و تولید شده توسط SDSM در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵).

Figure 2. Comparison of average monthly minimum and maximum temperatures and total monthly precipitation between observational data and produced by SDSM in the base period (1985-2005).

همکاران (۱۹۸۴) دلایل استفاده از آزمون‌های ناپارامتری را در مطالعات مربوط به روند به‌طور مبسوط شرح داده‌اند (۱۲). شرط استفاده از این آزمون‌ها، عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. اثر وجود خودهمبستگی در تحلیل روند با روش‌های ناپارامتری

برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیکی اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. آزمون‌های ناپارامتری^۱ برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست و یا دارای داده‌های بریده شده باشند، مناسب‌تر هستند (۸). هرش و

1- Non parametric

تفکیک فاز برف و باران: جهت مطالعه و برنامه‌ریزی منابع آب، وضعیت بارش برف از اهمیت بالایی برخوردار است. در این خصوص علاوه بر مقدار بارش برف و درصد آن از کل بارش‌ها، زمان و دمای بارش نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین برف تأثیر به‌سزایی بر وضعیت رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و تعادل هیدرولوژیکی منطقه دارد. در این خصوص دمای آستانه ریزش برف نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد نیاز جهت مطالعات هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای تفکیک فاز برف و باران از یکدیگر روابط مختلفی پیشنهاد گردیده که به‌طور کل در چهار گروه تقسیم‌بندی می‌گردند: (۱) روش استاتیکی، (۲) روش انتقال خطی، (۳) استفاده از دمای ماکزیمم و دمای مینیمم، (۴) رسم منحنی sigmoidal (۲۴). روش استاتیکی ساده‌ترین روش برای تفکیک فاز بارش می‌باشد. در این روش یک آستانه دمایی ثابت در نظر گرفته می‌شود و بارش‌هایی که دمای متوسط روزانه آن‌ها پایین‌تر از این دما باشد برف و بارش‌هایی که بالاتر از این دمای ثابت باشد باران در نظر گرفته می‌شود (۲۴). در روش‌های تفکیک فاز بارش توسط انتقال خطی، به‌جای استفاده از یک مقدار دمایی ثابت، از یک رابطه خطی بین تبدیل فاز بارش در دماهای مختلف استفاده می‌گردد. یکی از مدل‌های خطی مورد استفاده در این پژوهش، مدل ارائه شده آبخیزداری UBS کانادا می‌باشد. این مدل به شکل مجموعه رابطه ۱ ارائه شده است (۱۶، ۲۳):

توسط حامد و راتو (۱۹۹۸) و سپس یو و ونگ (۲۰۰۴) مورد ارزیابی قرار گرفت. آن‌ها روابط نظری برای حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار را ارائه نموده و از روش پیشنهادی برای بررسی روند داده‌های بارش و جریان استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در تحلیل روند، استفاده از آزمون من-کندال^۱ با حذف اثر خودهمبستگی (یا آزمون من کندال اصلاح شده) نسبت به آزمون من-کندال کلاسیک نه تنها از دقت بهتری برخوردار است، بلکه از توان آزمون نیز کاسته نمی‌شود (۱۱، ۳۱). در مطالعات متعددی هم‌چون خلیلی و همکاران (۲۰۱۶)، احمدی و همکاران (۲۰۱۸)، زمانی و همکاران (۲۰۱۸) از آزمون من کندال اصلاح شده برای بررسی روند تغییرات پارامترهای هیدرولوژیک استفاده شده و روابط ریاضی مربوطه به‌طور مبسوط در این منابع ذکر گردیده است (۱۳، ۱۳ و ۳۲). در این پژوهش بررسی روند سری‌های زمانی از روش من-کندال و برای داده‌هایی که دارای همبستگی سریالی هستند از روش من-کندال اصلاحی به روش یو و ونگ و به کمک نرم‌افزار XLSTAT و در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده گردیده است. جهت تعیین شیب روند یک سری زمانی معمولاً از روش TSA استفاده می‌گردد. TSA یک آزمون ناپارامتریک ارائه شده توسط تیل (۱۹۵۰) و سن (۱۹۶۸) که در سری‌های هیدرولوژیکی دارای کاربرد بالایی می‌باشد. این آزمون زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود یک روند خطی باشد. این آزمون به شکل مبسوط در (۲۲) ارائه گردیده است و در این پژوهش در سطح اعتماد ۹۵٪ بررسی گردیده است.

1- Mann Kendall

$$\begin{aligned} \text{for } T \leq 0.6 \text{ } ^\circ\text{C} : & \quad \text{تمام بارش به برف تبدیل می‌گردد} \\ \text{for } T > 0.6 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ and } T < 3.6 \text{ } ^\circ\text{C} : & \quad \text{نسبت بارش باران} = (T/3) - 0.2 \\ \text{for } T \geq 3.6 \text{ } ^\circ\text{C} : & \quad \text{تمام بارش به باران تبدیل می‌گردد} \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن، T میانگین دمای روزانه هوا در نزدیک سطح زمین به درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مدل خطی دیگر استفاده شده در این پژوهش، مدل پیشنهادی مهندسين ارتش آمریکا USCE می‌باشد. این مدل به شکل روابط ۲ ارائه شده است (۱۶، ۲۴ و ۲۸):

$$r_p = \begin{cases} \text{for } T \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C} & 0 \\ \text{for } 0 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 2 \text{ } ^\circ\text{C} & -54.632 + 0.2(T + 273.16) \\ \text{for } T \geq 2.5 \text{ } ^\circ\text{C} & 1 \end{cases} \quad (2)$$

