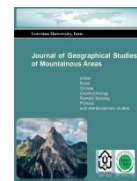




Lorestan University

Online ISSN: 2717-2325

Journal of Geographical Studies of Mountainous Areasjournal homepage: <http://www.gsma.lu.ac.ir>

Research Paper

Trend Analysis and Detection of Seasonal Changes in climatic variables Temperature and Precipitation in the Mountainous part of Gharaghom Basin

Tayebbeh Akbari Azirani ^{a,*}, Hossein Ghorbani ^b, Jamileh Gholipour ^c

^a Assistant Prof., Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

^b Graduate Student, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

^c Graduate Student, Department of Irrigation, Faculty of Agriculture, Ferdosi University, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 31 January

2022;

Accepted: 12 April 2022

Available online 30 April
2022

Keywords:

Climatic elements,
Middle part of the
northern hemisphere,
Catchment area,
Gharaghom.

ABSTRACT

As Iran is located in the middle part of the northern hemisphere, as well as complexity of topographic conditions caused a various climate on a local scale. Changes in the climatic variables such as temperature and precipitation have affected the hydrological conditions of the basin directly and indirectly. Gharaghom Basin is located in the northeastern part of Iran on the border between Iran, Afghanistan, and Turkmenistan. Harriroud and Keshafroud as the main rivers in the basin originate from the Hindu Kush Mountains in Afghanistan and Binalood in Khorasan Province, respectively. This research studied the seasonal effect of climatic variables on hydrological characteristics in the upstream mountainous regions of Gharaghom Basin. The trend analysis of Mann-Kendall (MK) was used to detect the trend of temperature and precipitation during different seasons. Although the lowest monthly significance is related to the precipitation variable, the highest significance for all stations has corresponded to the minimum and maximum temperature variables respectively. The minimum temperature has much more affected than the maximum temperature due to climate change and global warming has caused an increase in the monthly minimum and maximum temperature in the most seasons in different parts of the Basin. We expect an increasing trend of minimum temperature following the reduction of snow and solid precipitation, melting snow, and ice resources in mountainous upstream parts of the basin. The main disorders were not statistically significant in the behavior of seasonal and monthly precipitation trends and all significant trends in precipitation almost showed decreasing trends corresponding to winter. The results of this paper are robust in agreement with the other research report in case of an increasing trend in minimum and maximum temperature respectively in the most regions of mid-latitudes and disorders in precipitation behavior in endanger water resources of upstream mountainous regions.

1. Introduction

Iran has diverse weather conditions due to its geographical location in the middle latitudes of the Northern Hemisphere along with complex topographical conditions. On the other hand, determining the climatic trends and changes in climatic variables, especially in the upstream and

mountainous regions, plays an important role in the management of watersheds. Climate change does not necessarily mean a simultaneous change in precipitation and temperature, but the existence of this change and proof of the significance of the trend is necessary (Hejazizadeh and Parvin, 2008). At the global level, climate change and its effect on mountainous areas upstream of watersheds are

*Corresponding Author.

Email Addresses: t_akbari@sbu.ac.ir (T. Akbari Azirani), armanneshin@gmail.com (H. Ghorbani), j.gholipour67@yahoo.com (J. Gholipour)

To cite this article:

Akbari Azirani, T; Ghorbani, H, Gholipour, J (2022). Trend Analysis and Detection of Seasonal Changes in climatic variables Temperature and Precipitation in the Mountainous part of Gharaghom Basin. Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas, 3(9), 43-54



Doi:10.52547/gsma.3.1.43

important. In this regard, examining the changes and analyzing the trends of the main variables of the hydroclimate in the mountainous areas of the Gharaghom watershed in different seasons can play an important role in the management of this watershed and make it possible to make the necessary predictions for the future of this important watershed in to meet the challenges ahead with the least Manage related costs.

2. Methodology

Based on the recommendations of the World Meteorological Organization, the review of long-term climate statistics can show their changes and characteristics in areas with different degrees of roughness to a large extent (Hejazizadeh and Parvin, 2018). To investigate climate change in the Gharaghom watershed located in the northeast of Razavi Khorasan, the climate data recorded by 4 climate stations located in the study area (Fern, Golmkan, Mashhad, and Neishabur) on a daily scale, including the variables of precipitation, temperature (average, maximum, minimum) in the recent thirty-year statistical period including 1989-2019 was prepared from the Meteorological Organization (Table 1). Then, using trend analysis with the non-parametric Mann-Kendall test (Kendall, 1970), changes in temperature and precipitation variables were investigated in monthly, seasonal, and annual time scales.

3. Results

As a result of climate change, the minimum temperature is much more affected by climate change, and global warming causes an increase in the minimum and maximum temperatures of most seasons and months of the year in different parts of the catchment area. In other words, in the mountainous areas of the Gharaghom catchment area, the decrease in the frequency of cold temperatures, the increase in the frequency of hot temperatures, and the decrease in the temperature range, in general, provide unfavorable conditions for the water resources upstream of the catchment basin and snow and ice reserves.

4. Discussion

The trend of seasonal and monthly rainfall shows mainly decreasing irregularities in these stations, and this increase or decrease of rainfall in most months and seasons is not statistically significant. Almost all the significant trends of rainfall are related to the winter season and have a significant decreasing trend which leads to the reduction of water resource reserves for the mountainous areas upstream of the basin. The impact of climate change on the increasing trend of the minimum temperature in all stations is quite evident and significant. The increasing trend of minimum temperature in all stations in the spring, summer, and autumn seasons is increasing and significant and has a trend with a high slope and speed, and it has the same behavior in most stations in winter. The increase in maximum temperature is also evident and significant in the behavior of monthly and seasonal trends of most stations, and a few months have a decreasing trend, which is mostly not significant (except November in Mashhad, which has a decreasing and significant trend in maximum temperature). The monthly and seasonal variables in Neishabur compared to other stations have a more balanced behavior towards climate change and fewer trends in this station have become statistically significant. In general, with the coincidence of the increasing trend of seasonal temperature with the decreasing trend of seasonal precipitation in most of the studied stations, it is possible to expect the expansion of the territory with dry climates in the catchment area, which is related to the upstream and mountainous areas of the catchment area with a serious decrease in resources. Blue is relevant in the future. The results of this study with the research conducted on the recorded data of Iranian stations about the faster-increasing trend in the minimum temperature and then the maximum temperature in most of the middle latitudes, as well as the irregularity in the behavior of precipitation and the relative decrease of precipitation especially in mountainous areas, and middle latitude (Naseri et al., ۲۰۲۱; Kanani et al., 2019; Babaian et al., 2013); It matches very well. On the other hand, the comparison of the results of the analysis of the temperature trends of the last decades in the Gharaghom watershed is in good agreement with the results of the forecasting

studies of seasonal temperature anomalies in Iran under radiative forcing scenarios. So Iran's temperature forecast indicates the maximum seasonal abnormality of temperature in winter and spring corresponding to mountainous areas (Ahmadi et al., 2018; Hesirchian et al., 2017). Therefore, the increase in winter and spring temperatures is considered as a big threat to water resources, especially in the mountainous areas upstream of the Gharaghom watershed.

5. Conclusion

In the summer, the high areas of the catchment basin have the maximum temperature anomaly, which leads to the lack of water resources in the basin and the occurrence of hazards caused by it. Based on this, it is suggested to conduct such studies using network and satellite data,

considering the inevitable occurrence of climate change and also the lack of sufficient stations in the inaccessible mountainous areas of the Abriz basin, for management planning related to management fields. During the occurrence of natural hazards such as drought, flood, heat wave, crop and garden cultivation management, fuel and energy consumption, and success in projects related to land preparation, etc. should be prioritized.

Acknowledgments

The authors thank Iran's Meteorology Organization for supplying the data used in this study, adapted from Master thesis entitled "Identification and Analysis of Hydro-climatic Changes in Gharaghom Catchment" and done at Shahid Beheshti University in Tehran, Iran.



