Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Comparative application of time series models in rainfall forecasting of West Azerbaijan province

Saeed jahanbakhshasl[1] | Ali mohammadkhorshiddoust[2]✉ | Fatemeh abbasighasrik[3] | Zahra abbasighasrik[4]

1. Professor, Department of climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Email: jahanbakhshsaeed@yahoo.com
2. Corresponding author, Professor, Department of climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Email: khorshid@tabrizu.ac.ir
3. Master of Meteorology and climatology, University of Tabri, Tabriz, Iran.
Email: f.abbasighasrik@gmail.com
4. Master of Meteorology and climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Email: z.abbasighasrik@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2021/02/06
Received in revised
2021/04/28
Accepted
2021/05/26
Published
2021/05/29
Published online
2024/01/21

Keywords:
Precipitation,
Time Series Models,
Man-Kendall,
Health Winters model,
West Azerbaijan Province.

ABSTRACT

Assessing and predicting future climate change is of particular importance due to its adverse effects on water resources and the natural environment, as well as its environmental, economic and social effects. Meanwhile, rainfall is also an important climatic element that causes a lot of damage in excess conditions. West Azerbaijan Province is no exception. The aim of this study is to model and predict 30 years of rainfall in West Azerbaijan province. The statistical period studied is 32 years (2019-1987). Selected stations in the province include Urmia, Piranshahr, Takab, Khoy, Sardasht, Mahabad and Mako stations. Average slider time series models, Sarima (seasonal Arima), Health Winters were used for analysis and prediction and also linear regression and Mann-Kendall test were used to determine the data trend. The results show an increasing trend of precipitation in Urmia, Piranshahr, Khoy, Sardasht and Mako stations and a decreasing trend in Takab and Mahabad stations. According to the results of comparing the models used, the Health Winters model with the least error in the absolute mean of deviations, mean squared deviations and the percentage of absolute mean errors was introduced as the best precipitation forecasting model for West Azerbaijan province.

Cite this article: jahanbakhshasl, Saeed., mohammadkhorshiddoust, Ali., abbasighasrik, Fatemeh., & abbasighasrik, Zahra. (2025). Comparative application of time series models in rainfall forecasting of West Azerbaijan province. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 75 (24), 98-115. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.10

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.10

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

The increase in greenhouse gases during climate interactions ultimately leads to increased evaporation from the sea surface, followed by an increase in humidity and changes in the amount of precipitation worldwide, known as climate change. Meanwhile, one of the effects of climate change is its impact on rainfall patterns. Therefore, since meteorological factors such as rainfall are the most significant elements influencing the control and management of limited water resources, it is necessary to have a more accurate understanding in order to plan and optimize water resource management. Precipitation plays a vital role in the management of various agricultural and industrial projects, and changes in its levels in future periods within each region are of utmost importance.

Material and Methods

The research methodology employed in this study is primarily based on statistical analysis utilizing time series models. The precipitation data utilized in this study were obtained from the General Meteorological Organization. These data were initially converted from a daily format to monthly, quarterly, and yearly formats. Subsequently, the data were sorted, and statistical analysis was performed using Minitab and Xlstat software. Furthermore, ARC GIS software was employed to generate maps for visual representation. The selection of these specific meteorological stations was driven by the availability of comprehensive historical data spanning from 1987 to 2018, as well as their strategic geographical locations. To investigate and predict both seasonal and annual precipitation patterns at the selected stations, various time series models, including the average slider model, SARIMA (Seasonal ARIMA), Holt-Winters method, linear regression, and the Mann-Kendall test were applied.

Results and Discussion

The average slip model indicates a decreasing trend of precipitation in the studied stations, with the exception of spring, which shows a noticeable upward trend. Consequently, alternative models have been employed for prediction. The second model utilized for the study area is the Sarima model (seasonal Arima). The outcomes of this model demonstrate that the precipitation data exhibit consistent correlation across all sections, with a parallel correlation that is statistically significant at a 95% confidence level. The third model employed is the Health Winters model, which exhibits complete consistency between the fitted and predicted data, making them indistinguishable from one another. This indicates an increasing trend in annual precipitation for future periods. The linear regression test confirms the increasing trend of precipitation in the upcoming years and establishes the statistical significance of the data at a 95% confidence level. The Monkendall test, conducted at the 5% level, reveals an increasing trend of precipitation in Urmia, Piranshahr, Khoy, Sardasht, and Mako stations, while Takab and Mahabad stations exhibit a decreasing trend.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Conclusion