در رابطه ۲، r_p بیانگر نرخ ریزش باران به کل بارش و T دمای میانگین روزانه می‌باشد. روش دیگر مورد استفاده در این پژوهش جهت تفکیک فاز بارش، روش پیشنهادی کینزل (۲۰۰۸) است. کینزل با رسم نمودار فراوانی برف و باران به‌ازای گروه‌های دمایی نیم درجه‌ای و سپس استخراج

اطلاعاتی شامل آستانه دمایی که در آن سهم ریزش برف و یا باران مساوی ۵۰ درصد است و همچنین دامنه‌ای از دما که در آن وقوع هر دو نوع بارش برف و باران محتمل است (T_R)، نسبت به ارائه رابطه ۳ اقدام نمود (۱۶):

$$\text{برای } T \leq T_T \text{ and } P_{rain} \geq 0 : \quad (3)$$

$$P_{Rain} = 5 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right)^3 + 6.76 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right)^2 + 3.19 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right) + 0.5$$

$$\text{برای } T \geq T_T \text{ and } P_{rain} \leq 1 :$$

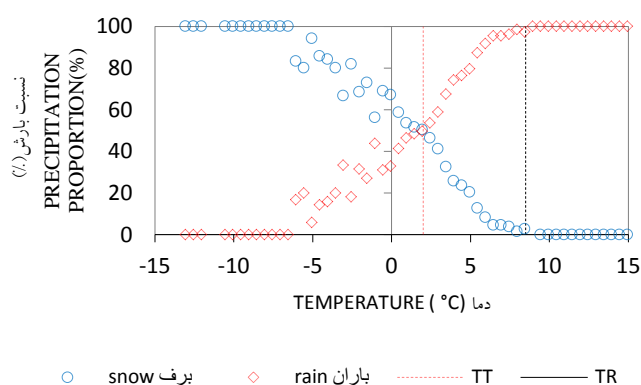
$$P_{Rain} = 5 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right)^3 - 6.76 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right)^2 + 3.19 \times \left(\frac{T - T_T}{1.4 \times T_R} \right) + 0.5$$

این ایستگاه $T_T = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ و $T_R = 1/5 \text{ } ^\circ\text{C}$ به‌دست آمده است. در این پژوهش به منظور تفکیک فاز بارش برف و باران برای سه ایستگاه شهرکرد، کوه‌رنگ و بروجن ابتدا داده‌های هواشناسی از ایستگاه‌های سینوپتیکی شامل دمای مینیمم روزانه، دمای ماکزیمم روزانه، دمای میانگین روزانه، مجموع بارش روزانه، تعداد

در رابطه ۳، P_{rain} نسبت بارش باران از بارش کل است که عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد، T میانگین دمای هوا است. T_T و T_R هر سه بر حسب درجه سانتی‌گراد ($^\circ\text{C}$) می‌باشند. شکل ۳ نمودار فراوانی وقوع برف و باران به ازای گروه‌های ۰/۵ درجه‌ای دمای هوا برای ایستگاه شهرکرد را نشان می‌دهد. برای

به تفکیک فاز بارش برای داده‌های تولید شده دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۶۰) تحت سه سناریو RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 در مقیاس روزانه اقدام گردید. پس از ارزیابی مدل‌ها و مقایسه داده‌های مشاهداتی و تولید شده توسط هر سه مدل در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸)، مشخص گردید برای ایستگاه‌های شهرکرد و کوهرنگ مدل کینزل و برای ایستگاه بروجن مدل USCE نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهند.

گزارش بارش برف روزانه، تعداد گزارش‌های بارش باران روزانه و تعداد گزارشات بارش برف و باران روزانه دریافت گردید. سپس با استفاده از روش‌های USCE، UBS و کینزل نسبت به تفکیک فاز بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و مقایسه با داده‌های مشاهده شده اقدام گردید و برای هر ایستگاه نزدیک‌ترین مدل پیش‌بینی شده به مشاهداتی انتخاب شد. سپس با استفاده از مدل پیش‌بینی منتخب، نسبت



شکل ۳- نمودار نسبت فراوانی وقوع برف و باران در گروه‌های دمایی ۰/۵ درجه به روش کینزل برای ایستگاه شهرکرد.

Figure 3. Precipitation frequency proportion in 0.5 °C temperature groups by the Kienzle method in the Shahrekord station.

مدل (EF)، آماره اریب (BIAS) و مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده (NMSE) استفاده گردیده است. جدول ۲ نتایج ارزیابی این سنجه‌ها را برای بارش سه ایستگاه شهرکرد، کوهرنگ و بروجن نشان می‌دهند.

جهت ارزیابی دقت مدل‌ها، برای هر ایستگاه داده‌های تولید شده در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸) با داده‌های مشاهداتی در همین دوره توسط شش سنجه ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربع خطا (RMSE)، شاخص توافق ویلموت، شاخص کارایی

جدول ۲- نتایج ارزیابی دقت مدل‌های تفکیک فاز بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵).

