



## Evaluation of Climate Change's Treat on Habitats of *Gazella Bennettii* Using Time Series of Satellite Data in the Central Plateau of Iran in the Last 17 Years

Document Type  
Research Paper

Received  
2024/03/11

Accepted  
2024/05/26

Maryam Zolfaghari<sup>1</sup>, Behzad Rayegani<sup>2</sup>, Bagher Nezami Balouchi<sup>3</sup>, Hamid Goshtasb<sup>4</sup>, Ali Jahani<sup>5</sup>

1. Senior Expert in Environmental Science and Engineering, Land-Use Assessment and Planning, Faculty of Environment, Karaj, Iran
2. Associate Professor, Department of Environmental Hazards and Assessment, Institute of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Biodiversity and Biosafety, Institute of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Natural Environment and Biodiversity, Faculty of Environment, Karaj, Iran
5. Associate Professor, Department of Environmental Hazards and Assessment, Institute of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran



DOI: 10.22034/eiap.2024.333850.2409

### Abstract

Precipitation is including of every rainfall. Level of rainfall is 240 ml in Iran and average of rainfall is 860 ml in the world. For evaluation of precipitation by remote sensing data, TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) was used. The goals of these picture are measurement of precipitation and energy in tropical and subtropical regions of the world. The aim of this research is evaluation of precipitation trends in Central Plateau of Iran and habitats of *Gazella bennettii*. This aim was done by remote sensing data and time series. Using the data for evaluation of precipitation is related to daily pictures of TRMM 3B42 during 2002 to 2018. For this purpose, significance of Mann Kendall and Linear correlation were used for SUM monthly and annual parameters. Analyses show the similarity between two significant methods. The result indicates that in Central Plateau of Iran, there are increasing of significant in Qom, some parts of Semnan and Yazd provinces. Decreasing significant for SUM annual parameter was shown in Khorasan-e Razavi and Semnan. For SUM monthly parameter, there was not any significant reduction. In habitats of *Gazella bennettii*, there was not any significance including increasing or decreasing for two parameters. Research indicate the low and irregular rainfall in arid areas. Current research approved this result too.

**Key words:** Remote sensing, TRMM, Significant of Mann-Kendall, Significant of Linear Correlation, Time series.

\* Corresponding author

Email: [behzad.rayegani@gmail.com](mailto:behzad.rayegani@gmail.com)

## Introduction

Rainfall is considered as one of the complex and vital elements of the Earth's atmosphere, and its temporal and spatial variations can control the environmental characteristics of each geographical region. Therefore, rainfall can be considered as the most important meteorological phenomenon and one of the essential climatic elements. Research sources indicate that rainfall has various practical aspects, such as weather prediction, environmental impact, hydrology, agriculture, watershed management, flood probability estimation, and even climate change assessment worldwide. The direct impact of global warming on precipitation levels is evident, with studies showing a correlation between precipitation and drought. The increase in temperature leads to more evaporation, resulting in surface dryness and an increase in the intensity and duration of drought. Various types of storms, such as thunderstorms, extratropical rain, snowstorms, and tropical storms, create more intense rainfall with increased humidity. Changes in wind patterns do not significantly alter rainfall patterns but can lead to drying in arid regions and increased moisture in moderate to high geographical latitudes.

Rainfall is a crucial parameter in the hydrological cycle, playing a significant role in hydro-meteorological and agricultural studies. Understanding the temporal and spatial diversity in rainfall time series is essential for scientific, practical, and water resource management purposes. Given the high variability of rainfall in space and time and the inability to provide high-resolution spatial rainfall data using rain gauge stations, the use of remote sensing techniques is of great importance. Satellite imagery with high spatial resolution is recommended for this purpose.

Rainfall is considered as one of the most important variables in the watershed, and therefore, remote sensing data on rainfall in Iran, where the largest extent consists of dry and semi-dry areas, is essential. In recent decades, the use of satellite data and remote sensing techniques for meteorological research has become prevalent. Remote sensing technology and geographic information systems are suitable tools for filling the information gap and evaluating areas facing statistical data scarcity. However, the temporal and spatial accuracy of these data needs to be evaluated before use.

The TRMM satellite, with its high spatial and temporal resolution, provides valuable information on global precipitation estimation. It was launched to measure oceanic and tropical rainfall and its impact on global climate using microwave imaging, radar, and infrared and visible scanners. The TRMM satellite orbits the Earth several times a day, collecting necessary information.

The *Gazella bennettii*, a species of gazelle in Iran, is considered as an endangered species. The impact of climate change on the habitat of this species has been overlooked, despite human interventions, land use changes, and climate change posing significant challenges to biodiversity conservation. The current population of this species is estimated at 2818, with scattered populations in 32 protected areas in Iran. The study of time series data falls into two general categories: static and non-static models. Remote sensing has wide applications in various fields related to spatial information, including geological studies, agriculture, climate studies, environmental pollution, and biodiversity studies.

The aim of this research is to evaluate and investigate the trend of changes in rainfall in the central plateau of Iran and the habitats of *Gazella bennettii* using remote sensing data and time series analysis from 2002 to 2018.

## Methodology

The central plateau of Iran is bordered by the Zagros mountain range to the northwest and west, and by the Alborz mountains to the north, with dry lowlands located to its south. Iran covers an area of one million six hundred and fifty thousand square kilometers, situated between 44 to 63 degrees longitude and 25 to 39 degrees latitude in the northern hemisphere (southwest Asia). The present-day land of Iran encompasses approximately 62% of the area of the Great Iranian Plateau (the land of ancient Iran), which is two million six hundred and fifty thousand square kilometers in total. Generally, the average annual precipitation on the Iranian plateau ranges between 210 to 230 millimeters, which is less than one-third of the global average annual rainfall (approximately 700 millimeters). The distribution of rainfall is unfavorable, with the majority of it occurring in the narrow northern strip of Iran, covering about ten percent of the country's total area, while the rest of the rainfall is distributed to the peripheral and mountainous regions of the plateau, such as Azerbaijan, Kurdistan, Kermanshah, Fars, and parts of the mountains of Khorasan.

The TRMM precipitation data was used in this study, which includes daily precipitation data. The TRMM satellite, with an orbit at an altitude of approximately 403 kilometers and an inclination of 35 degrees relative to the equatorial orbit, is equipped with five different sensors, including three microwave imagers, a precipitation radar, and an infrared and visible scanner.

The trend of precipitation can be examined using TRMM images, which are available on a daily basis. The trend of rainfall changes during the years 2002 to 2018 was calculated using the Mann-Kendall method and linear correlation for the sum of monthly and annual rainfall, so that first, daily images were prepared to check the precipitation from 2002 to 2018; Then these images were converted into a usable format by the software. In the next step, time series construction was done.

To construct the time series, the earth trend modeler section was used. The time series was constructed on a daily basis. After creating the time series, various analyzes were performed in the pre-processing section and then aggregate series, and different images were created according to the time series. The images prepared in this research were monthly rainfall totals and annual rainfall totals. After creating these images, various analyzes were performed for these images. The analyzes performed in this research were Mann-Kendall and linear correlation. By using these analyzes, the areas with significant increase and decrease were found. The presence points of *Gazella bennettii*, which were initially available in the Excel file, have been converted into point shape file format in order to determine in which provinces the presence of *Gazella bennettii* species is located. These points of presence of *Gazella bennettii* have emerged through continuous field visits in the study area and after observing the species and by recording with GPS. It is necessary to pay attention to the geographical coordinates of the investigated points. These points are in places such as: 1- Siah Kouh National Park located in Isfahan and Yazd provinces 2- Yakhb wildlife sanctuary in Isfahan province 3- Bafaq and Ariz protected areas in Yazd province 4- Bahabad wildlife sanctuary located in Yazd province 5 - Naybandan Wildlife Sanctuary in South Khorasan Province, 6- Raver Wildlife Sanctuary in Kerman, 7- Dare Anjir Wildlife Sanctuary in Yazd Province, 8- Boroie Wildlife Sanctuary in Yazd Province, 9- Abbas Abad Wildlife Sanctuary in Isfahan Province. In order to remove the banding effect in the images, the inverse principal component analysis method was used. The Mann-Kendall test is suitable for detecting trends in hydrological time series, especially for unbalanced and missing data. The primary assumption of most trend analysis studies using the Mann-Kendall test is that the data are independent and randomly ordered. The Mann-Kendall test was initially proposed by Mann in 1945 and further developed by Kendall in 1975. The significance of the Mann-Kendall test was examined at the 1% level. Linear correlation is a natural measure of association for bivariate elliptically distributed variables and is known to have a multivariate normal distribution. The linear correlation test was conducted for monthly and annual images, and the results were compared with those of the Mann-Kendall test. The results obtained from both methods were found to be quite similar.

## Results and Discussion

In the current study, the most suitable product for the precipitation time series is the daily precipitation images. The precipitation images used in this study are the daily TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) images, which are used on a daily basis. TRMM is the first satellite responsible for measuring the structure, rate, and distribution of tropical and subtropical precipitation, using a combination of microwave and radar sensors.

A significant increase was observed in Qom, some parts of Semnan and Yazd provinces. A significant decrease in linear correlation was also observed in parts of Khorasan Razavi and Semnan provinces. Other parts of the provinces did not show a significant trend. The similarity between the significance of linear correlation and Mann Kendall's significance was very high.

First, the point shape file of *Gazella bennettii*'s presence points was determined. In the next step, the point shape file of *Gazella bennettii*'s presence points is converted into a polygon shape file.

No significant increase or decrease in monthly and annual precipitation totals was observed in the study area of the *Gazella bennettii* presence. Therefore, precipitation did not have a significant impact on the distribution of the *Gazella bennettii* presence.