Among the models utilized, the Health Winters model emerged as the most appropriate model for precipitation prediction in the study area, based on its significantly lower values of absolute mean errors, mean squared deviations, and absolute mean percentage of errors compared to other models. These findings align with the conclusions reached by Samandari (2018), Goodarzi and Roozbehani (2017), and Abdollahnejad (2015) in their respective research. While many researchers have advocated for the use of artificial neural network models for rainfall prediction and considered them as effective forecasting tools, this study aimed to explore an alternative model that had not been previously applied in the study area. The results of this research employing time series models further confirmed the suitability of the Health Winters model for precipitation prediction.

Keywords: Precipitation, Time Series Models, Man-Kendall, Health Winters model, West Azerbaijan Province

References

Abdollahnejad, Kamel, 2014, random time series models in forecasting monthly rainfall, Journal of Geographical Survey of Space - Golestan University Scientific Quarterly - 5th year - serial number 17, pp. 15-25.

Goodarzi, Leila, Roozbahani, Abbas, 2015, investigation of the effectiveness of time series and Halt-Winters models in forecasting monthly temperature and precipitation (Letian), Irrigation Science and Engineering, Volume 40, Number 3.

Samandari, Rabab (2017). Statistical analysis and prediction of the probability of heavy rains in the northwest of the country, master's thesis, under the guidance of Betoul Zinali and Broumand Salahi, Faculty of Literature and Human Sciences, Department of Geography, Mohaghegh Ardabili University.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

کاربرد تطبیقی مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی بارش استان آذربایجان‌غربی[۱]

سعید جهانبخش اصل [۱]، علی محمد خورشیددوست [۲]✉، فاطمه عباسی قصریک [۳]، زهرا عباسی قصریک [۴]

۱. استاد گروه آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران رایانامه: jahanbakhshsaeed@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران رایانامه: khorshid@tabrizu.ac.ir
۳. کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: f.abbasighasrik@gmail.com
۴. کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: z.abbasighasrik@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۱/۱۸
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۰/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۳/۰۵
تاریخ انتشار:
۱۴۰۰/۰۳/۰۸
تاریخ انتشارآنلاین:
۱۴۰۲/۱۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
پیش‌بینی بارش،
مدل‌های سری‌زمانی،
من-کندال،
مدل هلت وینترز،
استان آذربایجان‌غربی.

چکیده

ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در آینده به دلیل اثرات سوء آن بر منابع آبی و محیط طبیعی و همچنین دارا بودن اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان، بارش نیز از عناصر مهم اقلیمی محسوب می‌شود که در شرایط مازاد، خسارات فراوانی را به بار می‌آورد. استان آذربایجان‌غربی نیز از این خسارات مستثنی نیست. هدف پژوهش حاضر مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش ۳۰ ساله در استان آذربایجان‌غربی است. دوره آماری موردمطالعه ۳۲ سال (۲۰۱۹-۱۹۸۷) می‌باشد. ایستگاه‌های منتخب در سطح استان شامل ایستگاه‌های ارومیه، پیرانشهر، تکاب، خوی، سردشت، مهاباد و ماکو می‌باشند. از مدل‌های سری‌زمانی میانگین لغزان، ساریما (آریمای فصلی)، هلت وینترز برای تجزیه‌وتحلیل و پیش‌بینی استفاده شد و همچنین برای تعیین روند داده‌ها از رگرسیون خطی و آزمون من-کندال بهره گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی بارش در ایستگاه‌های ارومیه، پیرانشهر، خوی، سردشت و ماکو و روند کاهشی در دو ایستگاه تکاب و مهاباد می‌باشند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه مدل‌های مورداستفاده، مدل هلت وینترز با دارای بودن حداقل خطا در میانگین مطلق انحرافات، میانگین مجذور انحرافات و درصد میانگین مطلق خطاها بهترین مدل پیش‌بینی بارش برای استان آذربایجان‌غربی معرفی شد.