Table 2. Results of evaluation of precipitation phase separation models in the base period (1985-2005).

شهرکرد Shahrekord			کوهرنگ Koohreng			بروجن Boroojen			سنجه Evaluator
UBS	KIENZEL	USCE	UBS	KIENZEL	USCE	UBS	KIENZEL	USCE	
0.94	0.95	0.94	0.60	0.64	0.59	0.93	0.93	0.93	R^2
0.74	0.70	0.76	5.93	4.67	6.20	0.72	0.69	0.66	RMSE
0.99	0.99	0.98	0.95	0.98	0.96	0.99	0.99	0.99	VITTMOLL
0.94	0.94	0.90	0.82	0.80	0.74	0.97	0.96	0.97	EF
0.00	0.00	0.00	0.01	-0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	BIAS
0.06	0.06	0.10	0.18	0.20	0.26	0.03	0.04	0.03	NMSE

نتایج و بحث

روند بارش در دو مقیاس سالانه و ماهانه به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ در هر شش ایستگاه مطالعاتی و برای داده‌های مشاهداتی (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و داده‌های پیش‌بینی در سه سناریو RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دوره پیش‌بینی (۲۰۲۰-۲۰۶۰) به روش من-کندال و در سطح معنی‌داری ۹۵٪ بررسی گردیده است. برای داده‌هایی که دارای خودهمبستگی هستند از روش من-کندال اصلاح شده به روش یو و ونگ استفاده شده است. در بررسی روند سالانه بارش در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۸) در ایستگاه‌های آورگان و بروجن روند منفی مشاهده شده است. برای دوره پیش‌بینی (۲۰۲۰-۲۰۶۰) برای هر سه سناریو روند معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد مشاهده نگردید. در بررسی روند ماهانه بارش‌ها در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۸)، ایستگاه بهشت‌آباد در ماه Mar، ایستگاه کوه‌رنگ در ماه Des و شهرکرد در ماه Feb دارای روند منفی می‌باشند. روند بقیه ایستگاه‌ها در دوره مشاهداتی فاقد معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد می‌باشد. در بررسی روند بارش‌ها در دوره پیش‌بینی (۲۰۲۰-۲۰۶۰) با در نظر گرفتن سناریو RCP 2.6، برای بهشت‌آباد در Apr و Oct روند منفی، بروجن در Jan و Mar روند منفی، دزک‌آباد در Apr روند مثبت و در Dec روند منفی، کوه‌رنگ در Dec روند منفی و شهرکرد در Jan روند مثبت پیش‌بینی می‌گردد. هم‌چنین با در نظر گرفتن سناریو RCP 4.5،

آورگان در Jul روند منفی، بروجن در Feb و Oct روند منفی و در Nov روند مثبت، کوه‌رنگ در Mar روند مثبت و در Apr و May روند منفی و شهرکرد در Oct روند منفی پیش‌بینی می‌گردد. برای RCP 8.5 نیز آورگان در Feb روند منفی و در Nov و May روند مثبت، دزک‌آباد در Mar روند منفی، کوه‌رنگ در May و Nov روند مثبت و شهرکرد در Jan روند منفی پیش‌بینی می‌گردد.

تفکیک فاز بارش: جهت تفکیک فاز بارش برف و باران سه روش کینزل، UBS و USCE استفاده گردیده که پس از بررسی توسط سنج‌های ارزیابی نتیجه گردید که برای ایستگاه‌های شهرکرد و کوه‌رنگ مدل کینزل و برای ایستگاه بروجن مدل USCE نتایج رضایت‌بخش‌تری ارائه می‌دهند. جدول ۵ پارامترهای به‌دست آمده حاصل از رسم نمودار فراوانی وقوع بارش برف و باران به ازای گروه‌های دمایی ۰/۵ درجه سانتی‌گرادی برای ایستگاه‌های مطالعاتی در روش کینزل را نشان می‌دهد. در جدول ۵، T_T آستانه دمایی که در آن ۵۰ درصد بارش‌ها به شکل باران (یا برف)، T_R دامنه‌ای از دما است که هر دو فاز بارش در آن اتفاق می‌افتد، و $T_{s90\%}$ و $T_{f90\%}$ به ترتیب نشان‌دهنده آستانه‌ای از دما هستند که در زیر آن بیش از ۹۰ درصد بارش‌ها به شکل برف و بالای آن بیش از ۹۰ درصد بارش‌ها به شکل باران می‌باشد ($^{\circ}C$).

جدول ۳- روند سالانه بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۶۰).

Table 3. Annual precipitation trend in the basic period (1985-2018) and future period (2020-2060).