The majority of Iran is located in dry areas. Considering that the average precipitation in recent years has been about 154 millimeters, Iran can be classified as a dry region. Global warming, changes in precipitation, and changes in the frequency of weather events increase the likelihood of climate change. It is worth

mentioning that there is no region in the world that is completely devoid of precipitation. There are areas where it may not rain for years, but the average annual rainfall is very insignificant.

Due to the dryness and heat of the air, scorching sun, blowing wind, and the effect of other factors in dry areas, the amount of annual water evaporation and transpiration is higher than the total amount of water resulting from rainfall throughout the year, and in general, it can be said to be 10 to 20 times. The few annual rainfall, severe annual and seasonal fluctuations, the shortness of the rainfall period and the fall of rainfall in the form of heavy and sudden showers are considered to be the prominent features of the rainfall regimes. The characteristics of precipitation in Iran do not follow a certain regularity. In general, it can be said that dry areas are areas that receive an average of 100 to 250 mm of rain per year. In this research, it is also clear that the rainfall throughout the central plateau and also the places where *Gazella bennettii* is present lacks a clear significant trend. Also, the amount of rainfall does not occur regularly and is often observed without a significant trend in the level of the central plateau of Iran. For example, in the provinces of Isfahan, Semnan, and Yazd, the total annual rainfall in millimeters (average total annual long-term rainfall) is 154, 120, and 93 mm, respectively. In Isfahan province, the amount of precipitation decreases from west to east and from south to north. So that it reaches more than 1000 mm and even 1300 mm in high areas such as Koohrang Heights (adjacent to the province). Rainfall in these mountainous areas is mostly in winter and spring, because western winds and Mediterranean cyclones, which are the main cause of rainfall, rule in these seasons. The weather characteristics of Semnan Province indicate the diversity of its climate. In the current research, Semnan province has both significant increase and decrease and the diversity expressed in this field justifies this conclusion. Climatic diversity shows itself in two ways:

- Extreme semi-desert climate that is specific to the plains, salt desert and parts of the northern and central plateaus of Iran and covers parts of Semnan province including Garmsar and Bon-e Kouh. In these places, the amount of rain and precipitation is small and it usually rains in early spring and in some years in summer.
- The mild semi-desert climate that includes parts of Khorasan, Semnan, Shahroud and Damghan in addition to different parts of Iran. Rainfall in these areas usually occurs in autumn and spring, but the most rainfall occurs in winter.

Yazd province has the lowest amount of rainfall among the cities of the country. Precipitation includes all atmospheric precipitation, including rain, snow and hail. The amount of precipitation in Yazd province shows a 25% increase compared to the last water year without change and compared to the long-term period of 60 years. This result is consistent with the results of the current research, which shows a significant increase in rainfall in Yazd province.

## Conclusion

In general, wildlife and particularly *Gazella bennettii* species are important indicators of biodiversity, and the conservation of animal species requires knowing their relationship with habitat variables. In this study, the relationship between the presence of the *Gazella bennettii* and precipitation parameters was investigated. Climatic factors generally have significant impacts on the distribution of animals. One of the most important factors is the precipitation parameter. In this study, no significant difference was found in the range of *Gazella bennettii* habitats, therefore, the precipitation parameter, which is an important climatic factor, does not have significant effects on the distribution of this species, and significant attention can be given to other climatic factors affecting the distribution of this species. Considering that the water needed by the *Gazella bennettii* is supplied from the consumed fodder, and this species generally feeds on plants with high moisture content, the placement of *Gazella bennettii* habitats in dry and desert areas with limited water resources in the central plateau of Iran is justified based on the results of this study.

Therefore, considering the points mentioned, it is suggested to take action to strengthen vegetation cover in dry areas, especially in *Gazella bennettii* habitats, in order to meet the dietary and water needs of this species. Furthermore, it is suggested that, given the fact that the *Gazella bennettii* is considered as prey for the endangered cheetah species, it is essential to conduct research on the cheetah species as an important species in the future. Through the relationship between the *Gazella bennettii* and the cheetah species, more significant research can be conducted and more information can be obtained about the cheetah species.

**References**

- Akbari, H., Moradi, H. V., Sarhangzadeh, J., & Esfandabad, B. S. 2014. Population status, distribution, and conservation of the Chinkara, *Gazella bennettii*, in Iran (Mammalia: Bovidae). *Zoology in the Middle East*, 60(3), 189-194.
- Babaei Fini, A., & Farajzadeh, M. 2002. Patterns of spatial and temporal changes of precipitation in Iran. *Human Sciences MODARES*, 6 (4): 51-70. (In Persian)
- Hosseini Khezr Abad, A. S., Vali, A., Halabian, A., & Mokhtari, M. H. 2023. Future projection of climatic elements over Yazd province using RCP scenarios. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 14(52), 23-21. (In Persian)
- Kordavani, P. 1999. A discussion about the definitions and characteristics of dry areas, deserts and deserts, *Tehran University Faculty of Literature and Humanities Journal*, 38 (2): 26-54. (In Persian)
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., & Simpson, J. 1998. The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(3), 809-817.
- Madadi, G., Hamzeh, S., & Noroozi, A. A. 2015. Evaluation of rainfall on a daily, monthly and annual basis using satellite imagery (Case study: west boundary basin of Iran). *Journal of Rs and Gis for natural Resources*, 6(2), 59-74. (In Persian)
- Morovati, M., Behnood, M., Bahadori, F., & Aref kia, E. 2019. Assessment of the Desirability of *Gazella Bennettii* Habitat Using the HEP Method (case study: protected area of Sangemes). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 21-28. (In Persian)
- Nezami, B. 2016. Asiatic cheetah: ecology and status of Asian cheetah in Iran, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) publisher (Tehran branch), 1st edition, 246 pages. (In Persian)
- Qobadian, A. 1982. The Central Plateau of Iran, the natural landscape of Yazd province in relation to desert issues (general review, geomorphology, pedology, hydrology and hydrogeology), Ahvaz publishing place, Jundishapur University publisher, 1st edition, 350 pages. (In Persian)
- Rasouli, A. 2018. An introduction to satellite meteorology and climatology, Tabriz University Publisher, 1st edition, 384 pages. (In Persian)
- Rasouli, A., Erfanian, M., Sari Saraf, B., & Javan, Kh. 2014. Comparative evaluation of TRMM estimated rainfall and recorded rainfall of land stations in Lake Urmia basin. *Journal of Geographic Space*, 16 (54): 195-217. (In Persian)
- Rezaei Khozani, A., Kaboli, M., Ashrafi, S., & Akbari, H. 2016. Survey Diet of Asiatic Cheetah *Acinonyx jubatus venaticus* by scat analysis method in Bafgh protected area, central Iran. *Journal of Animal Environment*, 8(2), 1-8. (In Persian)
- Sarhangzadeh, J., & Akbari, H. 2018. Habitat suitability modeling for Chinkara (*Gazella bennettii shikarii*) in Naybandan Wildlife Refuge. *Experimental animal Biology*, 7(3), 59-70. (In Persian)
- Shams, A., Nezami, B., Raygani, B., & Shams Esfand Abad, B. 2019. Climate change and its effects on Asiatic Cheetah suitable habitats in Center of Iran (Case study: Yazd Province). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 1-12. (In Persian)
- Simpson, J., Adler, R. F., & North, G. R. 1988. A proposed tropical rainfall measuring mission (TRMM) satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 69(3), 278-295.
- Sterndale, R.A. 1884. *Natural History of the Mammalia of India and Ceylon*. Thacker, Spink and Co. Calcutta.
- Trenberth, K. E. 2011. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1-2), 123-138.

## ارزیابی اثر پارامتر بارش بر زیستگاه‌های جبیر (*Gazella bennettii*) به کمک سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای در فلات مرکزی ایران در ۱۷ سال اخیر

مریم ذوالفقاری<sup>۱</sup>، بهزاد رایگانی<sup>۲\*</sup>، باقر نظامی بلوچی<sup>۳</sup>، حمید گشتاسب<sup>۴</sup>، علی جهانی<sup>۵</sup>

۱. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط‌زیست گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست، کرج، ایران
۲. دانشیار، گروه ارزیابی و مخاطرات محیط‌زیست، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه تنوع‌زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع‌زیستی، دانشکده محیط‌زیست، کرج، ایران
۵. دانشیار، گروه ارزیابی و مخاطرات محیط‌زیست، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

### چکیده

بارندگی<sup>(۱)</sup> مشتمل بر کلیه نزولات جوی است. میزان نزولات جوی در ایران ۲۴۰ و بارش متوسط در جهان ۸۶۰ میلی‌متر است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی روند تغییرات بارش در محدوده فلات مرکزی ایران و محدوده زیستگاه‌های جبیر با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سری زمانی است. برای ارزیابی بارش از طریق سنجش از دور از تصاویر تی‌آرام<sup>(۲)</sup> استفاده شد. اهداف این تصاویر اندازه‌گیری میزان بارندگی و انرژی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان است. استفاده از این داده‌ها برای ارزیابی میزان بارش مربوط به تصاویر روزانه<sup>(۳)</sup> ماهواره تی‌آرام در طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۸ است. برای این منظور از معنی‌داری روش‌های من‌کندال<sup>(۴)</sup> و همبستگی خطی<sup>(۵)</sup> برای دو پارامتر جمع بارندگی ماهانه<sup>(۶)</sup> و جمع بارندگی سالانه<sup>(۷)</sup> استفاده شد. تحلیل‌ها نشان‌دهنده شباهت نتایج این دو روش معنی‌داری است. نتایج نشان داد در محدوده فلات مرکزی ایران، افزایش معنی‌داری در استان قم مشاهده شد. کاهش معنی‌داری برای پارامتر جمع بارندگی سالانه، در استان‌های خراسان رضوی و سمنان مشاهده گشت. برای پارامتر جمع بارندگی ماهانه هیچ گونه کاهش معنی‌داری مشاهده نشد. در محدوده زیستگاه جبیر هیچ گونه معنی‌داری اعم از افزایش و یا کاهش برای هر دو پارامتر وجود نداشت. پژوهش‌ها نشان‌دهنده بارش کم و نامنظم در مناطق خشک است که تحلیل‌های این پژوهش نیز تاییدکننده این مطلب است.