دانشگاه گلستان

شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۵-۲۷۱۷

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی

<http://www.gsma.ln.ac.ir>



مقاله پژوهشی

تحلیل روند و آشکارسازی تغییرات فصلی متغیرهای اقلیمی دما و بارش در محدوده کوهستانی حوضه آبریز قره‌قوم

طیبه اکبری ازیرانی^{۱*}، حسین قربانی^۲، جمیله قلی‌پور^۳

^{۱*} استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

^۳ دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

۱۴۰۰/۱۱/۸

پذیرش نهایی:

۱۴۰۱/۱/۲۳

تاریخ انتشار:

۱۴۰۱/۲/۱۰

چکیده

استقرار سرزمین ایران در عرض‌های میانی نیمکره شمالی همراه با پیچیدگی شرایط توپوگرافی باعث حاکمیت آب و هوای متنوع در کشور همراه با تغییرات عناصر آب و هوایی در مقیاس محلی شده است. شرایط هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز به طور مستقیم و غیرمستقیم متاثر از روند تغییرات متغیرهای اقلیمی است. حوضه آبریز قره‌قوم در محدوده شمال شرق ایران در مرز ایران با افغانستان و ترکمنستان قرار گرفته و رودخانه‌های اصلی این حوضه شامل هریرود و کشف رود به ترتیب از کوه‌های هندوکش در افغانستان و بینالود در خراسان سرچشمه گرفته است و پس از جریان به کانال قره‌قوم می‌ریزد. در این تحقیق، حوضه آبریز قره‌قوم از منظر روند متغیرهای دما و بارش طی فصول مختلف سال و تأثیر آن بر مناطق بالادست کوهستانی حوضه مورد بررسی قرار گرفت. بمنظور آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات دما و بارش در این حوضه طی سه دهه اخیر، از آزمون من‌کندال (MK) استفاده شد. بر اساس نتایج، کمینه روند معناداری ماهانه و فصلی برای کلیه ایستگاه‌ها مربوط به متغیر بارش و بیشینه روند معناداری‌ها به ترتیب مربوط به متغیر دمای کمینه و سپس دمای بیشینه است. این بدان معناست که در اثر تغییر اقلیم، دمای کمینه بسیار بیشتر تحت تأثیر این تغییرات قرار گرفته و گرمایش زمین موجب روند افزایشی کمینه دماها و نیز بیشینه دماهای اکثر فصول و ماه‌های سال در نقاط مختلف حوضه آبریز شده است. بدنبال روند افزایشی کمینه دما، کاهش منابع برف و یخ مناطق کوهستانی و ذوب ذخایر برف و یخ بالادست حوضه، دور از انتظار نیست. روندهای عمدتاً کاهشی در رفتار بارش فصلی و ماهانه در ایستگاه‌های حوضه آبریز در اکثر ماه‌ها و فصل‌ها از نظر آماری معنادار نیست و تقریباً تمام روندهای معنادار بارندگی، کاهشی و مربوط به فصل زمستان است. نتایج این مطالعه با تحقیقات انجام شده در مورد روند افزایشی سریع‌تر در دمای کمینه و پس از آن در مورد دمای بیشینه در اکثر نقاط عرض‌های میانه و نیز تغییرات در رفتار بارش و کاهش نسبی بارندگی و در معرض خطر قرار گرفتن منابع آبی مناطق کوهستانی بالادست حوضه‌های آبریز واقع در عرض‌های میانه؛ همخوانی خوبی دارد.

واژگان کلیدی:

متغیرهای اقلیمی،

عرض‌های میانه،

حوضه آبریز،

قره‌قوم.

* نویسنده مسئول

پست الکترونیک نویسندگان: t_akbari@sbu.ac.ir (ط. اکبری ازیرانی)، armanneshin@gmail.com (ح. قربانی)، j.gholipour67@yahoo.com (ج. قلی‌پور).

نحوه استناددهی به مقاله:

اکبری ازیرانی، طیبه، قربانی، حسین، قلی‌پور، جمیله (۱۴۰۱). تحلیل روند و آشکارسازی تغییرات فصلی متغیرهای اقلیمی دما و بارش در محدوده کوهستانی حوضه آبریز قره-

قوم فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، سال سوم، شماره ۳ (۹)، صص ۵۴-۴۳.



Doi:10.52547/gsma.3.1.43

۱. مقدمه

ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خود و قرارگیری در عرض‌های میانی نیمکره شمالی به‌مراه شرایط پیچیده توپوگرافی دارای شرایط آب و هوایی متنوعی می‌باشد. از طرفی تعیین روند اقلیمی و تغییرات متغیرهای اقلیمی بویژه در مناطق بالادست و کوهستانی، نقش مهمی در مدیریت حوضه‌های آبریز ایفا می‌کند. تغییر اقلیم لزوماً به معنی تغییر همزمان بارش و دما نیست بلکه وجود این تغییر و اثبات معنی‌داری روند، لازم است (Hejazizadeh and Parvin, 2009). بررسی تغییرات هیدرولوژیکی مناطق کوهستانی بالادست حوضه‌های آبریز در سرزمین ایران از ابعاد مختلف، اهمیت ویژه‌ای دارد. تغییر در متغیرهای اقلیمی بویژه دما و بارش، در شرایط هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز به طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیرگذار هستند (IPCC, 2013, 2021). تغییرات دراز مدت متغیرهای اقلیمی می‌تواند بر سیستم‌های زیستی و انسانی یک منطقه تأثیر داشته باشد چراکه تغییر در چرخه هیدرولوژی از یکسو با تغییر منابع آب بالادست حوضه‌های آبریز، وقوع سیل و خشکسالی را در پی دارد و از سوی دیگر اکوسیستم‌های وابسته به آب در این حوضه‌ها دچار تغییر می‌شوند (Naseri et al., 2021).

در سطح جهانی تغییر اقلیم و اثر آن بر مناطق کوهستانی بالادست حوضه‌های آبریز اهمیت دارد. در همین راستا بررسی تغییرات و تحلیل روند متغیرهای اصلی هیدرواقلم مناطق کوهستانی حوضه آبریز قره‌قوم در فصول مختلف می‌تواند نقش مهمی در خصوص مدیریت این حوضه آبریز داشته و امکان پیش‌بینی و پیش‌نگری‌های لازم را برای آینده این حوضه مهم میسر سازد تا چالش‌های پیش‌رو با کمترین هزینه‌های مرتبط مدیریت گردد. این مهم تا حدودی در پژوهش‌های انجام شده در سایر حوضه‌ها انجام گردیده است. Hasirchian et al. (2018) با مدل SDSM به بررسی تغییر اقلیم با کمک تغییر دما و بارش در حوضه رودخانه بشار در منطقه کوهستانی زاگرس پرداختند و نشان دادند که میانگین دمای بیشینه و کمینه ماهانه در همه سال‌ها

افزایش داشته است و میانگین بارش در طی فصل بهار کاهش، اما در فصل پاییز افزایش یافته است. Etemadi and Delshab (2019) در طول یک دوره آماری ۴۷ ساله اثرات پیش‌بینی احتمالی تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های خلیج فارس و مانگرو را با متغیرهای اقلیمی بارش و دما بررسی کردند و نتیجه گرفتند که دمای میانگین فصل زمستان و تابستان در حدود ۱٫۸ برای زمستان و ۱٫۷ درجه برای تابستان افزایش داشته است و زمستان‌های گرم‌تری برای دهه‌های آینده استان بوشهر پیش‌بینی کردند. Kamal and Masah Bowani (2010)، در بررسی تأثیر تغییر نواسانات اقلیمی بر رواناب زیرحوضه قره سو در شمال غربی منطقه کوهستانی حوضه کرخه، کاهش رواناب برای فصل پاییز و افزایش آن در سایر فصول دوره را نتیجه گرفتند.