استناد: جهانبخش اصل، سعید؛ محمد خورشیددوست، علی؛ عباسی قصریک، فاطمه؛ و عباسی قصریک، زهرا (۱۴۰۳). کاربرد تطبیقی مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی بارش استان آذربایجان‌غربی. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۷۵ (۲۴)، ۱۱۵-۹۸. http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.10

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[۱]. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان کاربرد تطبیقی مدل های سری زمانی در پیش‌بینی بارش استان آذربایجانغربی می‌باشد که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی تهیه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای طی واکنش‌های متقابل اقلیمی، در نهایت موجب افزایش تبخیر از سطح دریاها و به دنبال آن افزایش رطوبت و تغییر در مقادیر بارش در سطح جهان می‌شود که تحت عنوان تغییر اقلیم شناخته شده است. بدین ترتیب یکی از اثرات تغییرات اقلیمی تأثیر آن در رژیم‌های بارشی است. شناخت توزیع زمانی و مکانی، شدت و دوام و عوامل مؤثر بر بارش نه تنها از لحاظ اقلیم‌شناسی اهمیت دارد، بلکه به لحاظ برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، کشاورزی و هیدرولوژیکی و ... از ارزش شایان توجهی برخوردار است. با توجه به آن‌که بارش از عناصری است که در معرض تأثیرات ناشی از تغییرات اقلیم قرار دارد، بررسی تغییرات آن در سال‌های آینده می‌تواند راهگشای معضلاتی چون سیلاب‌های ناگهانی، خشک‌سالی‌های شدید و غیره شود. ازآنجایی‌که عناصر هواشناسی از جمله بارش مهم‌ترین عنصر تأثیرگذار بر نحوه‌ی کنترل و مدیریت منابع محدود آبی می‌باشند. به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب نیاز به شناخت دقیق‌تر از آن وجود دارد. بارش از عوامل مهم در مدیریت انواع پروژه‌های کشاورزی و صنعتی بوده و تغییرات مقادیر آن در دوره‌های آتی در هر منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به ویژگی‌های خاص مکانی، موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی، انطباق و با هم‌بینی تغییرات مکانی و زمانی و هر منطقه تهیه نقشه کمک شایانی به برنامه‌ریزی‌های محیطی جامع‌تر خواهد نمود محمدخورشیددوست و همکاران (۱۳۹۶). تحقیقات زیادی برای پیش‌بینی بارش توسط پژوهشگران داخلی و خارجی صورت گرفته است، از جمله جهانبخش و قویدل (۱۳۸۲) با استفاده از سری زمانی تجزیه، روند خطی و پولینومینال و شاخص مک کال خشک‌سالی‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه را پیش‌بینی کرده‌اند نتایج نشان داد که وجود نوسان‌های شدید بارش سالانه در وقوع خشک‌سالی در اکثر ایستگاه‌ها قابل پیش‌بینی است. حلبیان و دارند (۱۳۹۱) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بارش اصفهان را پیش‌بینی کرده‌اند نتایج نشان‌دهنده این است شبکه عصبی مصنوعی به‌خوبی رابطه غیرخطی بین مقادیر ماهانه بارش را پیش‌بینی می‌کند. نبوی‌زاده (۱۳۹۲) پیش‌بینی بارش روزانه ایستگاه کرمان را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام داد و نتیجه گرفت که با افزایش مؤلفه‌های مؤثر ورودی، شبکه دقت بالاتری را در پیش‌بینی بارش نشان می‌دهد. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش‌های آماری و مدل آریما تحلیل سری زمانی را برای ایستگاه خوی انجام داده‌اند نتایج نشان داد که الگوی آریما، الگوی برتری برای پیش‌بینی بارش سالانه می‌باشد. محمد خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۷) پیش‌بینی بارش‌های سنگین سواحل جنوبی دریای خزر را با استفاده از مدل Lars-wg انجام دادند نتیجه نشان‌دهنده افزایش بارندگی‌های ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متری در سال‌های آتی است و ایستگاه انزلی بیشترین تعداد روزهای همراه با بارش را خواهند داشت. رباب سمندری (۱۳۹۷) با استفاده از مدل هلت وینترز بارش سنگین شمال غرب کشور را پیش‌بینی کرده‌اند و نتایج تحقیق نشان داد این مدل برای پیش‌بینی بارش مدل مناسبی است. سلگی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ژن و ماشین برداری رگرسیونی بارش ماهانه نهاوند را پیش‌بینی کردند نتایج نشان داد مدل برنامه‌ریزی ژن برای پیش‌بینی بارش ماهانه ایستگاه وراینه در شهرستان نهاوند مناسب است. هاستیرانس و گریسچار (۱۹۹۵)[2] ریزش‌های جوی تابستانه جنوب آفریقا را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی موردبررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که تجزیه‌وتحلیل بارش در ارتباط با شاخص نوسان جنوبی تنها با روند غیرخطی شبکه‌های عصبی مصنوعی قابل پیش‌بینی است.