**کلید واژه‌ها:** سنجش از دور، ماهواره تی‌آرام، معنی‌داری من‌کندال، معنی‌داری همبستگی خطی، سری زمانی

## سرآغاز

بارندگی یکی از عناصر پیچیده و حیاتی اتمسفر زمین محسوب می‌شود و تغییرات زمانی و مکانی آن می‌تواند ویژگی‌های محیطی هر ناحیه جغرافیایی را کنترل کند. بنابراین بارندگی را می‌توان به عنوان مهم‌ترین پدیده جوی و یکی از اصلی‌ترین عناصر اقلیمی تلقی نمود. بررسی منابع تحقیقاتی مبین این واقعیت است که جنبه‌های کاربردی مختلفی نظیر پیش‌بینی شرایط جوی، محیط‌زیست، هیدرولوژی، کشاورزی، مدیریت حوضه‌های آبریز، برآورد احتمال وقوع سیلاب و حتی بررسی تغییرات اقلیمی در اقصی نقاط دنیا با مقوله بارندگی در ارتباط است (Rasouli, 2018; Rasouli et al., 2014). تاثیر مستقیمی از گرم شدن کره زمین بر میزان بارش وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد فاکتور بارش با خشکسالی همبستگی دارد (Rezaei Khozani et al., 2016; Shams et al., 2019). افزایش گرمایش منجر به تبخیر بیشتر و در نتیجه خشک شدن سطح و در نتیجه افزایش شدت و مدت زمان خشکسالی می‌شود (با توجه به این نکته که آب‌وهوای فلات ایران گرم و خشک است، بنابراین بارندگی کم است). طوفان‌ها، چه رعد و برق، باران برون مرزی یا طوفان‌های برفی و چه طوفان‌های گرمسیری با افزایش رطوبت، بارندگی شدیدتری ایجاد می‌کنند. با تغییر متوسط در وزش باد، الگوهای بارندگی تغییر چندانی نمی‌کند بلکه منجر به خشک شدن مناطق خشک می‌شود (عموما در تمام مناطق گرمسیری) و مرطوب‌تر شدن مناطق به‌خصوص در عرض‌های جغرافیایی متوسط تا زیاد می‌شود (Trenberth, 2011). بیش‌ترین حوادث بارندگی شدید در مناطق وسیعی از اراضی به ویژه در مناطق با عرض جغرافیایی میانه رخ داده است<sup>(۸)</sup>. الگوهای بارش برای مناطق مختلف متفاوت است (Raziei et al., 2012). بارش یک پارامتر بسیار مهم در چرخه هیدرولوژی است که زندگی بدون آن امکان‌پذیر نیست و نقش بسیار مهمی در مطالعات هیدرومتئورولوژی و کشاورزی دارد. اطلاعات در مورد تنوع زمانی و مکانی در سری زمانی بارش از نظر علمی و کاربردی و مدیریت منابع آب بسیار مهم است. مطالعات و پیش‌بینی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی از ورودی دقیق بارش مکانی و زمانی بهره می‌برند. کشف تغییرات ناگهانی یا تدریجی در سوابق بارش اخیرا مورد توجه جهان قرار گرفته است (Kundzewicz, 2004; Kundzewicz & Robson, 2004).

(2004). تغییرپذیری زمانی و مکانی بارش انگیزه بسیاری از تلاش‌های تحقیقاتی برای شناسایی انواع گردش گسترده جوی که منجر به وقایع بارندگی می‌شود و تاثیر آن‌ها بر فراوانی و میزان بارندگی است. با توجه به تغییرپذیری زیاد کمیت بارش در مکان و زمان و همچنین به جهت عدم توانایی ارایه داده‌های مکانی بارش با وضوح بالا با استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنجی لزوم به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. از این‌رو استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی بالا توصیه می‌شود. بارندگی به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای حوضه آبریز محسوب می‌شود و به همین جهت، داده‌های سنجش از دور بارش در کشور ایران که بیش‌ترین وسعت آن را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد، ضروری است (Ghafourian et al., 2020b). در دو دهه اخیر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور جهت پژوهش‌های آب‌وهواشناسی رایج شده است. فن‌آوری‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری برای پر کردن خلا اطلاعاتی موجود و جهت ارزیابی و مطالعه مناطقی که با مشکل فقدان و کمبود آمار مواجه هستند، مناسب است. اما لازم است قبل از استفاده از این داده‌ها، دقت زمانی و مکانی آن‌ها ارزیابی شود (Madadi et al., 2015). سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای با داشتن دیدی وسیع و متمرکز با جمع‌آوری، ذخیره و توزیع داده و همچنین داشتن قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا به پایش مناطق عاری از باران‌سنج می‌پردازد. کالیبراسیون داده‌های باران‌سنجی و رادار بسیار گران قیمت و هزینه‌بر است و برای تعیین توزیع بارندگی جهانی مقرون به صرفه نیست. بنابراین تلاش‌هایی برای استفاده از امواج مادون‌قرمز (فروسرخ)<sup>(۹)</sup> و مرئی<sup>(۱۰)</sup> جهت تخمین بارندگی انجام شده است. امروزه ماهواره‌ها با بهره‌گیری از امواج مایکروویو فعال و غیرفعال رادار و سنجنده‌های عمل‌گرا در نور مرئی و مادون‌قرمز، قادر به تخمین بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت برای کل دنیا هستند. استفاده از منابع سنجش از دوری که توانایی ارایه مقادیر عددی داده‌های هواشناسی مانند بارش را داشته باشند، بیش از پیش نیازمند توجه است. از جمله این ماهواره‌ها، می‌توان به ماهواره تی‌آرام اشاره نمود (Ghafourian, 2020a). ماهواره تی‌آرام اولین ماهواره با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا و از ماهواره‌های هواشناسی با

بارندگی‌ها و افزایش میانگین دما، از مهمترین مواردی است که مورد غفلت واقع شده است. دخالت‌های انسانی، تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی، منجر به چالش‌های بسیاری در زمینه حفاظت از تنوع زیستی شده است (Khosravi & Rahimi, 2021). جمعیت حاضر این گونه (۲۰۱۴) به تعداد ۲۸۱۸ تخمین زده شده است که در مناطق تحت حفاظت زندگی می‌کنند. این حیوانات در ۳۲ منطقه محافظت شده در ایران پراکنده شده‌اند. این مناطق شامل: پنج پارک ملی، شش پناهگاه حیات وحش، یک اثر طبیعی ملی، ۱۰ منطقه حفاظت شده و ۱۰ منطقه شکار ممنوع هستند. همین‌طور حداقل ۵۰۰ جبیر در بیرون از مناطق حفاظت شده در ایران زندگی می‌کنند (Akbari et al., 2014). سری‌های زمانی تحت قالب‌های مختلفی مدل‌بندی می‌شوند. وقتی سری‌های زمانی در عمل مورد تحلیل قرار می‌گیرند، مقدار محدودی داده ثبت شده یا یک نمونه وجود دارد. این مدل‌ها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. دسته اول مدل‌های ایستا و دسته دوم مدل‌های غیرایستا هستند. مدل‌های ایستایی، مدل‌هایی هستند که در آن‌ها میانگین و پراکندگی در طول زمان ثابت هستند؛ در غیر این صورت مدل را غیرایستایی گویند (Shahriari et al., 2009; Javidi Sabaghian & Sharifi, 2012). سنجش از دور در تمامی علوم که به نحوی با اطلاعات مکانی در ارتباط هستند کاربرد دارد. داده‌های ماهواره‌ای کاربرد وسیعی در امور کشاورزی و منابع طبیعی دارند. از مهم‌ترین قابلیت‌ها و کاربردهای سنجش از دور می‌توان به طور اختصار به موارد زیر اشاره نمود:

- مطالعات زمین‌شناسی
- مطالعات کشاورزی و جنگلی
- مطالعه تغییرات دوره‌ای
- مطالعه منابع آب و دریا
- مطالعات هواشناسی
- مطالعه آلودگی‌های محیط‌زیستی
- مطالعات تنوع‌زیستی (Dashti et al., 2013).

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی و بررسی روند تغییرات میزان بارش در محدوده‌های فلات مرکزی ایران و زیستگاه‌های جبیر با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سری زمانی است. تحقق این هدف با استفاده از تصاویر روزانه تی‌آرامام انجام‌پذیر است. این پژوهش، بررسی‌ها را در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ انجام می‌دهد.