مشاهداتی (1985-2018) OBS		RCP 2.6 (2020-2060)				RCP 4.5 (2020-2060)				RCP 8.5 (2020-2060)			
نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope	Sen's slope
P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value	P-value
Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau	Kendall's tau
نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
0.21	-0.15	-0.7	-0.09	-0.09	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.09	0.21	-2.6	-0.09	-0.09	0.09	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
0.23	-0.15	0.7	0.03	0.03	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.04	-0.09	0.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.07	-0.22	-0.7	-0.04	-0.04	0.86	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
<0.00	-0.16	-0.2	-0.02	-0.02	0.60	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
-3.3	-0.16	-0.2	-0.02	-0.02	0.9	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42
Avargan	Avargan	Behesht Abad	Behesht Abad	Behesht Abad	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen	Borojoen
Station	Station	Dazak Abad	Dazak Abad	Dazak Abad	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang	Koohrang
Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd	Shahrekd

** معنی داری در سطح ۹۵٪

جدول ۴- الف- روند ماهانه بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۶۰).

Table 4a. Precipitation monthly trend in the basic period (1985-2018) and future period (2020-2060).

RCP 8.5 (2020-2060)			RCP 4.5 (2020-2060)			RCP 2.6 (2020-2060)			مشاهداتی (1985-2018) OBS		
نتیجه	Sens slope	P-value	نتیجه	Sens slope	P-value	نتیجه	Sens slope	P-value	نتیجه	Sens slope	P-value
نتیجه	Kendall's tau	نتیجه	Kendall's tau	نتیجه	Kendall's tau	نتیجه	Kendall's tau	نتیجه	Kendall's tau	نتیجه	Kendall's tau
نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
**	-0.1	0.90	-0.02	-0.6	0.28	-0.10	-0.3	0.74	-0.04	-0.4	0.50
	-1.4	<0.00	-0.29	0.2	0.75	0.04	0.0	0.86	0.01	-0.5	0.62
	0.5	0.48	0.08	0.3	0.25	0.05	0.2	0.67	0.05	-1.6	0.15
**	-0.2	0.70	-0.04	0.0	0.97	0.01	0.1	0.79	0.03	0.3	0.84
	0.5	0.04	0.23	-0.2	0.13	-0.07	0.1	0.73	0.04	0.3	0.38
	0.0	0.16	0.17	0.0	0.21	-0.16	0.0	0.16	-0.20	0.0	0.33
	0.0	0.92	-0.01	-0.1	0.03	-0.02	0.0	0.37	-0.10	0.0	0.45
	0.0	0.06	0.22	0.0	0.37	0.08	0.0	0.37	-0.11	0.0	0.35
	0.0	0.92	-0.01	0.0	0.08	0.22	0.0	0.28	-0.14	0.0	0.04
**	-0.2	0.14	-0.16	-0.2	0.24	-0.13	0.0	0.92	-0.01	0.1	0.55
	0.7	0.00	0.15	0.1	0.54	0.03	-0.2	0.18	-0.04	0.4	0.69
	-0.3	0.65	-0.05	-0.1	0.84	-0.02	0.3	0.74	0.04	-1.6	0.18
	-0.3	0.67	-0.05	0.2	0.70	0.04	-0.2	0.33	-0.03	-0.4	0.65
	0.6	0.55	0.07	-0.9	0.42	-0.09	0.2	0.62	0.02	-1.0	0.38
	-0.6	0.16	-0.16	-0.3	0.49	-0.08	-0.8	0.17	-0.15	-2.5	0.03
	0.3	0.58	0.06	0.1	0.75	0.04	-0.5	<0.0001	-0.14	0.9	0.29
	0.2	0.63	0.05	0.1	0.74	0.04	0.0	0.99	0.00	0.3	0.36
	0.0	0.85	0.03	0.0	0.71	0.05	0.0	0.25	-0.15	0.0	0.82
	0.0	0.11	-0.10	0.0	0.52	0.09	0.0	0.68	0.06	0.0	0.65
	0.0	0.07	-0.15	0.0	0.33	-0.08	0.0	0.81	-0.04	0.0	0.10
	0.4	0.12	0.17	0.1	0.48	0.08	0.1	0.73	0.04	0.0	0.69
	-0.2	0.58	-0.06	-0.2	0.74	-0.04	0.0	0.97	0.01	0.0	0.54
	0.2	0.32	0.11	0.5	0.15	0.16	-0.3	0.56	-0.07	1.1	0.30
	0.3	0.68	0.05	0.2	0.92	0.01	1.6	0.04	0.23	-1.9	0.11

** دارای معنی داری در سطح ۱٪

جدول ۴-ج - روند ماهانه بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۶۰).

مشاهداتی OBS(1985-2018)