نتیجه بررسی Babaian et al. (2013)، در زیرحوضه‌های دو رودخانه مهم دره گز حاکی از افزایش دما به ترتیب ۰٫۱/۲، ۹۵/۰ و ۸/۳ درجه سلسیوس در سه دوره ۲۰۴۱-۲۰۷۰، ۲۰۱۱-۲۰۴۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ بوده است. Ahmadi et al. (2015) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های حدی خراسان بزرگ با استفاده از داده‌های ۱۴ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۸۷ پرداختند. بررسی ایشان نشان داد که شاخص‌های روزهای تابستانی، روزهای گرم، بیشینه دمای بیشینه، شب‌های گرم، طول دوره گرم، ۱۰۰ درصد روند افزایشی و شاخص روزهای سرد ۱۰۰ درصد روند کاهشی در خراسان بزرگ داشته است. Darvand et al. (2021) با بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بخش‌هایی از ایران مرکزی نتیجه گرفتند که متوسط دمای روزانه در فصل بهار، تابستان و پاییز افزایش یافته است و بیشترین بارندگی‌ها در ماه‌های زمستانه هستند. بنابراین به سبب افزایش دما و کاهش بارندگی، آب و هوای مناطق مرتفع حوضه آبریز مرکزی نیز به سمت خشکی بیشتر سوق یافته است. Ma et al. (2008) تغییرات جریان سالانه در ۸ زیرحوضه در رودخانه شیانگ واقع در ناحیه خشک شمال غربی چین در دوره آماری ۵۰ ساله گذشته را با آزمون MK و پتیت بررسی نمودند. نتایج

نشان داد جریان سالانه پنج حوضه روند نزولی داشته است. Grima et al (2020) با مطالعه هیدرواقلیم حوضه رودخانه هووایی در چین دریافتند که نقطه تغییر روند جریان رودخانه بصورت کاهشی از سال ۱۹۶۵ رخ داده است که دلیل اصلی کاهش روند جریان، کاهش بارش در تعدادی از ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه بوده که سبب رخداد تغییر اقلیم شده است. بررسی سابقه تحقیق نشان داد که در زمینه تغییرات متغیرهای اقلیمی در حوضه آبریز قره قوم تاکنون مطالعه ای انجام نشده است. بنابراین، این پژوهش در پی پاسخ گویی به چگونگی تاثیر متغیرهای اقلیمی در حوضه آبریز قره قوم و تحلیل تغییرات روند فصلی متغیرهای اقلیمی بویژه در مناطق کوهستانی بالادست حوضه آبریز در طی سه دهه اخیر است. بنابراین تلاش شد تا با بررسی شاخص‌های آماری از جمله نقطه تغییر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تغییرات هیدرواقلیمی در حوضه آبریز قره قوم آشکارسازی شود.

۲. روش تحقیق

براساس توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی بررسی آمارهای بلندمدت اقلیمی می‌تواند تغییرات و خصوصیات آن‌ها را در مناطق با درجات مختلف ناهمواری تا حدود زیادی نشان دهد (Hejazizadeh and Parvin, 2009). برای بررسی تغییر اقلیم در حوضه آبریز قره قوم واقع در شمال شرق خراسان رضوی، داده‌های اقلیمی ثبت شده توسط ایستگاه‌های اقلیمی ۴ گانه واقع در منطقه مورد مطالعه (سرخس، گل‌مکان، مشهد و نیشابور) در مقیاس روزانه، شامل متغیرهای بارش، دما (میانگین، بیشینه، کمینه) در دوره آماری سی ساله اخیر شامل ۱۹۸۹-۲۰۱۹ از سازمان هواشناسی تهیه شد (جدول ۱). سپس با استفاده از تحلیل

روند با آزمون ناپارامتری من کندال در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه تغییرات متغیرهای دما و بارش بررسی شد. به این منظور در گام اول داده های ایستگاه‌ها آماده سازی و کنترل کیفیت شدند.

کنترل کیفیت و بررسی سری‌های زمانی بارش و دما، یکی از مهم‌ترین مراحل در انجام مطالعات مبتنی بر تغییر اقلیم و وجود روند در متغیرهای هواشناسی است (Gholipour et al., 2017). این کنترل کیفیت شامل نبود مقادیر منفی برای بارش، کمتر بودن مقدار دمای کمینه از دمای بیشینه هر ماه، نبود مقادیر پرت یا نادرست، نبود کاراکترهای غیر عددی در فایل، هیچکدام از این داده‌های دمایی نباید بیشتر از ۷۰+ و کمتر از ۷۰- باشند (Zhang et al, 2018) است. اقدام بعدی بررسی صحت داده‌های ماهانه بارش و دماست. چنانچه این محاسبات و آزمون‌های آماری صورت نگیرد و روندهای متغیرهای بارش و دما با استفاده از داده‌های اولیه محاسبه شوند، پژوهش از اعتبار علمی کافی برخوردار نخواهد بود. در اینگونه موارد در اولین برخورد با یک سری زمانی، باید نقاط تغییر را از بین برد. بنابراین ابتدا باید بررسی شود که سری های زمانی نقطه تغییر دارند یا خیر و اگر "دارند" سری زمانی تصحیح شود. در این مطالعه بررسی سری های زمانی نادرست ماهانه بارش و دما توسط بسته آماری RHtestsV4 در محیط نرم افزار آماری R صورت گرفت (Wang & Feng, 2013). اگر در خروجی‌های ناشی از این بسته آماری، لیستی احتمالی از نقاط تغییر وجود داشت، ممکن است سری نادرست باشد و نیاز به اصلاح نقاط تغییر موجود در لیست سری زمانی داده‌ها باشد.

جدول ۱. نام و مشخصات ایستگاه‌های اقلیمی

Row	Station	Longitude (D)	Latitude (D)	Elevation (m)
۱	Mashhad	۵۹,۶۳	۳۶,۲۶	۹۹۹,۲
۲	Sarakhs	۶۱,۱۵	۳۶,۵۳	۲۳۵
۳	Golmakan	۵۹,۲۸	۳۶,۴۸	۱۱۷۶
۴	Neyshabour	۵۸,۴۸	۳۶,۱۶	۱۱۲۵

منبع: سازمان هواشناسی، ۱۴۰۰

تحلیل روند

مقادیر آماره Z و نیز p -value آزمون آماری من-کندال و نیز شیب خط روند برای هریک از ۱۲ ماه و ۴ فصل سال؛ در هر یک از این ۴ ایستگاه سینوپتیک، به کمک بسته آماری trend محیط نرم افزار R محاسبه شد. در تحلیل روند به روش من کندال (MK) گام اول محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به صورت زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

که n تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

گام دوم محاسبه واریانس به کمک یکی از روابط زیر:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad \text{if } n > 10$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{if } n < 10$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نشان‌دهنده فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

در گام سوم آماره Z توسط یکی از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \text{ if} \\ 0 & S = 0 \text{ if} \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \text{ if} \end{cases}$$

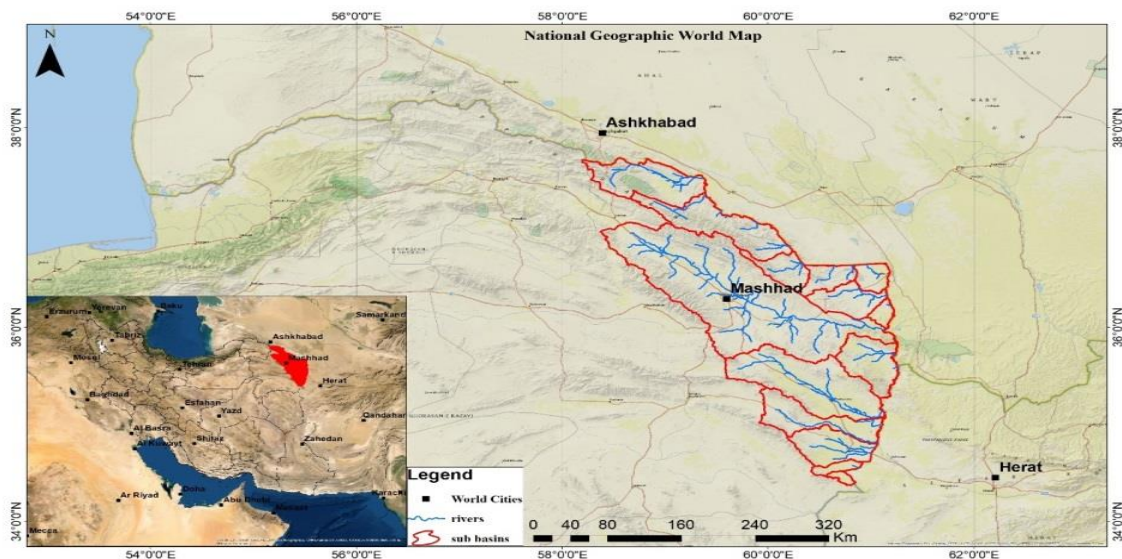
گام چهارم آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد. به بیانی دیگر Z به لحاظ آماری معنی دار نیست (سری زمانی نمایه‌ی مورد نظر از خود روندی نشان نمی‌دهد). زمانی این فرض تأیید می‌شود که

$-Z_{\alpha/2} < |Z| < Z_{\alpha/2}$ باشد. مقادیر $Z_{\alpha/2}$ انحراف نرمال استاندارد (Z جدول) است و α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود. فرض مقابل یا فرض یک بر وجود روند دلالت دارد و بدین معنی است که Z به لحاظ آماری معنی دار است. زمانی این فرض تأیید می‌شود که $Z < -Z_{\alpha/2}$ یا $Z > Z_{\alpha/2}$ باشد (Gan, 1998). اگر Z کوچکتر از صفر باشد، روند منفی سری زمانی نمایه‌ی مورد نظر را تأیید می‌کنیم و در صورتی که Z بزرگتر از صفر باشد، روند مثبت سری زمانی را رد نمی‌کنیم.