بورلاندا و مانتانا (۱۹۹۶[3]) با استفاده از مدل‌های آریما پیش‌بینی بارندگی‌های ساعتی در زمان وقوع آن‌ها و مقایسه با داده‌های باران‌سنجی را انجام دادند نتایج نشان داد که با افزایش مدت دوام بارندگی، پیش‌بینی‌ها روند دقیق‌تری داشته و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان باران پیش‌بینی شده از مقادیر واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود. چوی (۱۹۹۹)[4] پیش‌بینی بارش را با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کرد و نتیجه نشان داد هر دو مدل کارایی بهتری برای پیش‌بینی بارش دارند. آستین (۲۰۰۱)[5] پیش‌بینی بارش فصلی نیجریه را با استفاده از رگرسیون

[2]. Hastenrath & Greischar
[3] .Borlanda & Montana
[4]. Choi
[5]. Astine

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

چندگانه بررسی کرد و نشان داد که همبستگی بالا بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده وجود دارد و مدل رگرسیون چندگانه مدل مناسبی برای پیش‌بینی بارش این کشور است. هالید و رید (۲۰۰۲)[۶] با استفاده از روش‌های منطق فازی مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش محلی ماه ژانویه در فرودگاه زانودین اندونزی را دادند. ماریا و همکاران (۲۰۰۵)[۷] با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیونی پیش‌بینی بارش سائوپولو برزیل را انجام داده‌اند. نتایج نشان داد که هر دو مدل برای پیش‌بینی مناسب هستند.

پارنال و کاهیا (۲۰۰۵)[۸] با استفاده از تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی بارش ماهانه ترکیه را در بازه زمانی (۱۹۹۳-۱۹۲۹) بررسی کرده نتیجه گرفتند که بارش ماهانه دارای روند کاهشی بوده و حداکثر روند مربوط به ماه سپتامبر و فصل زمستان است. مشیرا و دیسای (۲۰۰۵)[۹] پیش‌بینی‌های خشک‌سالی را با استفاده از مدل‌های آریما، ساریما و SPI انجام داده‌اند. پیتروسکی و همکاران (۲۰۰۶)[۱۰] پیش‌بینی سیلاب در حوضه آبریز رودخانه نیسا کلودزکا با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و توابع شعایی انجام دادند. نتایج نشان داد که مدل توابع شعایی نتایج بهتر و مناسبت‌تری دارد. دمل و یالکین (۲۰۰۷)[۱۱] مدل کاربرد سری‌های زمانی را در پیش‌بینی سیلاب رودخانه می‌سی‌سی‌پی آمریکا به کار بردند. داهامشه و آکسوی (۲۰۰۹)[۱۲] بارش مناطق خشک اردن را با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره بررسی کردند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی نتایج بهتری نسبت به رگرسیون چند متغیره دارد. دردو (۲۰۱۰)[۱۳] کیفیت آب رودخانه ترکیه را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل آریما بررسی کرد و نشان داد که ترکیب هر دو مدل با هم نتایج بهتری دارد. هاسانا و همکاران (۲۰۱۲)[۱۴] با استفاده از مدل سری‌زمانی آریما و مدل توابع انتقال، پیش‌بینی‌هایی را انجام داده و نتیجه گرفتند که مدل توابع انتقال نتیجه بهتری نسبت به مدل آریما دارد. چانگ و همکاران (۲۰۱۲)[۱۵] پیش‌بینی بارش سه‌ساله یانتی چین را با استفاده از مدل ساریما طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۱ بررسی کردند و نتایج روند کاهشی بارش را نشان داد.