RCP 8.5 (2020-2060)		RCP 4.5 (2020-2060)		RCP 2.6 (2020-2060)		مشاهداتی OBS(1985-2018)	
نتیجه	Sen's slope	P-value	Kendall's tau	نتیجه	Sen's slope	P-value	Kendall's tau
	-0.3	0.83	-0.03		-0.8	0.51	-0.07
	-1.7	0.17	-0.15		-0.3	0.35	-0.03
	0.8	0.81	0.03	**	-0.5	0.49	-0.08
	-0.2	0.79	-0.03	**	-0.4	0.60	-0.06
**	0.4	0.00	0.11	**	0.1	0.38	0.04
	0.0	0.15	-0.17		0.0	0.37	-0.11
	0.0	0.50	-0.08	**	0.0	0.03	-0.26
	0.0	0.70	0.05		0.0	0.46	0.04
	0.0	0.31	0.13		0.0	0.72	-0.05
	-0.3	0.49	-0.08		0.6	0.17	0.15
**	2.9	0.05	0.22		0.8	0.49	0.08
	0.0	0.96	0.00	**	-2.7	0.00	-0.14
**	-0.3	0.04	-0.08	**	0.4	0.01	0.08
	0.6	0.17	0.15		-0.3	0.37	-0.10
	0.4	0.29	0.12		-0.2	0.49	-0.08
	0.2	0.52	0.07		-0.2	0.54	-0.07
	-0.2	0.48	-0.08		-0.1	0.75	-0.04
	0.0	0.10	0.21		0.0	0.14	0.19
	0.0	0.05	-0.17		0.0	0.68	-0.05
	0.0	0.02	0.28		0.0	0.35	-0.09
	0.0	0.49	-0.08		0.0	0.78	-0.03
	0.0	0.85	0.02	**	0.2	0.16	0.16
	0.0	0.74	0.04		0.1	0.69	0.02
	-0.1	0.75	-0.04		0.2	0.75	0.04

**داری معنی داری در سطح ۹۵٪

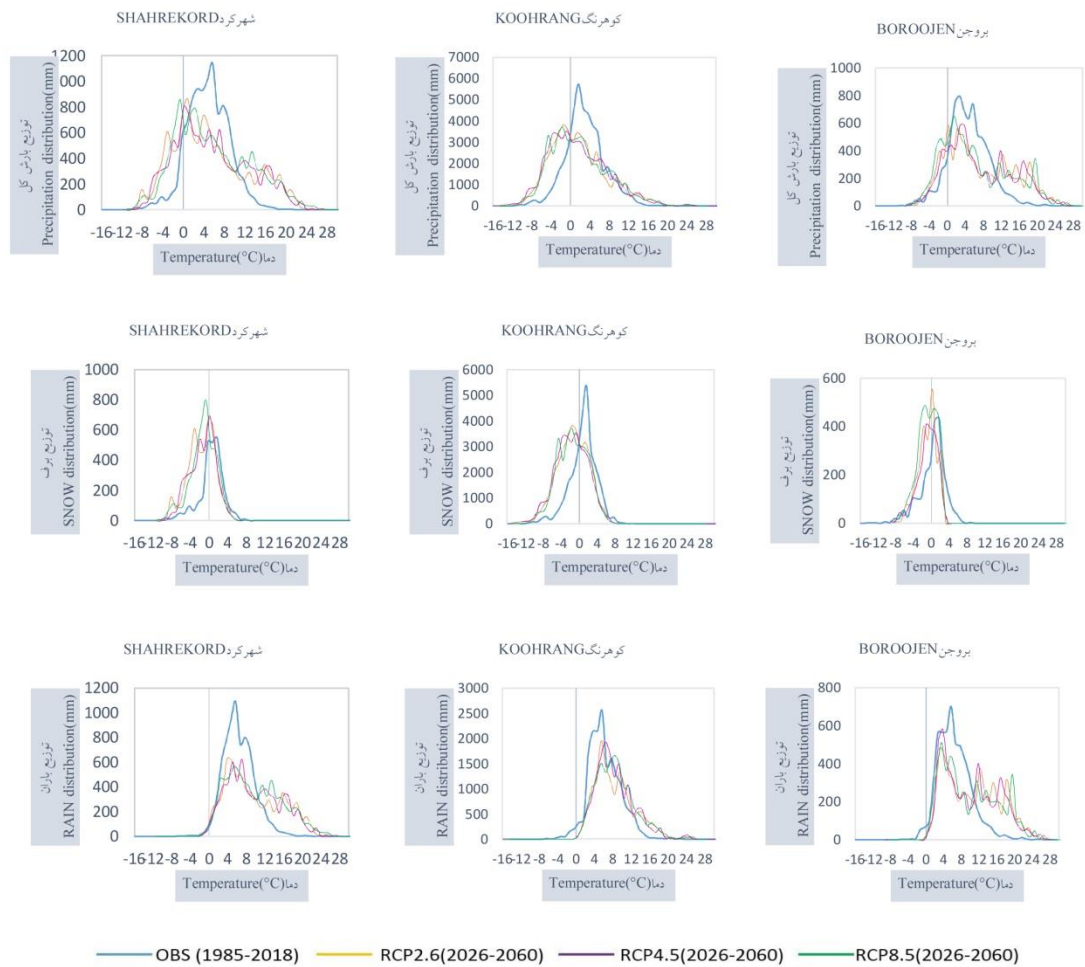
جدول ۵- پارامترهای به دست آمده از نمودار نسبت فراوانی وقوع برف و باران در گروه‌های دمایی ۰/۵ درجه.

Table 5. Parameters resulted from the precipitation frequency proportion graph in the 0.5 °C temperature groups.