۱.۲. محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز قره‌قوم یکی از حوضه های بزرگ کشور است که در شمال شرق استان خراسان رضوی در مرز دو کشور افغانستان و ترکمنستان جای گرفته است (شکل ۱). مساحت کل حوضه برابر ۴۴۴۹۱ کیلومتر مربع است. این حوضه از سمت شمال و شمال غرب هم مرز با ترکمنستان و از سمت شرق با افغانستان هم مرز می باشد. مهم ترین رشته کوه‌های این حوضه شامل هزارمسجد در شمال و شمال غرب و بینالود در غرب حوضه آبریز قره‌قوم می‌باشند. ارتفاعات شمالی خراسان با گسترش شرقی غربی و ارتفاعات جنوبی با امتداد شمالی جنوبی گسترش دارند. بلندترین نقطه استان خراسان رضوی و حوضه آبریز قله بینالود با ارتفاع ۳۶۱۵ متر و پست ترین نقطه در دشت سرخس با ارتفاع ۲۹۹ متر از سطح دریا است (Shafiei and Ghahraman, 2009). دو رودخانه اصلی این حوضه شامل هریرود و کشف رود است که به ترتیب از رشته کوه‌های هندوکش در افغانستان و بینالود در استان خراسان سرچشمه می گیرند. رودخانه کشف رود پس از گذر از شمال مشهد در نزدیکی سرخس به هریرود پیوسته و رود تجن نام می‌گیرد. انشعابات از رودخانه در شمال خراسان رضوی جریان دارند که پس از ورود به ترکمنستان به کانال قره قوم می‌ریزند. پوشش

گیاهی منطقه عمدتاً رویش های گیاهی ناحیه ایران و تورانی را شامل می شود (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، ناهمواری و شبکه آبراهه ای حوضه آبریز قره قوم، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

هر یک از ۴ ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی سی سال اخیر در جدول ۳ نشان داده شده است. بخش نمایش و تحلیل روند نیز بصورت نمودارهایی در شکل های ۵-۲ نشان داده شده است.

۳. یافته های تحقیق

نتایج آزمون تحلیل روند با محاسبه مقادیر آماره Z و نیز p-value برای ارزیابی معناداری آزمون آماری من-کندال و نیز شیب سن خط روند برای برآورد میزان روند افزایشی یا کاهش می تغییرهای دما و بارش، برای هریک از ۱۲ ماه و ۴ فصل سال؛ در

جدول ۲. نتایج معناداری آماره های آزمون من کندال متغیرهای اقلیمی ایستگاه های حوضه آبریز قره قوم

Golmakan										Mashhad									
month	pr			Tmax			Tmin			month	pr			Tmax			Tmin		
	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop		Z	p-value	slop	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop
Jan	-1.4108	0.1583	-0.3817	3.1298	0.001749	0.13789	1.934	0.05311	0.05106	Jan	-2.4811	0.0131	-0.7632	2.7081	0.006766	0.11914	2.1581	0.03092	0.06647
Feb	0.064874	0.9483	0.07663	2.0919	0.03645	0.11236	1.3953	0.1629	0.06334	Feb	-0.30811	0.758	-0.2993	1.9627	0.04968	0.10407	1.8814	0.05992	0.09643
Mar	1.0865	0.2773	0.4746	2.3514	0.0187	0.12194	3.0177	0.002547	0.0919	Mar	0.66487	0.5061	0.2858	1.6477	0.09941	0.08488	3.2113	0.001321	0.11324
Apr	1.0056	0.3146	0.3102	-0.40552	0.6851	-0.01771	0.4704	0.6381	0.01858	Apr	0.47028	0.6382	0.3041	0.79461	0.4268	0.0292	1.0056	0.3146	0.03764
May	1.5894	0.112	0.4972	2.1409	0.03229	0.08477	3.6497	0.000263	0.0957	May	1.573	0.1157	0.1261	2.1084	0.035	0.07889	3.746	0.00018	0.11805
Jun	1.7202	0.08539	0.1442	2.352	0.01867	0.05386	2.4334	0.01496	0.04381	Jun	0.048769	0.9611	-0.1647	2.2865	0.02222	0.04564	3.3244	0.000886	0.06364
Jul	0.58054	0.5615	0.02771	2.8062	0.005013	0.06168	2.1574	0.03098	0.04207	Jul	-0.11915	0.9052	0.02218	1.9787	0.04785	0.04177	3.7136	0.000204	0.06718
Aug	-0.49906	0.6177	0.01843	0.72974	0.4655	0.01801	1.7192	0.08558	0.03558	Aug	0.97607	0.329	-0.00361	-0.58387	0.5593	-0.00518	2.7413	0.00612	0.04867
Sep	-0.35349	0.7237	-0.08653	1.8489	0.06447	0.05245	2.2388	0.02517	0.0697	Sep	0.55205	0.5809	-0.1114	0.55143	0.5813	0.01761	3.0027	0.002576	0.07954
Oct	0.42168	0.6733	0.3598	0.25957	0.7952	0.006055	0.8597	0.39	0.02835	Oct	0.64914	0.5162	0.3936	-0.22706	0.8204	-0.00848	2.1733	0.02976	0.06824
Nov	0.30811	0.758	0.1358	-1.0541	0.2919	-0.05058	-0.19462	0.8457	-0.00664	Nov	0.40541	0.6852	0.191	2.0111	0.04431	0.08581	0.32437	0.7457	0.008196
Dec	-2.4163	0.01568	-0.5339	1.5406	0.1234	0.06109	0.3738	0.7086	0.01296	Dec	-1.8973	0.05779	-0.6071	0.73057	0.465	0.02641	0.55143	0.5813	0.01721
Spring	1.7676	0.07713	1.282	2.1244	0.03364	0.063	3.9573	7.58E-05	0.06873	Spring	0.9892	0.3226	0.7161	1.3135	0.189	0.04486	4.0379	5.39E-05	0.08965
Summer	2.0271	0.04266	1.1904	2.9676	0.003001	0.04452	3.9573	7.58E-05	0.04049	Summer	0.35681	0.7212	-0.1461	1.6379	0.1015	0.07741	4.4271	9.55E-06	0.05983
Autumn	0.30811	0.758	0.409	0.097312	0.9225	0.002642	2.2865	0.02222	0.03047	Autumn	1.3135	0.189	0.4731	-1.3784	0.1681	0.02556	3.4865	0.000489	0.05199
Winter	-2.0271	0.04266	-0.839	2.9352	0.003334	0.10378	2.4163	0.01568	0.04245	Winter	-2.5784	0.009925	-1.6696	2.9193	0.003508	0.08321	3	0.002699	0.06004