لوهانی و همکاران (۲۰۱۲)[۱۶] با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و اتورگرسیون پیش‌بینی جریان ورودی به مخزن سد بیهاکرای هند را بررسی کرده و نشان دادند که مدل منطق فازی نتایج بهتری نسبت به مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و اتورگرسیون دارد. ناستوس و همکاران (۲۰۱۳)[۱۷] پیش‌بینی بارش یونان و آتن را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. چارلوس و همکاران (۲۰۱۳)[۱۸] پیش‌بینی جریان رودخانه مخزن سالواجسنا در کلمبیا را با استفاده از هوش مصنوعی هیبریدی بررسی کرده و نشان دادند که این مدل قابلیت خوبی برای پیش‌بینی دارد.

یایا و فشی (۲۰۱۵)[۱۹] بارش نیجریه را با استفاده از مدل ساریما پیش‌بینی کردند. نتیجه تحقیق نشان داد که مدل ساریما بهترین مدل برای پیش‌بینی بارش این کشور است.

رضایی و همکاران (۲۰۱۵)[۲۰] جریان رودخانه شورن قاین را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کردند. نتیجه نشان‌دهنده عملکرد بهتر شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رواناب ناشی از بارندگی است. مورسی و همکاران (۲۰۱۸)[۲۱]

6. Halid & Ridd
7. Maria et al
8. Parnal & Kahya
9. Mishra & Desai
10. Pitrowski et al
11. Damle & Yalcin
12. Dahamsheh & Aksoy
13. Durdo
14. Hanasa et al
15. Chang et al
16. Lohani et al
17. Nastos et al
18. Charlos et al
19. Yaya & Fashae
20. Rezaei et al
21. Murthy et al

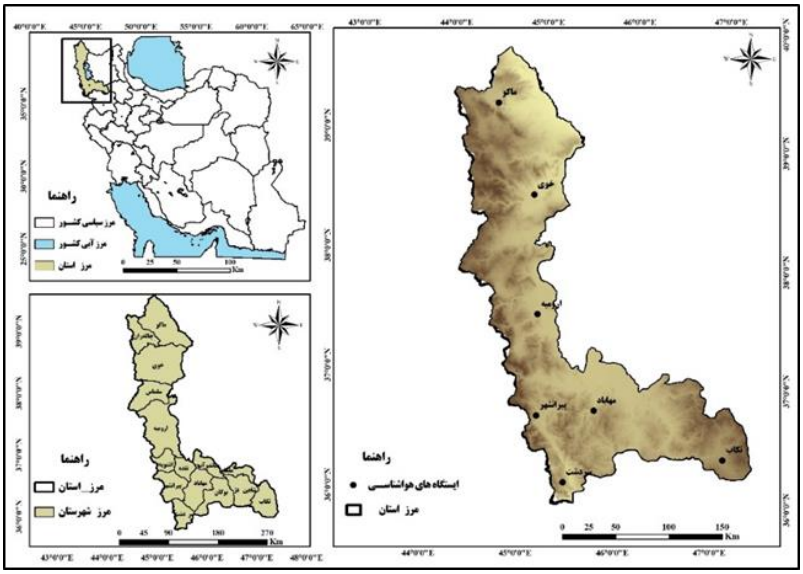
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

به بررسی پیش‌بینی بارش در شمال شرق هند با استفاده از مدل‌های سری‌زمانی پرداخته و نشان دادند که مدل ساریما مدل مناسبی برای تجزیه‌وتحلیل و پیش‌بینی الگوهای بارندگی است.