Tr90%	Ts90%	T _R (°C)	T _T (°C)	ایستگاه Station
6	-4.5	8.5	2	شهرکرد Shahrekord
7.8	-1	9	4	کوه‌رنگ Koohrang
6	-5	7	2.5	بروجن Boruojen

کوه‌رنگ، گستره بارش‌ها در دوره آینده و مشاهداتی نسبتاً یکسان است اما تأثیرات تغییرات اقلیمی باعث تغییر شدید در مقدار بارش‌ها در این گستره دمایی گردیده است. به شکلی که به عنوان مثال در دوره ۳۴ ساله مشاهداتی حداکثر بارش‌ها که در دمای ۱/۶ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است به مقدار مجموعاً ۵۷۰۰ میلی‌متر بوده، که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی برای دوره ۳۴ ساله آینده به دمای منفی ۱/۶ درجه سانتی‌گراد و مقدار ۳۷۰۰ میلی‌متر تغییر یافته است. در ایستگاه بروجن نیز تغییرات باعث افزایش حد بالایی دامنه دمایی بارش‌ها از مثبت ۱۸ درجه سانتی‌گراد در دوره تاریخی به مثبت ۲۴ درجه سانتی‌گراد در دوره پیش‌بینی گردیده است. این تغییرات افزایش مقدار بارش باران در دماهای بالاتر را نشان می‌دهد. هم‌چنین ضمن مشابه بودن دامنه دمایی بارش برف دوره تاریخی و پیش‌بینی، مقدار بارش برف در محدوده‌های پایین‌تر این دامنه افزایش می‌یابد. در این ایستگاه دمای مربوط به حداکثر بارش برف در دوره پیش‌بینی (به‌طور متوسط برای هر سه سناریو) نسبت به گذشته حدود ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش وجود دارد.

برای بررسی توزیع دمایی بارش‌ها در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و دوره پیش‌بینی (۲۰۲۶-۲۰۶۰) برای سه سناریو RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5، بارش کل و هم‌چنین تفکیک فازهای برف و باران در شکل ۴ برای سه ایستگاه شهرکرد، کوه‌رنگ و بروجن نشان داده شده است. در ایستگاه شهرکرد، بارش کل (مجموع برف و باران) در هر سه سناریو پیش‌بینی شده برای دوره آینده نسبت به دوره تاریخی، دارای گستردگی دمایی بیش‌تر خواهد بود و ضمن کاهش مقدار بارش در گستره دمایی بارش‌های تاریخی، برای دماهایی که دارای بارش کم و یا بدون بارش بوده‌اند، افزایش مقدار بارش در آینده پیش‌بینی می‌گردد. در ایستگاه شهرکرد، در دوره مشاهداتی حداکثر بارش کل در دمای ۵/۷ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده که در دوره آینده به صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. گستره دمایی بارش نیز در این ایستگاه در دوره مشاهداتی در بازه دمایی منفی ۱۰ تا مثبت ۱۸ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده که در دوره آینده به‌طور متوسط برای هر سه سناریو به بازه منفی ۱۰ تا مثبت ۲۴ درجه افزایش می‌یابد. بدین‌سان این تغییرات باعث افزایش بارش باران در دماهای بالاتر و افزایش بارش برف در دماهای پایین‌تر می‌گردد. در ایستگاه



شکل ۴- نمودار توزیع دمایی بارش کل، برف و باران برای شهرکرد، کوهرنگ و بروجن در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۶۰) تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5

Figure 4. Temperature distribution of total precipitation in Shahrekord, Koohrang, and Boroojen in the historic period (1985-2018) and future period (2026-2060) under the scenarios RCP 8.5, RCP 4.5, and RCP 2.6.

ثابتی ندارد، به شکلی که در سناریوهای مختلف افزایش و کاهش بارش‌ها در دوره آینده توأم با یکدیگر پیش‌بینی می‌گردد. در این پژوهش ضمن بررسی روش‌های مختلف تفکیک فاز بارش (برف و باران) مشخص شد روش کینزل نتایج نزدیک‌تری به وقایع ثبت شده تاریخی نشان می‌دهد که البته در ایستگاه بروجن روش USCE با اندکی اختلاف نتایج بهتری ارائه داد. این نتایج به پژوهش‌های پیشین رضیئی و همکاران (۲۰۱۸) در منطقه کوهستانی

نتیجه‌گیری کلی

مناطق کوهستانی و مرتفع زمین از جمله مناطقی هستند که در برابر تغییر اقلیم واکنش‌های متفاوتی نسبت به مناطق کم ارتفاع و هموار از خود نشان می‌دهند. بررسی‌های انجام شده در این پژوهش نشان می‌دهد منطقه بهشت‌آباد و کوهرنگ در رشته‌کوه‌های زاگرس به عنوان یکی از مرتفع‌ترین مناطق کوهستانی ایران تحت‌تأثیر این پدیده می‌باشد. روند این تغییرات در منطقه مورد مطالعه در خصوص بارش‌ها روند

نشان دادند در مناطق سرد کوهستان آلپ افزایش برف حدی اتفاق می‌افتد مطابقت دارد. همچنین با بررسی روند بارش‌ها در دوره آینده مشاهده می‌گردد قسمت قابل توجهی از تأثیر تغییر اقلیم بر منطقه مورد مطالعه بر روی فاز بارش برف و باران می‌باشد. جهت ادامه پژوهش‌ها، پیشنهاد می‌گردد با تلفیق تغییرات دمایی و مدل‌سازی چرخه بارش، رواناب و ذوب برف، وضعیت تغییرات دبی و میزان ذخیره برفی در این چرخه برای حوضه در دوره‌های مختلف جهت ادامه پژوهش‌های مورد بررسی قرار گیرد. شایان ذکر است در بررسی اثرات تغییرات اقلیمی، تغییر در دبی رودخانه‌های هر حوضه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که وضعیت مقدار بارش برف، ذوب و ذخیره آن با توجه به تغییرات دما، از جمله تأثیرگذارترین عوامل می‌باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از داوران این مقاله که با نظرات خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه دکتری نویسنده اول می‌باشد که با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

همه قسمت‌های این مقاله با مشارکت و همکاری پنج نویسنده مطابق با وابستگی سازمانی قید شده، پژوهش و نگارش شده است.