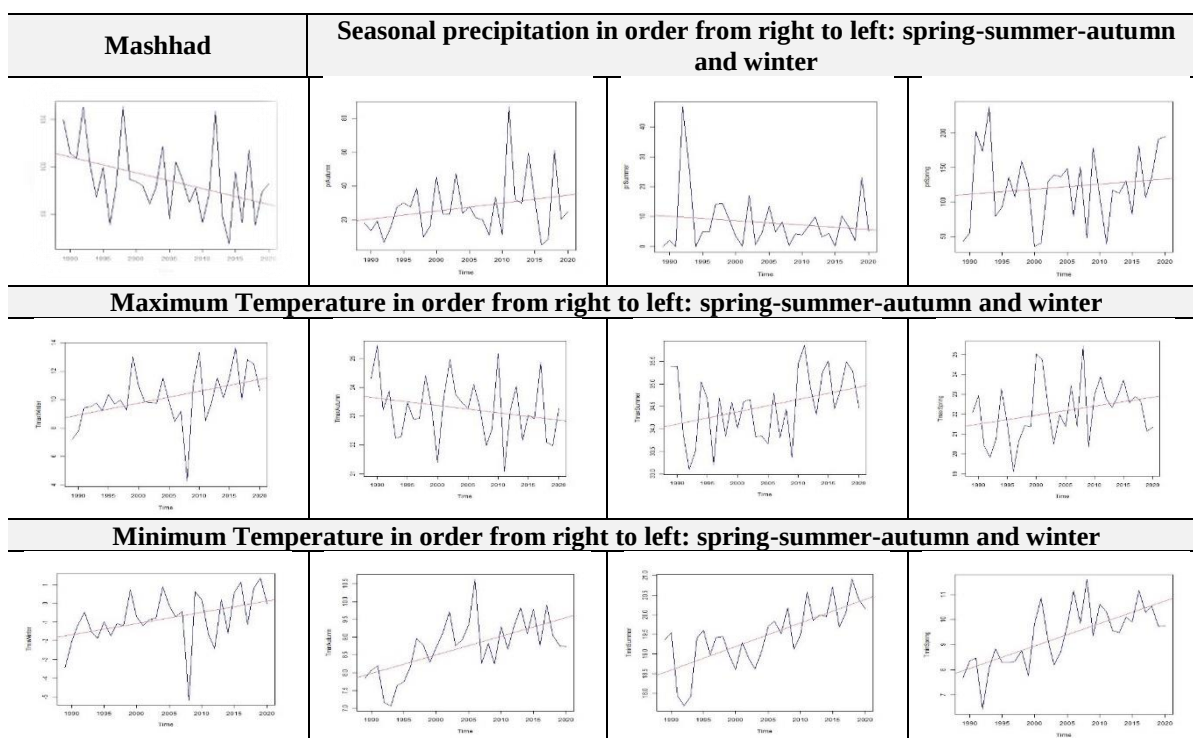
Golmakan										Mashhad									
month	pr			Tmax			Tmin			month	pr			Tmax			Tmin		
	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop		Z	p-value	slop	Z	p-value	slop	Z	p-value	slop
Jan	-1.2846	0.1989	-0.5286	1.6776	0.09343	0.0509	1.5531	0.1204	0.0623	Jan	-0.74605	0.4556	-0.1911	2.4468	0.01441	0.09894	1.461	0.144	0.04411
Feb	0.17841	0.8584	-0.03203	1.4634	0.1433	0.05186	2.052	0.04017	0.08304	Feb	0.76217	0.446	0.5292	1.7782	0.07537	0.07545	1.3164	0.188	0.03498
Mar	-0.3925	0.6947	-0.1834	2.1409	0.03228	0.12508	3.7294	0.000192	0.14883	Mar	0.11352	0.9096	3.33E-03	2.5067	0.01219	0.11639	2.6433	0.008211	0.09982
Apr	0.89205	0.3724	0.632	-0.30335	0.7616	-0.01629	2.1773	0.02946	0.05675	Apr	0.016216	0.9871	0.1157	0.74605	0.4556	0.02679	1.0216	0.307	0.03504
May	0.78501	0.4325	0.1453	1.9268	0.054	0.10004	2.7301	0.006331	0.124	May	0.86045	0.3895	-0.07564	3.9908	6.58E-05	0.15809	4.0703	4.70E-05	0.1258
Jun	-0.25095	0.8019	-0.07063	2.4264	0.01525	0.05101	3.4486	0.000563	0.11711	Jun	0.78708	0.4312	-0.08109	4.1363	3.53E-05	0.09542	3.1622	0.001566	0.0604
Jul	0.1641	0.8697	0.11372	1.1418	0.2535	0.03054	4.8357	1.33E-06	0.10527	Jul	-0.14366	0.8858	-0.01077	4.5256	6.02E-06	0.10918	3.4405	0.000581	0.06545
Aug	0.32549	0.7448	0.04747	-1.374	0.1694	-0.02214	2.8555	0.004297	0.07764	Aug	0.12919	0.8972	-0.00213	3	0.002699	0.06892	2.076	0.0379	0.03904
Sep	0.69073	0.4897	0.01767	0.16059	0.8724	0.02431	3.1063	0.001894	0.09799	Sep	-0.423	0.6723	-0.04834	3.114	0.001846	0.08275	2.4328	0.01498	0.06707
Oct	1.0719	0.2837	0.3362	0.24977	0.8028	0.01293	2.4621	0.01381	0.10339	Oct	1.4069	0.1594	0.4086	0.82704	0.4082	0.0362	1.8973	0.05779	0.06457
Nov	1.1061	0.2687	0.4071	-1.4277	0.1534	-0.08306	0.87435	0.3819	0.02533	Nov	1.9622	0.04974	0.4011	-1.4926	0.1355	-0.0651	-0.50284	0.6151	-0.01442
Dec	-0.74932	0.4537	-0.6989	0.67796	0.4978	0.01667	0.30335	0.7616	0.01135	Dec	-2.0595	0.03945	-0.638	1.5765	0.1149	0.05731	-0.76881	0.442	-0.02112
Spring	0.53523	0.5925	0.5939	2.1052	0.03527	0.06961	3.9964	6.43E-05	0.10987	Spring	0	1	0.04335	3.1298	0.001749	0.10043	4.0222	5.77E-05	0.0869
Summer	1.3559	0.1751	0.09056	1.6952	0.09004	0.0198	4.6387	3.51E-06	0.1	Summer	0.016842	0.9866	-0.09398	4.9305	8.20E-07	0.09117	4.5244	6.06E-06	0.05496
Autumn	1.3916	0.164	0.761	-0.94573	0.3443	-0.01527	3.7466	0.000179	0.07557	Autumn	2.2217	0.02631	0.7614	0.69731	0.4856	0.01795	2.9193	0.003508	0.03907
Winter	-1.4986	0.134	-1.2595	1.4273	0.1535	0.03981	2.623	0.008715	0.05223	Winter	-0.53514	0.5926	-0.2999	3.0177	0.002547	0.07723	1.2162	0.2239	0.01932

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

دمای کمینه در تمام فصول در ایستگاه‌های گل‌مکان، مشهد، نیشابور روند افزایشی معنادار دارد. دمای بیشینه نیز در تمام ایستگاه‌ها در اکثر ماه‌ها دارای روند افزایشی است در حالیکه تنها در فصل زمستان است که در تمام ایستگاه‌ها بجز نیشابور روند افزایشی دیده می‌شود (جدول ۲). در ادامه نتایج به بررسی تغییرات فصلی متغیرهای دما و بارش در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه پرداخته شد:

ایستگاه مشهد: بر اساس شکل ۲ و جدول ۲ تغییرات روند متغیر بارش در سه فصل بهار، تابستان و پاییز در ایستگاه مشهد روند معناداری ندارد و تنها در فصل زمستان در دوره سی ساله مورد مطالعه روند کاهشی معنادار در سطح خطای یک درصد با شیب $-۱/۶۶$ قابل مشاهده است.

بر اساس جدول ۲ با مقایسه نتایج تحلیل روند در ۴ ایستگاه مشخص شد که متغیر بارش تنها در برخی از ماه‌های سال و در برخی ایستگاه‌ها دارای روند معنادار است. همچنین روند فصلی تغییرات بارش در سی سال اخیر در ایستگاه نیشابور معنادار نبوده است. روند بارش در ایستگاه مشهد در فصل زمستان با شیب $-۱/۶۶$ دارای روند کاهشی معنادار در سطح خطای یک درصد بوده است. در ایستگاه‌های گل‌مکان نیز روند دما در فصل زمستان با شیب $-۰/۸۳$ دارای روند کاهشی معنادار در سطح خطای پنج درصد بوده است. روند افزایشی بارش تنها در دو ایستگاه منطقه مورد مطالعه شامل گل‌مکان در فصل تابستان و سرخس در فصل پاییز به ترتیب با شیب $۰/۴۰$ و $۰/۷۶$ در سطح خطای پنج درصد معنادار بوده است. متغیر دمای کمینه در اکثر ایستگاه‌ها و در بیشتر ماه‌ها و فصول سال روندهای شدید افزایشی معنادار را نشان دادند.