سیستم سنجش از دور غیرفعال است که اطلاعات ارزشمندی در زمینه بلایای طبیعی در اختیار کاربران قرار می‌دهد و با استفاده از تصاویر ارسالی این ماهواره امکان ثبت و تجزیه و تحلیل مداوم مقادیر بارش در سطح زمین فراهم می‌شود (Qarabeigli et al., 2012; Madadi et al., 2015). این ماهواره در ۲۷ نوامبر سال ۱۹۹۷ با همکاری مشترک سازمان ملی هوانوردی سازمان فضایی آمریکا<sup>(۱۱)</sup> و آژانس اکتشافات هوا-فضای ژاپن<sup>(۱۲)</sup> به فضا پرتاب شد. هدف از پرتاب این ماهواره اندازه‌گیری بارندگی در سطح اقیانوس‌ها و مناطق گرمسیری و چگونگی تاثیر این بارش بر آب‌وهوای جهانی با استفاده از ابزار تصویربرداری میکروموج<sup>(۱۳)</sup>، رادار بارش<sup>(۱۴)</sup> و اسکندر فرسوخ و مرئی<sup>(۱۵)</sup> است (Kummerow et al., 1998). این ماهواره در ارتفاع تقریبی ۳۵۰ کیلومتری زمین قرار داشته و دارای پنج سنجنده اصلی است که هر یک به نوعی پارامترهای وابسته به بارش را اندازه‌گیری می‌کنند. ماهواره تی‌آرامام در هر روز چندین بار از مناطق مختلف کره زمین عبور کرده و اطلاعات لازم را برداشت می‌کند. تکرار برداشت‌ها و عبور این ماهواره برای مناطق مختلف کره زمین متفاوت است و بستگی به عرض جغرافیایی محدوده موردنظر دارد (Ershadi & khiabani, 2013). پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه به‌کارگیری داده‌های تی‌آرامام بیشتر در زمینه پیش‌سیل و اعتبارسنجی و مقایسه این داده‌ها با داده‌های زمینی است، از جمله می‌توان به برآورد بارش در کویت با استفاده از داده‌های ماهواره تی‌آرامام (Ud din et al., 2008) و در کشور هند (Mishra et al., 2012) اشاره کرد (Ahmadi & Narengi Fard, 2018). رادار هواشناسی یکی از سیستم‌های فعال سنجش از دور است که امکان تخمین بارندگی شامل میزان بارندگی، شدت و نوع آن در مدت زمان مشخص را فراهم می‌آورد.

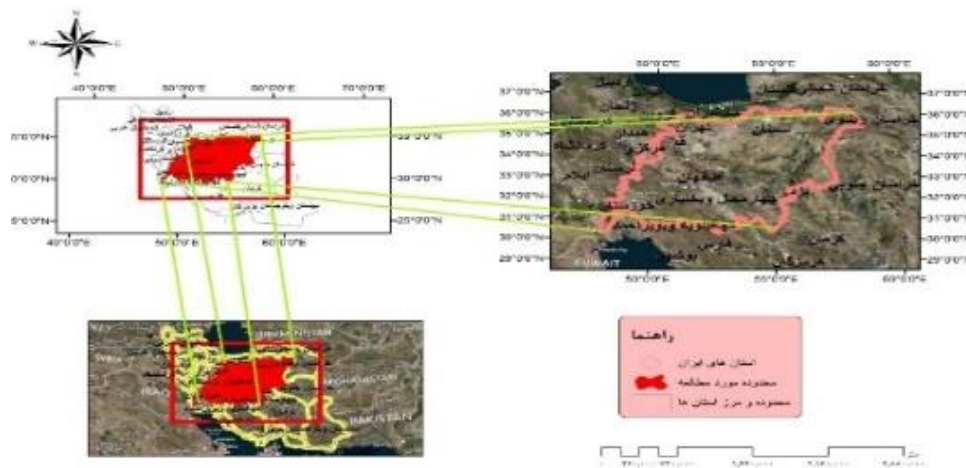
با توجه به وضعیت و تعداد جبیر (*Gazella bennettii*) در ایران، این حیوان یکی از گونه‌های در معرض خطر ایران محسوب می‌شود و با تشکیل سازمان شکاربانی و نظارت بر صید در پیش از انقلاب، از اولین گونه‌هایی بود که تحت حفاظت قرار گرفت (Nezami, 2016). در زمینه بررسی وضعیت زیستی این گونه در زیستگاه‌های ایران، بیشتر به شکار و عوامل تهدید گونه پرداخته شده است. در صورتی که بررسی اثر تغییرات آب‌وهوا بر روی وضعیت حیات این گونه در زیستگاه‌ها، با توجه به کاهش

## مواد و روش‌ها

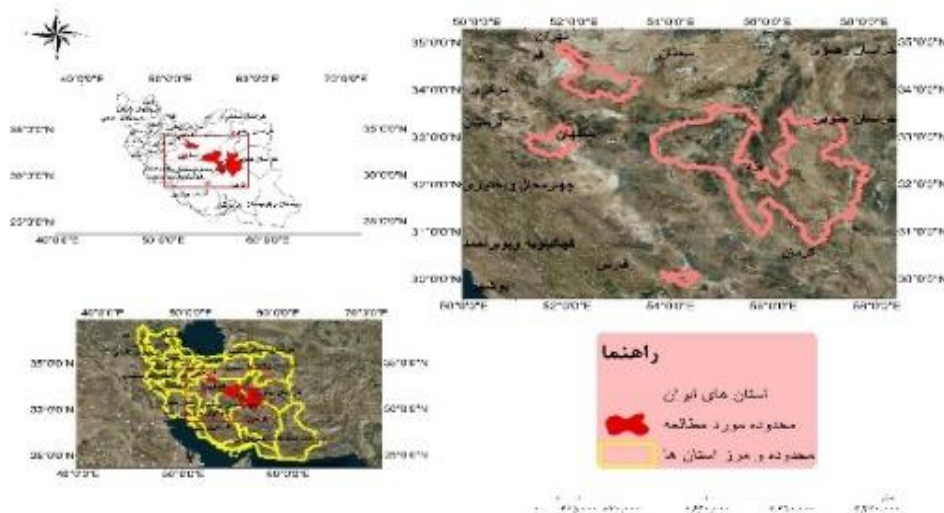
## منطقه مورد مطالعه

فلات مرکزی ایران از شمال‌غرب و غرب به رشته کوه‌های زاگرس و از شمال به البرز محدود است و در جنوب آن زمین‌های پست خشک واقع شده است. کشور ایران با مساحت یک میلیون و ششصد و پنجاه هزار کیلومتر مربع بین ۴۴ تا ۶۳/۱۵ درجه طول و ۲۵/۴ تا ۳۹/۴۵ درجه عرض جغرافیایی در نیم‌کره شمالی (جنوب‌غربی آسیا) واقع شده است. سرزمین امروزی ایران حدود ۶۲ درصد از مساحت دو میلیون و ششصد و پنجاه هزار کیلومتر مربعی فلات بزرگ ایران (سرزمین ایران قدیم) را در بر می‌گیرد. به طور کلی میزان نزولات جوی فلات ایران به‌طور متوسط بین ۲۱۰ تا ۲۳۰ میلی‌متر در سال بالغ

می‌شود که به کم‌تر از یک سوم میزان متوسط باران سالیانه جهانی (حدود هفتصد میلی‌متر) می‌رسد. البته پراکندگی باران نامساعد است، به طوری که قسمت اعظم از نزولات جوی به نوار باریک شمال ایران که وسعت آن به حدود ده درصد مساحت کل کشور می‌رسد متعلق می‌شود، بقیه نزولات هم به مناطق کناری و کوهستانی فلات ایران همچون آذربایجان، کردستان، کرمانشاهان، فارس و قسمتی از کوه‌های خراسان اختصاص می‌یابد. در نتیجه نزولات جوی در فلات مرکزی ایران می‌تواند به کم‌تر از صد میلی‌متر در سال برسد که البته توزیع آن در طول سال نیز نامناسب بوده به طوری که یک شبه می‌تواند بیش از نیمی از باران سالیانه بیارد (Qobadian, 1982).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه در محدوده فلات مرکزی ایران



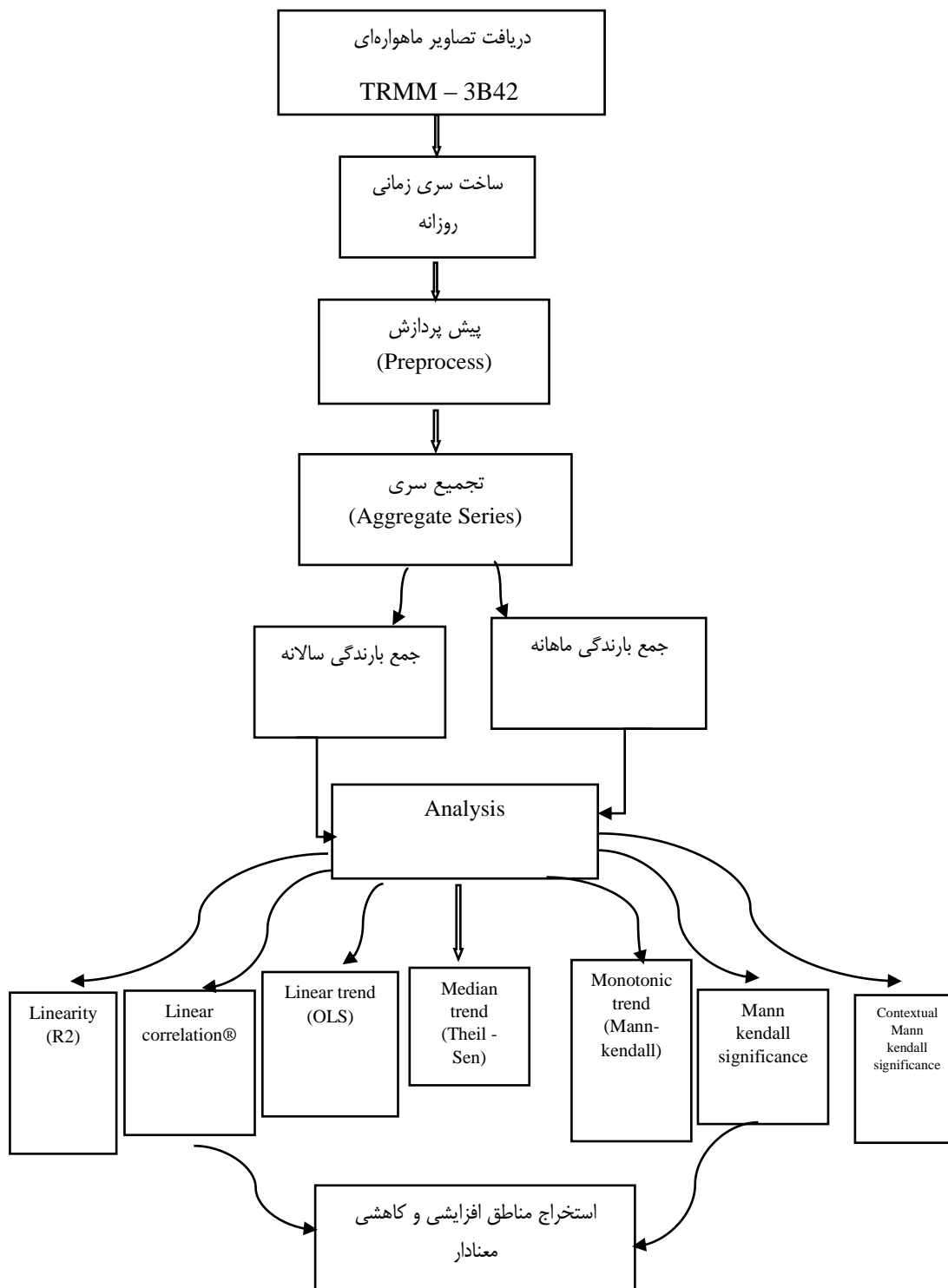
شکل (۲): منطقه مورد مطالعه در محدوده زیستگاه‌های جیبر