زاگرس بسیار نزدیک می‌باشد. در خصوص دمای تفکیک فاز برف و باران، برای ایستگاه شهرکرد، کوه‌رنگ و بروجن به ترتیب دماهای ۲، ۴ و ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و به شکل متوسط برای منطقه مطالعاتی برابر ۲/۸ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. این نتیجه با مطالعات پیشین از جمله پژوهش ثقفیان و همکاران (۲۰۱۶) که دمای آستانه ریزش برف برای کوهستان زاگرس را برابر ۲/۴ درجه سانتی‌گراد، دینی و همکاران (۲۰۰۸) که دمای میانگین روزانه آستانه ریزش برف را برای البرز مرکزی برابر ۲/۹ درجه سانتی‌گراد و همچنین خزائی و همکاران (۲۰۱۸) که این دما را برای ایستگاه مهرآباد در تهران برابر ۲/۹ درجه سانتی‌گراد معرفی کردند مطابقت خوبی را ارائه می‌دهد. مطابق با یافته‌های این پژوهش، تغییر اقلیم در منطقه موردنظر باعث تغییرات قابل توجهی در توزیع دمایی بارش‌ها می‌گردد به شکلی که باعث کاهش بارش در دماهای تاریخی متداول و افزایش بارش در دماهایی که در دوره تاریخی شاهد بارش کم و یا بدون بارش بوده‌اند می‌گردد. به شکلی که در ایستگاه شهرکرد با بیش‌ترین افزایش دامنه دمایی نسبت به دامنه دمایی تاریخی، بارش باران در دماهای بالاتر و بارش برف در دمای پایین‌تر و به همین ترتیب و با شدت کم‌تر برای ایستگاه بروجن وقوع خواهد داد. این دامنه در ایستگاه کوه‌رنگ با تغییرات کم‌تر در بارش باران و افزایش بارش برف در دماهای پایین‌تر اتفاق می‌افتد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده افزایش احتمال وقوع بارش‌های حدی نسبت به دوره تاریخی در همه ایستگاه‌های مطالعاتی می‌باشد که با نتایج پژوهش‌های دیگر پژوهش‌گران از جمله لوته و همکاران (۲۰۱۵) که نشان‌دهنده افزایش بارش‌های حدی برف در کوهستان‌های سرد آمریکا از جمله کوه‌های راکي و همچنین دی‌وريس و همکاران (۲۰۱۴) که در ارزیابی تأثیر اقلیم بر بارش برف اروپا

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این پژوهش با تأمین امکانات و حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر تهیه گردیده است.

منابع

- Ahmadi, F., Nazeri Tahroudi, M., Mirabbasi, R., Khalili, K., and Jhajharia, D. 2018. Spatiotemporal trend and abrupt change analysis of temperature in Iran. *Meteorological Applications*. 25: 2. 314-323.
- Baghanam, A.H., Nourani, V., Sheikhabaei, A., and Jedari Seifi, A., 2019. Statistical downscaling and projection of future temperature change for Tabriz city, Iran. *EasyChair Preprint* 1813.
- Bonsal, B., Peters, D., Seglenieks, F., Rivera, A., and Berg, A. 2019. Changes in freshwater availability across Canada. In *Canada's Changing, Government of Canada, Ottawa, Ontario*, pp. 261-342.
- Bonsal, B., Shrestha, R., Dibike, Y.L., Peters, D., Spence, C., Mudryk, L., and Yang, D. 2020. Western Canadian freshwater availability: current and future vulnerabilities. *Environmental Reviews* 28.
- De Vries, H., Lenderink, G., and Meijgaard, E. 2014. Future snowfall in western and central Europe projected with a high-resolution regional climate model ensemble. *Geophysical Research Letters*. 41: 12. 4294-4299.
- Derksen, C., Burgess, D., Duguay, C., Howell, S., Mudryk, L., Smith, S., Thackeray, C., and Kirchmeier-Young, M. 2019. Changes in snow, ice, and permafrost across Canada. In *Canada's Changing Climate Report, Government of Canada, Ottawa, Ontario*, pp. 194-260.
- Dini G., Zieaeen Firouzabadi, R., Alimohammadi Sarab, P., Dadashi, A., and Khangah, S. 2008. GIS-based snow mapping in Central Alborz Mountain chain using MODIS and AVHRR data. *Iran-Water Resources Research*. 3: 3. 87-94. (In Persian)
- Dinashoh, Y., Mirabbasi, R., Jhajharia, D., Abianeh, H.Z., and Mostafaeipour, A. 2014. Effect of short-term and long-term persistence on identification of temporal trends. *Journal of Hydrologic Engineering*. 19: 3. 617-25. (In Persian)
- Coppola, E., Raffaele, F., and Giorgi, F. 2018. Impact of climate change on snow melt driven runoff timing. *Climate Dynamics*. 51. 1259-1273.
- Goodarzi, M., Jahanbakhsh, S., Razaee, M., Ghfrouri, A., and Mahdian, M.H. 2011. Assessment of Climate Change Statistical Downscaling Methods in a Single Site in Kermanshah, Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 6: 564-572.
- Hamed, K.H., and Rao, A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*. 204: 182-196.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R., and Smith, R.A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*. 18: 1. 107-121.
- Khalili, K., Nazeri Tahoudi, M., Mirabbasi, R., and Ahmadi, F. 2016. Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century. *Stochastic environmental research and risk assessment*. 30: 4. 1205-1221.
- Khan, M.S., Coulibaly, P., and Dibike, Y. 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*. 319: 357-382.
- Khazaei, M., Sharafati, A., and Khazaei, H. 2018. Climate change impact assessment on maxima daily snowfalls, case study: Tehran. *Watershed Engineering and Management*. 10: 2. 204-213. (In Persian)