شکل ۲. نمودار فصلی ایستگاه مشهد شامل متغیرهای اقلیمی بارش (بالا)، دمای بیشینه (وسط) و دمای کمینه (پایین)،

منبع: نگارنگان، ۱۴۰۰

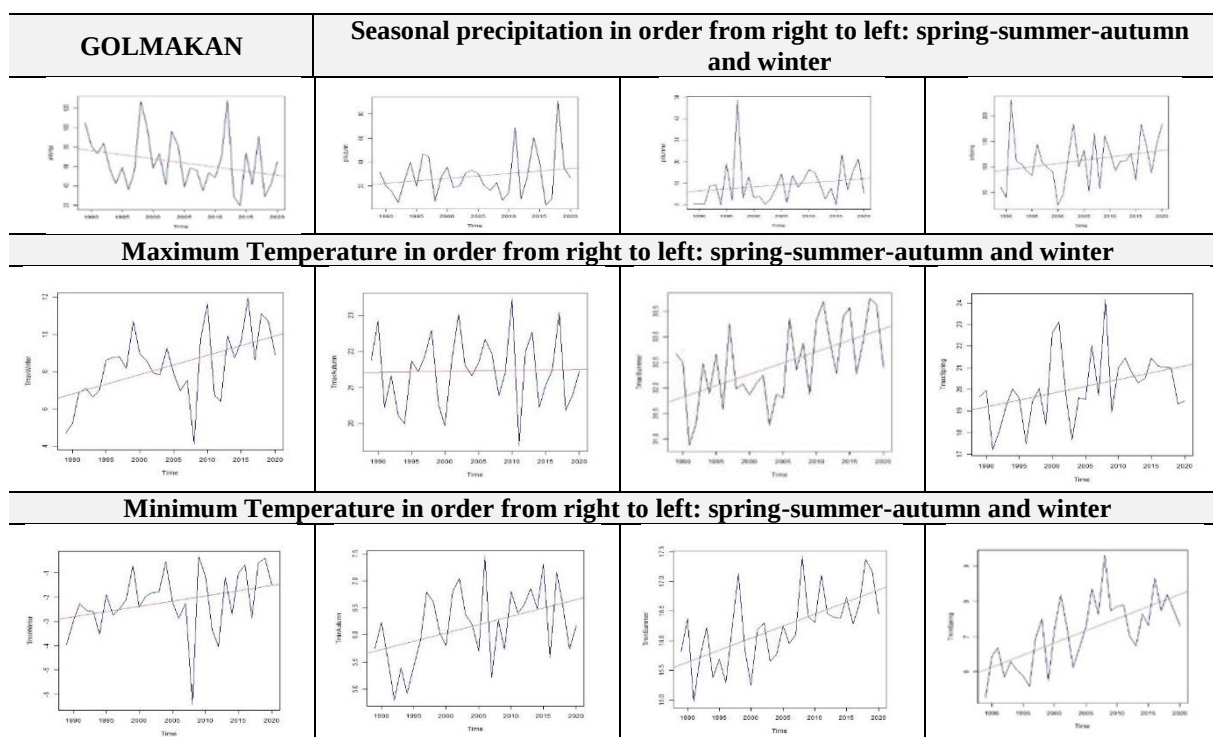
شیب معادل $۰/۰۸۹$ ، $۰/۰۸۹$ ، $۰/۰۶۱$ و $۰/۰۶۰$ در طی سی سال روند افزایشی معنادار در سطح خطای یک درصد نشان می‌دهد. بر اساس مقادیر شیب شدت روند در فصلهای گرم سال بیشتر از فصول سرد سال است. در ایستگاه مشهد در مجموع در

روند افزایشی دمای بیشینه نیز تنها در فصل زمستان در سطح خطای یک درصد با شیب $-۰/۰۸۳$ در دوره سی ساله معنادار است. دمای کمینه در تمام فصول سال معنادار بوده که بر اساس شیب خط روند به ترتیب در بهار، تابستان، پاییز و زمستان مقادیر

در فصل زمستان هر سه متغیر بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه روند معنادار در ایستگاه مشهد داشته اند (شکل ۲). روند کاهشی بارش همراه با روند افزایشی دما حاکی از شرایط نامساعد هیدرولوژیکی مورد انتظار برای منابع آبی است.

ایستگاه گلکمان: در این ایستگاه هر سه متغیر بارش و دمای بیشینه و کمینه در فصول تابستان و زمستان دارای روند معنادار بوده اند. متغیر بارش در فصلهای تابستان و زمستان به ترتیب دارای روند افزایشی و کاهشی با شیب $0/19$ و $-0/83$ - که است (شکل ۳).

در سطح خطای پنج درصد معنادار است. دمای بیشینه در فصل بهار در سطح خطای پنج درصد روند افزایشی معنادار با شیب $0/06$ و در فصل تابستان و زمستان در سطح خطای یک درصد دارای روند افزایشی معنادار با شیب $0/03$ بوده است. دمای کمینه در هر چهار فصل در سطح خطای یک درصد با شیبهای $0/06$ ، $0/04$ ، $0/03$ و $0/04$ روند افزایشی معنادار را تجربه نموده است (شکل ۳).



شکل ۳. نمودار فصلی ایستگاه گلکمان شامل متغیرهای اقلیمی بارش (بالا)، دمای بیشینه (وسط) و دمای کمینه (پایین)،

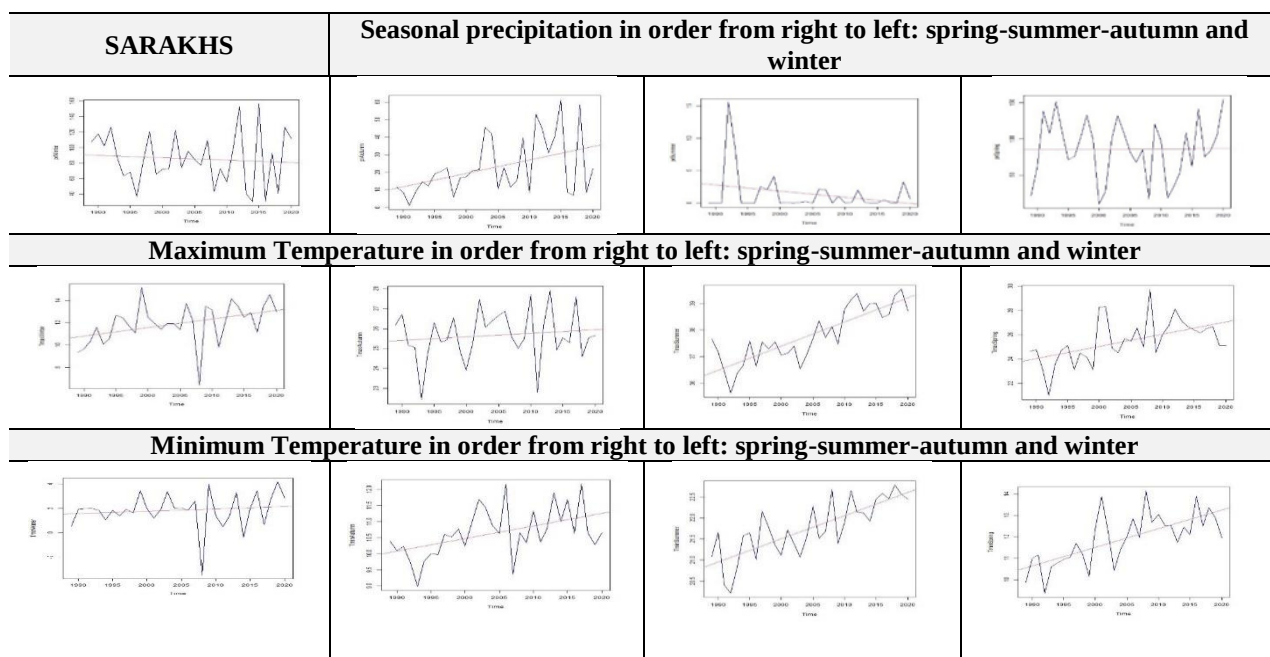
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

ایستگاه سرخس: روند تغییرات بارش در این ایستگاه تنها در فصل پاییز و برخلاف سایر ایستگاهها روند افزایشی معنادار با شیب $0/76$ را در سطح خطای پنج درصد نشان می دهد. دمای بیشینه در فصول بهار، تابستان و زمستان به ترتیب با شیب $0/10$ ، $0/09$ و $0/07$ در سطح خطای یک درصد روند افزایشی شدید با مقدار Z بیش از ۴ در فصل تابستان نشان می دهد. دمای کمینه نیز در فصول بهار، تابستان و پاییز روند افزایشی معنادار به ترتیب با شیب $0/08$ ، $0/05$ و $0/03$ دارد که شدت روند افزایشی در فصول تابستان و بهار با مقادیر Z بیش از ۴ حاکی از شدت افزایش دما در این ایستگاه در فصول گرم می باشد (شکل ۴).