## داده‌های مورد استفاده

داده‌های بارش TRMM: در این پژوهش از داده‌های روزانه بارش<sup>(۱۶)</sup> استفاده شده است. از الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای، تی‌آرامام است. ماهواره تی‌آرامام دارای مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع ۴۰۳ کیلومتری با زاویه میل ۳۵ درجه نسبت به مدار استوا قرار گرفته و حاوی پنج سنجنده متفاوت است که سه سنجنده تصویربرداری میکروویو<sup>(۱۷)</sup>، رادار بارش<sup>(۱۸)</sup> و اسکنر مادون‌قرمز و مرئی<sup>(۱۹)</sup> مربوط به اندازه‌گیری بارش<sup>(۲۰)</sup> هستند. ماهواره سنجنش باران گرمسیری<sup>(۲۱)</sup> برای مدت زمان کاری حداقل ۳ سال برنامه‌ریزی شده که از اواسط سال ۱۹۹۰ آغاز به کار کرده است. ابزار دقیق ماهواره تی‌آرامام شامل اولین رادار ماهواره‌ای فضایی کم، یک مایکروویو منفعل چند کاناله رادیومتر و یک رادیومتر با وضوح بالا پیشرفته<sup>(۲۲)</sup> است. مدار ماهواره‌ای ارتفاع کم (حدود ۳۲۰ کیلومتر) خواهد بود. وضوح بالا و شیب کم (۳۰ تا ۳۵ درجه) به منظور بازدید از هر یک از منطقه نمونه‌برداری در مناطق استوایی حدود دو بار در ساعت متفاوت است. بارش احتمالاً مهم‌ترین پیوند در چرخه هیدرولوژیکی است و زندگی در قاره‌های زمین بدون آن غیرممکن خواهد بود (Simpson et al., 1988). بارش یکی از مهم‌ترین ورودی‌های مدل‌های

هیدرولوژی و گیاهی است (Mianabadi et al., 2013). تغییرات زمانی و مکانی زیاد این متغیر، آن را به یک متغیر بحث برانگیز در مدل‌های جوی-اقلیمی تبدیل کرده است (Shirvani & Fakharizadeh Shirazi, 2014). کمبود داده‌های قابل اعتماد و کامل یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در تجزیه و تحلیل بارش و پیش‌بینی‌های هیدرولوژیک در مدیریت منابع آب است (Moazami et al., 2016). در کشور ایران، داده‌های بارش اندازه‌گیری شده در بسیاری از نقاط، دارای محدودیت است (Ghazanfari Moghadam et al., 2011). داده‌های بارش معمولاً از ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی در بازه‌های زمانی مختلف برداشت می‌شوند. تعداد ناکافی، پراکندگی مکانی نامناسب این ایستگاه‌ها و عدم پایش در فاصله زمانی کوتاه‌مدت از مشکلات همیشگی کاربران داده‌های بارش است (Shirvani & Fakharizadeh Shirazi, 2014). همچنین، روش‌های سنتی نیز به علت احتمال اشتباه کاربر، حساسیت و خرابی دستگاه، عدم امکان استقرار دستگاه‌های ثبت‌کننده در مناطق صعب‌العبور گاه از دقت خوبی برخوردار نیستند (Dezfooli et al., 2016).

## روش انجام پژوهش



بارندگی سالانه<sup>(۲۶)</sup> به دست آورده شد. روند تغییرات بارش در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ با استفاده از معنی‌داری روش‌های من‌کندال<sup>(۲۷)</sup> و همبستگی خطی<sup>(۲۸)</sup> برای هر دو پارامتر ذکر شده

بررسی روند بارش به وسیله تصاویر تی‌آرامام امکان‌پذیر است. این تصاویر به صورت روزانه<sup>(۲۳)</sup> هستند. از تصاویر، مجموع<sup>(۲۴)</sup> گرفته شد. به عبارت دیگر جمع بارندگی ماهانه<sup>(۲۵)</sup> و جمع

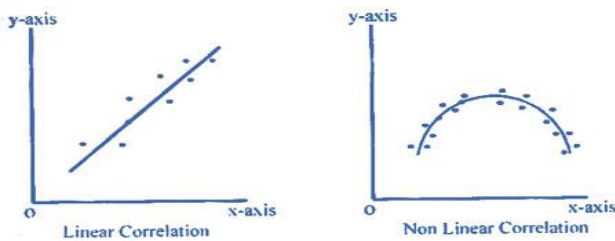
حرکت دورانی یا نوسانی آینه‌های اسکن‌کننده که به صورت افقی و عمود بر مسیر حرکت ماهواره است، تمام نقاط یک خط از تصویر با یک سلول آشکارساز نمونه‌برداری می‌شود. بدین ترتیب این خطا به صورت نوارهای افقی و متناوب در روی تصویر ظاهر می‌شود اما در مورد تصاویر سنجنده‌های آرایه خطی این پدیده به شکل نوارهای عمودی ظاهر می‌شود. زیرا در این سنجنده‌ها همه خطوط تصویر با به‌کارگیری یک آرایه که در عرض شیارها واقع شده ثبت می‌شود و ستون‌های تصویر با حرکت ماهواره در جهت عمود بر اسکن خطوط حاصل می‌شود. در این روش نوارهای ایجاد شده در تصاویر غیرمتناوب است (Carfantan & Idier, 2009). اثر نوارشدگی کیفیت تصاویر به‌دست آمده را کاهش می‌دهد و در پردازش داده‌ها، به صورت نویز تاثیر می‌گذارد. بنابراین، در مرحله پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای با به‌کارگیری روش‌های مختلف به تصحیح این خطا پرداخته شد. به‌طور معمول این روش‌ها به روش‌های حوزه فرکانسی و روش‌های مکانی طبقه‌بندی می‌شوند (Rahmati & Asghari Bejestani, 2016). اما در این پژوهش پس از بررسی‌های متعدد، این نتیجه حاصل شد که نیازی به انجام روش تحلیل مولفه اصلی معکوس نیست چون تصاویر دارای نویزهای قابل توجهی نبودند. به‌وسیله این روش سعی شد تا حد امکان نویزها و اختلالات از بین بروند، در مقابل اطلاعات تا حد امکان حفظ شوند و کم‌تر از بین بروند. نکته مهم در این باره، درباره روش من‌کندال<sup>(۳۱)</sup> است. در این پژوهش، معنی‌داری را می‌توان در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد بررسی نمود. در معنی‌داری در سطح ۱ درصد، اگر اعداد موجود در راهنمای تصویر من‌کندال از  $\pm 2/54$  بیش‌تر و کم‌تر باشد، معنی‌دار است و این معنی‌داری را می‌توان توسط نقشه‌هایی به نمایش درآورد. در معنی‌داری در سطح ۵ درصد نیز، اگر اعداد موجود در راهنمای نقشه از  $\pm 1/96$ ، بیشتر و کمتر باشد، معنی‌دار است و در نقشه سطوح معنی‌دار نمایش داده شدند. در این پژوهش، معنی‌داری در سطح ۱ درصد برای تصویر من‌کندال بررسی شد. معنی‌داری تصاویر همبستگی خطی نیز از اهمیت برخوردار است. اعداد این معنی‌داری برای تصاویر ماهانه  $\pm 0/18$  و برای تصاویر سالانه  $\pm 0/606$  است. در این پژوهش نتایج و نقشه‌های حاصل از معنی‌داری همبستگی خطی و من‌کندال با یکدیگر مقایسه شدند و نتایج حاصل از آن‌ها تا حد زیادی به یکدیگر شبیه بودند. در