16. Kienzle, S.W. 2008. A new temperature based method to separate rain and snow. *Hydrological Processes*. 22: 5067-5085.
17. Kotlarski, S., Luthi, D., and Schar, C. 2015. The elevation dependency of 21st century European climate change: an RCM ensemble perspective. *International Journal of Climatology*. 35: 3902-3920.
18. Lotfi, M., Kamali, Gh.A., Meshkati, A., Varshavyan, V. 2020. Predicting maximum temperatures using global climate models under RCP scenarios and microscaling LARS-WG and SDSM models in the west of the country. *Physical Geography Quarterly* 14: 51. 115-130. (In Persian)
19. Lute, A.C., Abatzoglou, J.T., and Hegewisch, K.C. 2015. Projected changes in snowfall extremes and internal variability of snowfall in the western United States. *Water Resources Research*. 51: 2. 960-972.
20. Malcolm, R., Cawely, G.C., Harpham, C., Wilby, R.L., and Goodees, C.M. 2006. Downscaling heavy precipitation over the United Kingdom: A comparison of dynamical and statistical methods and their future scenarios. *International journal of climatology*. 26: 10. 1397-1415.
21. Newton, B.W., Farjad, B., and Orwin, J.F. 2021. Spatial and temporal shifts in historic and future temperature and precipitation patterns related to snow accumulation and melt regimes in Alberta, Canada. *Water*. 13: 8. 1013.
22. Partal, T., and Kahya, E. 2005. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*. 20: 2011-2026.
23. Pipes, A., and Quick, M. 1977. UBS Watershed Model User. University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
24. Razi, T., Jahanbakhsh Asl, S., Parandeh Khouzani, A., and Sari Saraf, B. 2018. Assessing the Accuracy of the Snow-Rain Phase Separation Models for Meteorological Weather Stations of the Mountainous Region of Zagros, Iran. *Iran-Water Resources*. 14: 3. 85-102. (In Persian)
25. Saghafian, B., and Davtalab, R. 2007. Short Communication Mapping snow characteristics based on snow observation probability. *International Journal Of Climatology*. 27: 1277-1286.
26. Saghafian, B., Davtalab, R., and Kefayati, M. 2016. Comparison of threshold temperature determination methods and snowfall potential areas in Karkheh, Dez, Karun and Maroon catchments. *Iranian Water Resources Journal*. 9: 4. 31-9. (In Persian)
27. Shukla, S., Jain, S.K., and Kansal, M.L. 2021. Hydrological modelling of a snow/glacier-fed western Himalayan basin to simulate the current and future streamflows under changing climate scenarios. *Science of the Total Environment*. 795: 15. 148871.
28. USCE. 1956. Snow hydrology, Summary report of the snow investigation. US Army Corps of Engineers, North Pacific Division, Portland, Oregon.
29. Wilby, R.L., and Harris, I. 2006. A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*. 42: 2.
30. Wilby, R.L., Dawson, C.W., and Barrow, E.M. 2002. SDSM- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Journal of Environmental Modeling and Software*. 17: 147-159.
31. Yue, S., and Wang, C. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management*. 18: 201-218.
32. Zamani, R., Mirabbasi, R., Nazeri, M., Meshram, S.G., and Ahmadi, F. 2018. Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in Jharkhand state, India. *Stochastic environmental research and risk assessment*. 32: 4. 1085-1097.
33. Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G., and Kharin V.

2019. Changes in Temperature and Precipitation Across Canada. In Canada's Changing Climate Report, Government of Canada, Ottawa, Ontario, pp. 112-193.
34. Zhang, X., Srinivasan, R., Debele, B., and Hao, F. 2008. runoff simulation of the headwaters of the Yellow river using the swat model with tree snowmelt algoritme. American Water Resources Assocation. 44: 48-61.
35. Zoheyri, Z., Ghazavi, R., Omidvar, E., and Davudi-rad, A. 2020. Comparison of LARS-WG and SDSM Downscaling Models for Prediction Temperature and Precipitation Changes under RCP Scenarios. Arid Regions Geographic Studies. 10: 40. 39-52. (In Persian)