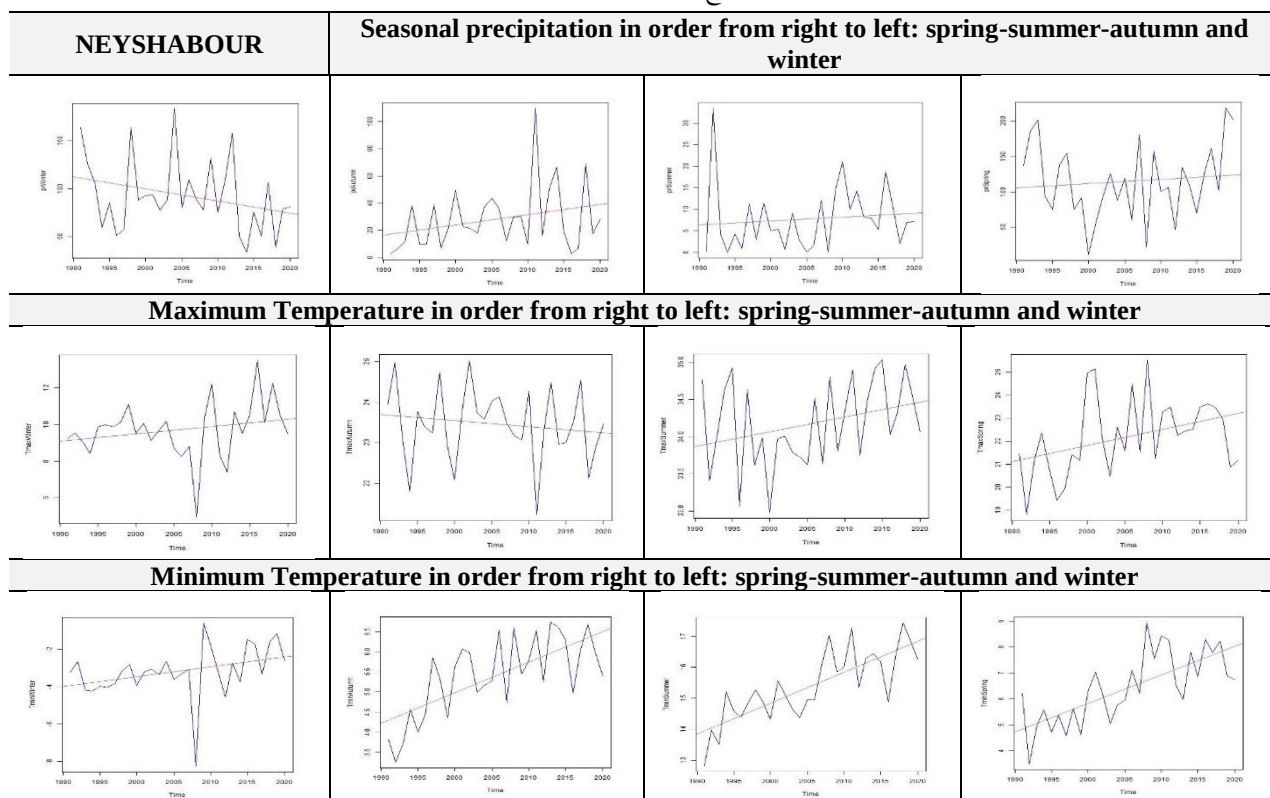
ایستگاه نیشابور: در این ایستگاه روند تغییرات بارش معنادار نیست. دمای بیشینه نیز تنها در فصل تابستان دارای روند افزایشی معنادار در سطح خطای پنج درصد است. دمای کمینه در هر چهار فصل در سطح خطای یک درصد با شیب $0/10$ ، $0/10$ ، $0/07$ و $0/05$ به ترتیب در بهار، تابستان، پاییز و زمستان روند افزایش دما را تجربه نموده است که شدت افزایش دمای کمینه

در فصل پاییز و برخلاف سایر ایستگاهها روند افزایشی معنادار با شیب $0/76$ را در سطح خطای پنج درصد نشان می دهد. دمای بیشینه در فصول بهار، تابستان و زمستان به ترتیب با شیب $0/10$ ، $0/09$ و $0/07$ در سطح خطای یک درصد روند افزایشی شدید با مقدار Z بیش از ۴ در فصل تابستان نشان می دهد. دمای کمینه نیز در فصول بهار، تابستان و پاییز روند افزایشی معنادار به ترتیب با شیب $0/08$ ، $0/05$ و $0/03$ دارد که شدت روند افزایشی در فصول تابستان و بهار با مقادیر Z بیش از ۴ حاکی از شدت افزایش دما در این ایستگاه در فصول گرم می باشد (شکل ۴).

در ایستگاه نیشابور در فصل تابستان بیشتر از سایر فصول با Z بیش از ۴ است (شکل ۵).



شکل ۴. نمودار فصلی ایستگاه سرخس شامل متغیرهای اقلیمی بارش (بالا)، دمای بیشینه (وسط) و دمای کمینه (پایین)
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۵. نمودار فصلی ایستگاه نیشابور شامل متغیرهای اقلیمی بارش (بالا)، دمای بیشینه (وسط) و دمای کمینه (پایین)
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

با مقایسه و تحلیل روند متغیرهای اقلیمی در چهار ایستگاه منطقه مورد مطالعه، دمای کمینه در تمام فصول در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه بغیر از سرخس روند افزایشی معنادار دارد. بطوریکه دمای کمینه در فصل تابستان روند افزایشی معنادار نشان نمی‌دهد در حالیکه در سرخس در فصول گرم روند افزایش معنادار دارد.

بررسی و تحلیل روند دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که در پاییز در هیچکدام از ایستگاه‌ها روند معناداری را نشان ندادند. روند دمای بیشینه در سه فصل بهار، تابستان و زمستان در ایستگاه‌های گلکان و سرخس از نوع افزایشی و معناداری تحت تاثیر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی است. روند افزایشی معنادار دمای بیشینه در مشهد فقط در زمستان، در نیشابور در فصل بهار وجود دارد و در مابقی فصول روند معناداری ندارد.

بارش تقریباً در اکثر ماه‌ها و فصول سال رفتار افزایشی یا کاهشی معناداری را نشان نمی‌دهد. ایستگاه گلکان در ماه دسامبر و فصل زمستان روند کاهشی معناداری در مجموع بارش ماهانه دارد در حالی که در فصل تابستان روند و شیب بارش فصلی، مثبت و معنادار است. ایستگاه سرخس در ماه نوامبر و فصل پاییز روند افزایشی معناداری در بارش دارد. برای مشهد این کاهش معنادار بارندگی‌ها در ماه ژانویه و فصل زمستان است. روند افزایشی یا کاهشی بارندگی ماهانه و فصلی در نیشابور در هیچ ماه یا فصلی از سال از نظر آماری معنادار نیست. متغیرهای هواشناسی در نیشابور نسبت به سایر ایستگاه‌ها، رفتار متعادل‌تری نسبت به تغییر اقلیم داشته و تعداد کمتری از روندها در این مناطق از نظر آماری معنادار شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف یافتن تاثیر تغییر اقلیم بر روند ماهانه و فصلی متغیرهای بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه؛ ابتدا داده‌های چهار ایستگاه سینوپتیک مستقر در محدوده حوضه آبریز قره‌قوم که بیش از ۳۰ سال داده مستمر داشتند؛ کنترل کیفیت و آزمون