محاسبه شد به این‌صورت که ابتدا تصاویر روزانه برای بررسی بارش از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۸ تهیه شد؛ سپس این تصاویر به فرمت قابل استفاده توسط نرم‌افزار تبدیل شد. در مرحله بعد ساخت سری زمانی انجام گرفت. برای ساخت سری زمانی، از بخش مدل‌ساز روند زمین استفاده شد. سری زمانی به صورت روزانه ساخته شد. پس از ساخت سری زمانی، آنالیزهای مختلف در بخش پیش‌پردازش و سپس تجمیع سری انجام پذیرفتند و تصاویر مختلف با توجه به سری زمانی ساخته شد. تصاویر تهیه شده در این پژوهش، جمع بارندگی ماهانه و جمع بارندگی سالانه بودند. پس از ساخت این تصاویر، آنالیزهای مختلف برای این تصاویر انجام شد. آنالیزهای انجام شده در این پژوهش، من‌کندال و همبستگی خطی بودند. با استفاده از این آنالیزها، به مناطق دارای افزایش و کاهش معنی‌داری پی برده شد. جهت جمع‌آوری نقاط حضور جبیر، این نقاط را که در ابتدا در فایل اکسل موجود بودند، به فرمت شیپ فایل نقطه‌ای تبدیل شده تا مشخص گردد حضور گونه جبیر در کدام استان‌ها واقع شده است. این نقاط حضور جبیر به وسیله بازدیدهای میدانی مداوم در محدوده مورد مطالعه و پس از مشاهده گونه و به وسیله ثبت با GPS پدید آمده‌اند. توجه به مختصات جغرافیایی نقاط مورد بررسی ضروری است. این نقاط، در مکان‌هایی مانند: ۱. پارک ملی سیاه‌کوه واقع در استان‌های اصفهان و یزد ۲. پناهگاه حیات‌وحش یخاب در استان اصفهان ۳. مناطق حفاظت شده بافق و آریز در استان یزد ۴. پناهگاه حیات‌وحش بهاباد واقع در استان یزد ۵. پناهگاه حیات‌وحش ناینندان در استان خراسان جنوبی ۶. پناهگاه حیات‌وحش راور کرمان ۷. پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر در استان یزد ۸. پناهگاه حیات‌وحش بوروئیه در استان یزد ۹. پناهگاه حیات‌وحش عباس‌آباد در استان اصفهان واقع شده‌اند. برای برطرف نمودن اثر نواری<sup>(۳۹)</sup> در تصاویر از روش تحلیل مولفه اصلی معکوس<sup>(۳۰)</sup> استفاده شد. در ابزارهای تصویربرداری ماهواره‌ای، در بسیاری از موارد ممکن است یک آشکارساز به طور کامل قطع نشود؛ ولی میزان حساسیت آن کاهش یابد. در این‌صورت به دلیل اختلاف در پاسخ آشکارسازها بر روی تصاویر، نوارهایی دیده می‌شود که به این پدیده، نوارشدگی گفته می‌شود. اثر نوارشدگی پارامترهای متفاوتی دارد که وابسته به ابزار اسکن صحنه و تعداد آشکارسازها است. در تصاویر سنجنده‌های آرایه نقطه‌ای (اپتیکال - مکانیکال) به دلیل

$$\text{رابطه (۴)} \\ Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

(Gocic &amp; Trajkovic, 2013)

آزمون همبستگی خطی: همبستگی خطی یک اندازه‌گیری طبیعی وابستگی برای توزیع بیضوی است و دارای توزیع نرمال چند متغیره شناخته شده به عنوان یکی از اعضای آن است. با این حال، یک برآوردگر همبستگی خطی مانند برآوردگر همبستگی پیرسون محصول - لحظه (برآوردگر استاندارد) مناسب برای داده‌های غیر آلوده (چند متغیره) به طور عادی توزیع شده، عملکرد بسیار بدی برای داده‌های سنگین‌تر یا آلوده دارد.



شکل (۳): همبستگی خطی

### یافته‌ها

در پژوهش حاضر، مناسب‌ترین محصول سری زمانی بارش، تصاویر روزانه بارش است. تصاویر بارش مورد استفاده در این پژوهش، تصاویر روزانه تی‌آرامام<sup>(۳۲)</sup> هستند که به صورت روزانه مورد استفاده هستند. تی‌آرامام، اولین ماهواره‌ای است که مأموریت اندازه‌گیری ساختار، نرخ و توزیع بارش‌های استوایی و نیمه‌استوایی را برعهده دارد و این امر را با استفاده از ترکیبی از سنجنده‌های ماکروویو و رادار انجام می‌دهد (Japan National Space Development Agency Monitoring Center, 2001). در واقع، این ماهواره اولین ماهواره‌ای است که بارش را در سه بعد اندازه‌گیری شدت و توزیع باران، تخمین عمق طوفان و اندازه‌گیری آب معادل ذوب برف بررسی می‌کند (Bazrafshan et al., 2023). بر طبق اطلاعات ارائه شده از طرف ناسا (۲۰۰۱) توان تفکیک مکانی در ثبت بارش‌ها حداقل

طی سال‌های گذشته محققین روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری را جهت بررسی روند ارایه دادند (Hamed & Rao, 1998). در روش‌های پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی که در روش‌های غیرپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گم شده حساسیت کمتری دارند (Hamed, 2008; Hamed & Rao, 1998; Yue et al., 2002). از بین آزمون‌های روند غیرپارامتری برای تشخیص روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی روش من‌کندال مناسب‌تر است. به خصوص برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن هستند و داده‌های پرت دارند (Hamed, 2008; Khaliq et al., 2009). فرض اصلی اغلب مطالعات تحلیل روند با آزمون من‌کندال استفاده از داده‌ها مستقل و به طور تصادفی نظم گرفته است (Bagherpour et al., 2016). آزمون من‌کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارایه و در سال ۱۹۷۵ توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت. یکی از آزمون‌های غالب غیر پارامتریک روند آزمون روند من‌کندال است. فرضیه صفر در آزمون من‌کندال این است که داده‌ها مستقل و تصادفی هستند. تست روند من‌کندال (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۵) محاسبه شده به عنوان:

$$\text{رابطه (۱)} \quad S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

جایی که  $n$  تعداد نقاط داده است،  $x_i$  و  $x_j$  مقادیر داده در سری‌های  $j$ ،  $i$  هستند ( $j > i$ ) و  $\text{sgn}(x_j - x_i)$  تابع علامت است.

رابطه (۲)

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

واریانس این گونه محاسبه می‌شود:

رابطه (۳)

$$\text{Var}(S) = n(n-1) (2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i (t_i-1) (2t_i+5)$$

18

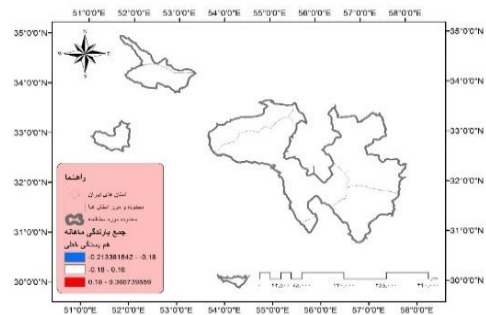
به کمک یکی از معادلات بیان شده در رابطه (۳) آماره  $Z$  محاسبه می‌شود:



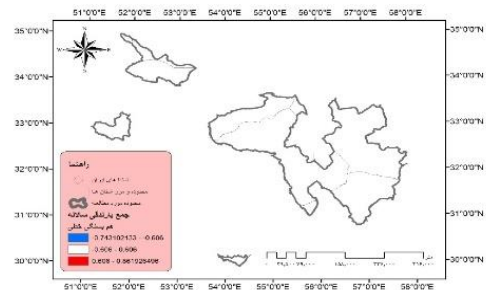
مناطق وجود دارد که ممکن است سال‌ها در آن بارندگی صورت نگیرد ولی متوسط بارش سالانه آن خیلی ناچیز باشد. در چنین مناطقی امکان دارد که بارش چند سال آن، ظرف چند روز و یا حتی چند ساعت ببارد. حتی امکان دارد که باران ببارد و آنقدر کم باشد که به علت گرمی و خشکی شدید هوا، نتواند به زمین برسد و در هوا تبخیر شود (Kordavani, 1999). برخی مناطقی را خشک و به‌ویژه دارای شرایط کویری و بیابانی گویند که بارندگی در آن کم صورت گیرد، میزان بارندگی از میزان تبخیر سالانه کم‌تر باشد و آب قابل استفاده در آن محدود باشد و منطقه از لحاظ پوشش گیاهی فقیر و یا فاقد آن باشد و... و برخی دیگر مناطقی را خشک نامند که در آن مقدار بارندگی در قسمت اعظم سال، کم‌تر از مقدار تبخیر و تعرق مطلق باشد. به طور کلی راجع به برخی خصوصیات آب‌وهوایی مناطق خشک، به‌ویژه بیابانی این‌طور می‌توان گفت:

- بارندگی مناطق خشک کم است.
- نه تنها مقدار بارندگی کم است بلکه نامنظم است.
- مقدار باران در سال‌های مختلف، متفاوت است، اغلب امکان دارد که چندین سال، به نسبت باران کم ببارد یعنی دوره خشکی (خشکسالی) طولانی گردد.

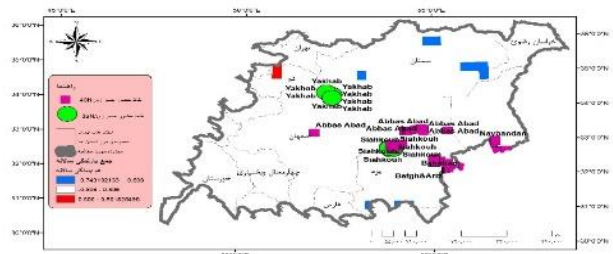
به‌علت خشکی و گرمی هوا و آفتاب سوزان و وزیدن باد و تاثیر دیگر عوامل در مناطق خشک، میزان تبخیر و تعرق سالانه آب، از مجموع آب حاصل از بارندگی‌ها در طول سال بیشتر است و به‌طور کلی شاید بتوان گفت به ۱۰ تا ۲۰ برابر میزان بارندگی سالانه می‌رسد (Kordavani, 1999). فلات ایران در اثر استقرار بین سه صفحه عربستان، اوراسیا و هند به صورت توده برجسته‌ای درآمده است. در اثر این شکل‌یابی تکتونیکی، مرزهای خارجی این فلات به‌صورت برآمده قسمت‌های فرورفته مرکزی و داخلی را در میان گرفته است. واقع شدن ایران بر روی کمربند بیابانی و عمل فرونشینی هوا در این کمربند، کشور ایران را در قیاس با میانگین بارش کره زمین (۸۶۰ میلی‌متر) به سرزمینی خشک به‌ویژه در نواحی کم‌عارضه و کم‌ارتفاع شرقی و داخلی تبدیل کرده است. کشور ایران به‌لحاظ عرض جغرافیایی و همجواری‌اش با پرفشار جنب حاره، علاوه بر کمی بارش، رژیم بارندگی پرنوسانی دارد. بارش‌های سالیانه اندک، نوسانات شدید سالیانه و فصلی، کوتاه بودن دوره بارش و نزول بارش‌ها به‌صورت رگبارهای شدید و ناگهانی از خصوصیات بارز رژیم‌های بارندگی محسوب می‌شود. ویژگی‌های بارش در ایران از



شکل (۸): جمع بارندگی ماهانه در محدوده مطالعاتی حضور جیبر



شکل (۹): جمع بارندگی سالانه در محدوده مطالعاتی حضور جیبر



شکل (۱۰): نمایش نقاط حضور جیبر بر روی نقشه جمع بارندگی سالانه

## بحث و نتیجه‌گیری

بخش اعظم کشور ایران در مناطق خشک واقع شده است. با توجه به این نکته که متوسط میزان بارش در چندین سال گذشته، حدود ۱۵۴ میلی‌متر بوده است، بنابراین می‌توان در تقسیم بندی مناطق، ایران را جزء مناطق خشک به حساب آورد. گرم شدن کره زمین، تغییر بارندگی و تغییر در فراوانی رویدادهای جوی، احتمال وقوع تغییر اقلیم را افزایش می‌دهد (Hosseini Khezr Abad et al., 2023). قابل ذکر است که ناحیه‌ای در دنیا وجود ندارد که به کلی فاقد بارندگی باشد.

اندک است و معمولاً بارندگی آن در اوایل بهار و در بعضی از سال‌ها در تابستان نیز به وقوع می‌پیوندد.

- اقلیم نیمه‌بیابانی خفیف که علاوه بر بخش‌های مختلف ایران، قسمت‌هایی از خراسان، سمنان، شاهرود و دامغان را نیز در بر می‌گیرد. بارندگی در این نواحی، معمولاً در پاییز و بهار نیز صورت می‌گیرد، ولی بیشترین بارندگی در فصل زمستان روی می‌دهد.

استان سمنان، تحت تاثیر جریان‌های هوایی گرم و خشک دشت کویر است. ولی عواملی چون دوری از دریا، جهت و امتداد کوه‌ها، ارتفاع مکان و وزش بادهای نیز در آب‌وهوای آن موثرند (۳۳).

استان یزد در بین شهرهای کشور کم‌ترین میزان بارندگی را دارد. بارش شامل تمامی نزولات جوی است که شامل باران، برف، تگرگ و نظایر آن است. میزان بارش استان یزد در مقایسه با سال آبی گذشته بدون تغییر و در قیاس با دوره دراز مدت ۶۰ ساله ۲۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج حاصل از پژوهش حاضر که در استان یزد شاهد افزایش معنی‌داری بارندگی هستیم، مطابقت دارد. استان گیلان با ۳۹۵ میلی‌متر بارندگی به‌عنوان پر بارش‌ترین استان کشور گزارش شده است.

میزان بارش با توجه به جدول (۱)، مقدار بسیار کمی است که سبب به‌وجود آمدن منطقه‌ای گرم و خشک و تشکیل بیابان‌های وسیع در این ناحیه شده است؛ به‌طوری که در بازه ۶۰ ساله مربوط به بارش حتی در سردترین ماه‌های سال کم‌ترین میزان بارش صفر بوده است؛ همچنین بیشترین میزان بارندگی در تابستان ۰/۳ گزارش شده است. ( Weather report of synoptic station of Yazd city

قانون‌مندی مشخصی پیروی نمی‌کند (Babaei Fini & Farajzadeh, 2002). به‌طور کلی می‌توان بیان نمود مناطق خشک مناطقی هستند که در سال به‌طور متوسط بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر باران دریافت می‌دارند. در این پژوهش نیز مشخص است بارش نیز در سراسر فلات مرکزی و همچنین نقاط حضور جیبر فاقد روند معنی‌داری مشخصی است. همچنین میزان بارندگی به‌طور منظم رخ نمی‌دهد و اغلب بدون روند معنی‌دار در سطح فلات مرکزی ایران مشاهده می‌شود. به‌عنوان مثال، در استان‌های اصفهان، سمنان و یزد به ترتیب مجموع بارندگی سالانه به میلی‌متر (متوسط مجموع بارش دراز مدت سالانه)، ۱۵۴، ۱۲۰ و ۹۳ میلی‌متر است. در استان اصفهان مقدار بارش از غرب به شرق و جنوب به شمال کاهش می‌یابد. به‌طوری که در مناطق مرتفعی مثل ارتفاعات کوهرنگ (در مجاورت استان) به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر و حتی ۱۳۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. بارندگی این مناطق کوهستانی اغلب زمستانی و بهاره است، زیرا بادهای غربی و سیکلون‌های مدیترانه‌ای که عامل اساسی بارش هستند در این فصول حاکمیت دارند (نمایه اقلیمی اصفهان، اداره کل هواشناسی استان اصفهان). خصوصیات جوی استان سمنان نشانگر تنوع در اقلیم آن است. در پژوهش حاضر، استان سمنان هم دارای افزایش و هم کاهش معنی‌داری است و تنوع بیان شده در این زمینه، این نتیجه‌گیری را توجیه می‌نماید. تنوع اقلیمی، به دو شکل خود را نشان می‌دهد:

- اقلیم نیمه‌بیابانی شدید که اقلیم مختص دشت‌ها، کویر نمک و قسمت‌هایی از فلات شمالی و مرکز ایران است و بخش‌هایی از استان سمنان از جمله گرمسار و بن‌کوه را در بر گرفته است. در این نقاط، میزان بارش و نزولات جوی

جدول (۱): داده‌های بارش به‌صورت میانگین، ماکزیمم و مینیمم (Weather report of synoptic station of Yazd city)

ماه	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
میانگین	۱۲/۳	۸/۱	۱۳	۷/۷	۳/۹	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۱/۲	۴/۳	۹/۵
ماکزیمم	۵۶	۴۲	۶۹	۲۵/۵	۲۹	۵/۳	۹	۲	۳	۱۶	۶۴	۵۷
مینیمم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

(Akbari, 2018). در این پژوهش، ارتباط حضور جیبر و پارامتر بارش مورد بررسی قرار گرفت. عوامل اقلیمی به‌طور کلی تاثیرات زیادی بر روی پراکنش جانوران می‌گذارند. یکی از مهمترین

به‌طور کلی حیات‌وحش و به‌خصوص گونه جیبر، از معیارهای مهم تنوع‌زیستی است و حفظ گونه‌های جانوری، نیازمند شناخت ارتباط آن‌ها با متغیرهای زیستگاهی است ( Sarhangzadeh &

2. TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)
3. 3B42
4. Mann Kendall
5. Linear correlation ®
6. SUM Monthly
7. SUM annual
8. IPCC, (2001, 2007)
9. Infrared (IR)
10. (VIS)Visible
11. NASA
12. JAXA
13. TMI
14. PR
15. VISIR
16. TRMM-3B42
17. TMI
18. PR
19. VIRS
20. <http://waterse.ir/radar-rain-methods/>
21. TRMM
22. AVHRR
23. TRMM-3B42
24. SUM
25. SUM Monthly
26. SUM Annual
27. Mann kendall
28. Linear correlation ®
29. Bounding
30. The Denoise Panel (Inverse PCA)
31. Mann-kendall significance
32. TRMM 3B42
33. <http://www.irimo.ir/>

عوامل، پارامتر بارش است. در این پژوهش، هیچ گونه معنی‌داری در محدوده زیستگاه‌های جبیر وجود نداشت و بنابراین، پارامتر بارش که یکی از عوامل مهم اقلیمی است، تاثیرات معنی‌داری بر روی پراکندگی گونه جبیر ندارد و می‌توان معنی‌داری سایر عوامل اقلیمی را بر پراکنش این گونه مورد توجه قرار داد. با توجه به این مورد که آب مورد نیاز جبیر از علوفه مصرفی تامین می‌شود (Sterndale, 1884) و عموماً این گونه از گیاهانی تغذیه می‌کند که دارای رطوبت بالایی هستند (Morovati et al., 2019)، بنابراین قرار گرفتن زیستگاه‌های جبیر در مناطق خشک و بیابانی و دارای منابع آبی محدود در فلات مرکزی ایران با توجه به نتایج این پژوهش قابل توجیه است. بنابراین با توجه به موارد مطرح شده، پیشنهاد می‌شود نسبت به تقویت پوشش گیاهی در مناطق خشک و به‌خصوص زیستگاه‌های جبیر اقدام صورت گیرد تا نیازهای غذایی و نیاز به آب این گونه رفع گردد و همچنین، پیشنهاد می‌شود با توجه به این نکته که گونه جبیر از طعمه‌های گونه در معرض خطر انقراض یوزپلنگ محسوب می‌شود و بررسی بر روی گونه یوزپلنگ به‌عنوان یک گونه مهم، ضروری است، می‌توان در آینده از طریق ارتباط بین گونه جبیر و گونه یوزپلنگ، بررسی‌های قابل توجه بیشتری انجام داد و اطلاعات بیشتری درباره گونه یوزپلنگ به‌دست آورد.