صحت داده‌ها شدند. سپس روند و شیب خط روند در این ایستگاه‌ها تعیین شد و با استفاده از آزمون آماری ناپارمتریک من-کندال معناداری این روند در سطح اطمینان ۹۵٪ (سطح خطای ۵٪) تعیین شد. کمترین معناداری ماهانه و فصلی برای کلیه ایستگاه‌ها مربوط به متغیر بارش و بیشترین معناداری‌ها به ترتیب مربوط به متغیر دمای کمینه و سپس دمای بیشینه است. این بدان معناست که در اثر تغییر اقلیم دمای کمینه بسیار بیشتر تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار گرفته و گرمایش زمین موجب هر چه بیشتر شدن کمینه دماها و نیز بیشینه دماهای اکثر فصول و ماه‌های سال در نقاط مختلف محدوده آبریز می‌شود (کمتر شدن دماهای سرد، بیشتر شدن دماهای گرم و کاهش دامنه‌ی دما). روند بارش فصلی و ماهانه بی‌نظمی‌های عمدتاً کاهشی را در این ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که این افزایش یا کاهش بارندگی در اکثر ماه‌ها و فصل‌ها از نظر آماری معنادار نیست و تقریباً تمام روندهای معنادار بارندگی، مربوط به فصل زمستان و دارای روند کاهشی معنادار است. تاثیر تغییر اقلیم بر روند افزایشی دمای کمینه در تمام ایستگاه‌ها کاملاً مشهود و معنادار است. روند افزایشی دمای کمینه در تمام ایستگاه‌ها در فصول بهار، تابستان و پاییز از نوع افزایشی و معنادار و دارای روندی با شیب و سرعت زیاد است و در اکثر ایستگاه‌ها در زمستان هم همین رفتار را دارد. افزایش دمای بیشینه نیز در رفتار روندهای ماهانه و فصلی اکثر ایستگاه‌ها مشهود و معنادار است و تعداد کمی از ماه‌ها روندی کاهشی دارند که عمدتاً هم معنادار نیست (بجز ماه نوامبر در مشهد که روندی کاهشی و معنادار در دمای بیشینه دارند). متغیرهای ماهانه و فصلی در نیشابور نسبت به سایر ایستگاه‌ها، رفتار متعادل‌تری نسبت به تغییر اقلیم داشته و تعداد کمتری از روندها در این مناطق از نظر آماری معنادار شده است.

نتایج این مطالعه با تحقیقات انجام شده در مورد روند افزایشی سریعتر در دمای کمینه و پس از آن در مورد دمای بیشینه در اکثر نقاط عرض‌های میانه (Naseri et al., 2021; Kanani et al., 2018; Hasirchian et al., 2013; Babaian et al., 2019; al., 2018)،

Darvand, Sarveh, Eskandari Doman, Hadi, Eskandari, Hamed, Khosravi, Hassan, 2021. Forecasting the trend of changes in temperature and precipitation in the coming period and its effect on desertification. Soil and water modeling and management. 1(1), 53-66. doi: 10.22098/.2021.1181. [in Persian]

Emetadi, H., and Delshab, H., 2019. Predicted possible effects of climate change on coastal mangrove ecosystems of the Persian Gulf with emphasis on temperature and precipitation variables. Environmental Science and Technology, 22(2 (series 93)), 1-13. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=533376> [in Persian]

Gan, T.Y. (1998) Hydroclimatic Trends and Possible Climatic Warming in the Canadian Prairies. Water Resources Research, 34, 3009-3015. <https://doi.org/10.1029/98WR01265>

Gholipour, J., Mousavi Baighi, M., Jabari Nougabi, M., 2017. The effect of climate change on the trend of precipitation events in selected stations of Razavi Khorasan Province. Journal of Geography and Environmental Hazards, N. 27, fall 79, pp. 89-104. [in Persian]

Grima, A., Y.,D., Wang, H., Song, X., in, T., Dorjsuren, B., Fedefaw, M., Abiyu, A., Fikir, D., Wang, J., Yadamjav, O., 2020. Trends of Hydroclimate Variables in the Upper Huai River Basin: Implications of Managing Water Resource for Climate Change Mitigation, Hindawi Advances in Meteorology Volume 2020, Article ID 8817068, 16 pages.

Hasirchian, Mehraveh, Zahabion, Bagher, Khazaei, Mohammadreza, 2018. Evaluation of SDSM model performance in investigating the effect of climate change on precipitation and temperature. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 9(2), 108-120. doi: 10.22125/iwe.2019.87385 [in Persian]

Hejazizadeh, Z., and Parvin, N., 2009. Investigation of temperature and precipitation changes in Tehran during the last half century. Geography and regional planning, 1(first issue), 43-56. [in Persian]

IPCC. 20۱۳. Climate Change, the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in: Solomon S., Qin D.,

و نیز بی‌نظمی در رفتار بارش و کاهش نسبی بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک عرض‌های میانه (Naseri et al., 2021; Kanani et al., 2019; Babaian et al., 2021; Gholipour et al., 2017; Ma et al, 2008)؛ همخوانی بسیار خوبی دارد. انجام اینچنین مطالعاتی با توجه به وقوع اجتناب‌ناپذیر تغییر اقلیم و نیز نبود تحقیقات جامع و کافی در این حوزه، جهت برنامه ریزی مدیریتی مرتبط با حوزه‌های مصرف سوخت و انرژی پیشنهاد می‌شود. همچنین مدیریت بهنگام وقوع رخدادهای فرین زیانبخش اقلیمی از قبیل سیل و اموج گرما و خشکسالی، مدیریت کشت محصولات زراعی و باغی و موفقیت در طرح‌های مرتبط با آمایش سرزمین و ... در گرو این مطالعات در مقیاس خرد است.

تقدیر و سپاسگزاری

بنا به اظهار نویسنده مسئول، پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد حسین قربانی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی است، و فاقد حامی مالی می‌باشد.

۵. فهرست منابع

Ahmadi M., Lashkari H., Keikhosravi Gh. and Azadi M, 2015. Analysis of temperature extreme indices in the detection of climate change in Great Khorasan, Geography (Scientific-Research and International Journal of the Geographical Society of Iran), No. 45, New Edition. [in Persian]

Babaian, E., Zarghami, M., Kohi, M., and Babaiyan, M., Karimian, M., Madiryan, R., 2013. Investigating the behavior of water resources in the Gharaghom basin under the conditions of climate change (case study: Dareh Gaz sub-basin). Water and soil (agricultural sciences and industries). 27(5), 907-918. [in Persian]

Babaian, A., Kohi, M., 2011. Evaluation of agricultural climate indicators under climate change scenarios in selected stations of Razavi Khorasan. Water and soil (agricultural sciences and industries). 26(4), 953-967. [in Persian]

- Ma Z., Kang S., Zhang L., Tong L. and Su X., 2008. Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in arid region of northwest China. *Journal of Hydrology* 352(3-4): 239-249.
- Naseri, Erfan, Masah Boani, Saadi, Tawfiq, 2021. Revealing the change of seasonal fluctuations of climatic variables and attribution to climate change (study area: southern slopes of Central Alborz). *Scientific Journal System*, 8(1), 93-110. [in Persian]
- Shafiei, M. and Ghahraman B., 2009. Investigating spatial changes of maximum possible 24-hour rainfall in Qaraqom watershed, Iranian Irrigation and Drainage Magazine, 3:50-59. [in Persian]
- Wang, X. L. and Y. Feng., 2013. RHtests_dlyPrp User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada. 17 pp.
- Yarahmadi, D., and Azizi, Q. 2007, Multivariate analysis of the relationship between Iran's seasonal rainfall and climatic indicators. *Geographical Research*, 39(62), 161-174. [in Persian]
- Zhang Y, Guan D, Jin C, Wang A, Wu J and Yuan F, 2018. Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in northeast China. *Journal of Hydrology* 410 (3-4): 239-2
- Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.). Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press. In Press
- Kanani, R., Fakheri Fard, A., Ghorbani, M. A., Din Pajoh, Y., 2019. Analysis of the process of gradual and rapid changes in the hydroclimatic factors of the catchment basin (case study: Lighvan Chai basin). *Danesh Water and Soil Science*, Volume 29, Number 1, p. 97-110. [in Persian]
- Kendall, M.G., 1970, *Rank Correlation Methods*, 2nd Ed., New York: Hafner.
- Mann, H.B., 1945, Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13: 245-259.
- Kamal, A. and Masah Bowani, A., 2010. The effect of climate change and fluctuations on runoff with the involvement of the uncertainty of two hydrological models. *Water and soil magazine*: 24.920-931 [in Persian]