## یادداشت‌ها

### 1. Precipitation

## منابع

- Ahmadi, M., & Narengi Fard, M. 2018. Evaluation of rainfall zones using TRMM satellite data in Fars province, *Journal of Researches in Earth Sciences*, 3 (11): 28-44. (In Persian)
- Akbari, H., Moradi, H. V., Sarhangzadeh, J., & Esfandabad, B. S. 2014. Population status, distribution, and conservation of the Chinkara, *Gazella bennettii*, in Iran (Mammalia: Bovidae). *Zoology in the Middle East*, 60(3), 189-194.
- Babaei Fini, A., & Farajzadeh, M. 2002. Patterns of spatial and temporal changes of precipitation in Iran. *Human Sciences MODARES*, 6 (4): 51-70. (In Persian)
- Bagherpour, M., Seyedian, S. M., Fathabadi, A., & Mohammadi, A. 2016. Investigating the effectiveness of the Mann-Kendall test in identifying the trend of autocorrelated series, *Iranian Journal of watershed management Science*, 11 (36): 11-21. (In Persian)
- Bazrafshan, J., Aghashariatmadary, Z., & Kamali, S. 2023. Evaluation of Quantile Mapping Methods in Bias Correction of the TRMM Satellite's Estimated Precipitation Data During Vegetation Growth Period (Apr-Oct) in Kermanshah Province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 10(2), 4-16. (In Persian)

- Carfantan, H., & Idier, J. 2009. Statistical linear destriping of satellite-based pushbroom-type images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(4), 1860-1871.
- Climatic index of Esfahan, Esfahan Meteorological Administration. (In Persian)
- Dashti, S., Sabz Qabaei, G., Hedayatzadeh, F., & Mohseni, F. 2013. Applications of remote sensing technology in environmental assessment and management, the First International Conference on New Findings in Agricultural Science, Natural Resources and Environment, 25 March, Association for the Development and Promotion of Basic Sciences and Techniques. (In Persian)
- Dezfooli, D., Hosseini, S. M., Moghari, & Ebrahimi, K. 2016. Comparison of TRMM-3B42 V7 and PERSIANN Satellites Precipitation Data with Ground-Based Data (Case study: Gorganrood Basin, Iran). *Journal of Hydrology and Soil Science*, 20(2), 85-98. (In Persian)
- Ershadi, A., & Khiabani, H. 2013. The application of remote sensing in the evaluation of the integrated system of water resources of watersheds, a case study: the project of the master plan of water resources management of the watershed of Kabul, educational workshop on the use of GIS and RS in irrigation and drainage, 129-144. (In Persian)
- Ghafourian, H., Sanaei Nejad, S. H., & Jabbari Nooghabi, M. 2020a. Evaluation of Time Series Models in Prediction of Seasonal Precipitation Based on Remote Sensing Data (Case Study: Arid and Semi-arid Climates). *Journal of Climate Research*, 1399(42), 77-94. (In Persian)
- Ghafourian, H., Sanaei Nejad, S. H., & Jabbari Nooghabi, M. 2020b. Validation of a Seasonal Satellite Precipitation Correction Model to increase the Accuracy of Water Balance in Arid Regions of Iran. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 14(2), 673-685. (In Persian)
- Ghazanfari Moghadam, M. S., Alizadeh, A., Mousavi baygi, M., Farid-Hosseini, A. R., & Bannayan Aval, M. 2011. Comparison the PERSIANN Model with the Interpolation Method to Estimate Daily Precipitation (A Case Study: North Khorasan). *Water and Soil*, 25(1), 207-215. (In Persian)
- Gocic, M., & Trajkovic, S. 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182.
- Hamed, K. H. 2008. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. *Journal of Hydrology*, 349(3-4), 350-363.
- Hamed, K. H., & Rao, A. R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196.
- Hosseini Khezr Abad, A. S., Vali, A., Halabian, A., & Mokhtari, M. H. 2023. Future projection of climatic elements over Yazd province using RCP scenarios. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 14(52), 23-21. (In Persian)
- Javidi Sabaghian, R., & Sharifi, M. B. 2009. Using stochastic models in simulating river flow and predicting average annual river discharge by time series analysis, the first international conference on water resources management, Shahrood University of Technology. (In Persian)
- Khaliq, M. N., Ouarda, T. B., Gachon, P., Sushama, L., & St-Hilaire, A. 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. *Journal of Hydrology*, 368(1-4), 117-130.
- Khosravi, R., & Rahimi, K. 2021. Assessing Distribution Range and Structural Habitat Connectivity of Four Species of Bovidae in Fars Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 10(2), 83-97. (In Persian)
- Kordavani, P. 1999. A discussion about the definitions and characteristics of dry areas, deserts and deserts, *Tehran University Faculty of Literature and Humanities Journal*, 38 (2): 26-54. (In Persian)
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., & Simpson, J. 1998. The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(3), 809-817.

- Kundzewicz, Z. W. 2004. Searching for change in hydrological data. *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques*, 49(1), 3-6.
- Kundzewicz, Z. W., & Robson, A. J. 2004. Change detection in hydrological records—a review of the methodology/revue méthodologique de la détection de changements dans les chroniques hydrologiques. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 7-19.
- Madadi, G., Hamzeh, S., & Noroozi, A. A. 2015. Evaluation of rainfall on a daily, monthly and annual basis using satellite imagery (Case study: west boundary basin of Iran). *Journal of Rs and Gis for natural Resources*, 6(2), 59-74. (In Persian)
- Mianabadi, A., Alizadeh, A., Sanaei-Nejad, S. H., Bannayan Awal, M., & Faridhosseini, A. 2013. The Statistic Assessment of CMORPH Model Output For Precipitation Estimation Over The Northeast of Iran (Case Study: North Khurasan Province). *Water and Soil*, 27(5), 919-927. (In Persian)
- Mishra, A. K., Gairola, R. M., & Agarwal, V. K. 2012. Rainfall estimation from combined observations using KALPANA-IR and TRMM-precipitation radar measurements over Indian region. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 40, 65-74.
- Moazami, S., Golian, S., Hong, Y., Sheng, C., & Kavianpour, M. R. 2016. Comprehensive evaluation of four high-resolution satellite precipitation products under diverse climate conditions in Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 61(2), 420-440. (In Persian)
- Morovati, M., Behnood, M., Bahadori, F., & Aref kia, E. 2019. Assessment of the Desirability of Gazella Bennettii Habitat Using the HEP Method (case study: protected area of Sangemes). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 21-28. (In Persian)
- Nezami, B. 2016. Asiatic cheetah: ecology and status of Asian cheetah in Iran, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) publisher (Tehran branch), 1st edition, 246 pages. (In Persian)
- Qarabeigli, F., Vazifeh Doust, M., Pirmoradian, N., & Ashrafzadeh, A. 2012. Evaluation of active and passive remote sensing systems in precipitation estimation, the first national hydrometeorological conference, May 31st to June 1st, University of Postgraduate Studies of Industry and Advanced Technology. (In Persian)
- Qobadian, A. 1982. The Central Plateau of Iran, the natural landscape of Yazd province in relation to desert issues (general review, geomorphology, pedology, hydrology and hydrogeology), Ahvaz publishing place, Jundishapur University publisher, 1st edition, 350 pages. (In Persian)
- Rahmati, M., & Asghari Bejestani, M. 2016. Presenting a method to eliminate the banding error in the images of line array sensors, *Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics*, 13 (2): 93-102. (In Persian)
- Rasouli, A. 2018. An introduction to satellite meteorology and climatology, Tabriz University Publisher, 1st edition, 384 pages. (In Persian)
- Rasouli, A., Erfanian, M., Sari Saraf, B., & Javan, Kh. 2014. Comparative evaluation of TRMM estimated rainfall and recorded rainfall of land stations in Lake Urmia basin. *Journal of Geographic Space*, 16 (54): 195-217. (In Persian)
- Raziei, T., Mofidi, A., Santos, J. A., & Bordi, I. 2012. Spatial patterns and regimes of daily precipitation in Iran in relation to large-scale atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 32(8), 1226-1237.
- Rezaei Khozani, A., Kaboli, M., Ashrafi, S., & Akbari, H. 2016. Survey Diet of Asiatic Cheetah *Acinonyx jubatus venaticus* by scat analysis method in Bafgh protected area, central Iran. *Journal of Animal Environment*, 8(2), 1-8. (In Persian)

- Sarhangzadeh, J., & Akbari, H. 2018. Habitat suitability modeling for Chinkara (*Gazella bennettii shikarii*) in Naybandan Wildlife Refuge. *Experimental animal Biology*, 7(3), 59-70. (In Persian)
- Shahriari, H.; Shariati, N., & Moslemi, A. 2012. Presenting a method for stable forecasting of time series with application in financial problems using the Robust method, *Financial Knowledge of Securities Analysis*, (15): 114-97. (In Persian)
- Shams, A., Nezami, B., Raygani, B., & Shams Esfand Abad, B. 2019. Climate change and its effects on Asiatic Cheetah suitable habitats in Center of Iran (Case study: Yazd Province). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 1-12. (In Persian)
- Shirvani, A., & Fakharizadeh Shirazi, A. 2014. Comparison of ground based observation of precipitation with TRMM satellite estimations in Fars Province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 2(2), 1-15. (In Persian)
- Simpson, J., Adler, R. F., & North, G. R. 1988. A proposed tropical rainfall measuring mission (TRMM) satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 69(3), 278-295.
- Sterndale, R.A. 1884. *Natural History of the Mammalia of India and Ceylon*. Thacker, Spink and Co. Calcutta.
- Trenberth, K. E. 2011. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1-2), 123-138.
- Ud din, S., Al-Dousari, A., Ramdan, A., & Al Ghaban, A. 2008. Site-specific precipitation estimate from TRMM data using bilinear weighted interpolation technique: An example from Kuwait. *Journal of Arid Environments*, 72(7), 1320-1328.
- Weather report of synoptic station of Yazd city. (In Persian)
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., & Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological processes*, 16(9), 1807-1829.