روش‌شناسی

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق استان آذربایجان‌غربی از نظر جغرافیایی در شمال غرب ایران و در حد فاصل ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد. از شمال با جمهوری‌های آذربایجان و نخجوان، از شمال غرب و غرب با ترکیه و عراق هم‌مرز می‌باشد و از جنوب به استان کردستان و از مشرق به استان‌های آذربایجان‌شرقی و زنجان محدود می‌شود (عبدالله‌زاده ۱۳۸۵). این استان ۳۷۴۱۲ کیلومترمربع (بدون احتساب دریاچه ارومیه)، مساحت دارد. طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن آب‌وهوای استان در قسمت شمال خشک و نیمه‌خشک سرد، در قسمت مرکزی نیمه‌خشک سرد و در جنوب نیمه مرطوب سرد است. توده‌هواهای متفاوتی در فصول مختلف سال وارد این استان می‌شوند ولی در بیشتر مواقع تحت تأثیر توده‌های هوایی غربی قرار دارد. این توده‌های هوا از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه وارد استان شده و منشأ رطوبت و بارش در فصول مختلف به‌ویژه پاییز، زمستان و بهار می‌شوند. البته توده‌های هوای سرد قاره‌ای سیبری و قطبی و توده‌های هوای سرد مرطوب شمال اروپا نیز با ورود به این منطقه باعث کاهش دما و بارش می‌شوند (حیدری، ۱۳۹۵). موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های موردمطالعه در شکل (۱) و مشخصات ایستگاه‌های موردمطالعه در جدول (۱) ارائه شده‌اند.



شکل (۱). نقشه منطقه موردمطالعه و موقعیت آن در ایران

جدول (۱). مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ارومیه	۱۳۴۴/۸۴	۴۵ درجه و ۶ دقیقه	۳۷ درجه و ۶۶ دقیقه
پیرانشهر	۱۵۰۲/۴۷	۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه	۳۶ درجه و ۷۰ دقیقه
تکاب	۱۸۰۶/۲۵	۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه	۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه
خوی	۱۱۴۱/۵۱	۴۵ درجه	۳۸ درجه و ۵۶ دقیقه
سردشت	۱۶۱۵/۳۲	۴۵ درجه و ۴۹ دقیقه	۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه
مهاباد	۱۳۳۲/۴۹	۴۴ درجه و ۳۹ دقیقه	۳۹ درجه و ۳۸ دقیقه
ماکو	۱۴۴۲/۵۱	۴۵ درجه و ۷۲ دقیقه	۳۶ درجه و ۷۵ دقیقه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

داده‌های بارش مورداستفاده در این پژوهش از سازمان کل هواشناسی کشور اخذ گردید. این داده‌ها از حالت روزانه به ماهانه و سپس فصلی و سالانه تبدیل شد و بعد از مرتب شدن آن‌ها، برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار Minitab و Xlstat و برای ترسیم نقشه‌های موردنیاز از نرم‌افزار Arc gis 10.4 استفاده گردید. علت انتخاب ایستگاه‌های مذکور داشتن آمار، قدیمی بودن ایستگاه‌ها و کامل بودن آمار آن‌ها برای دوره‌های ۲۰۱۹-۱۹۸۷ و همچنین مکان مناسب آن‌ها بوده است. در این تحقیق برای بررسی و پیش‌بینی بارش فصلی و سالانه ایستگاه‌های موردمطالعه از مدل‌های سری‌زمانی از جمله: مدل میانگین لغزان، ساریما (آریمای فصلی)، هلت وینترز برای تجزیه‌وتحلیل داده استفاده شد و از رگرسیون خطی و من کندال برای تعیین روند داده‌ها بهره گرفته شد.

مدل میانگین لغزان یکی از روش‌های پیش‌بینی و بررسی ترسالی و خشک‌سالی است. چنانچه تغییرات بارش سالانه در طی یک دوره آماری در نظر گرفته شود به دلیل تغییرات سالانه مقادیر بارش، بررسی روند تغییرات به‌راحتی امکان‌پذیر نیست. روش میانگین لغزان با به‌کارگیری متوسط داده‌ها در یک دوره معین و تشکیل سری‌زمانی جدید این نوسانات را کاهش داده یا به‌عبارتی‌دیگر آن‌ها را هموار می‌کند، بنابراین با حذف یا کاهش نوسانات سالانه، روند تغییرات دراز مدت بارز می‌گردد. میانگین لغزان می‌تواند در پایه‌های زمانی مختلف محاسبه شود که بستگی به طول آمار موردبررسی و تغییرپذیری سری داده‌ها دارد. این مدل از طریق رابطه (۱) قابل‌محاسبه است.

$$x_t(1) = c + \sum_{i=1}^{p} \varphi_i x_{t-i} + \epsilon_t \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱): $\varphi_1, \ldots, \varphi_p$ پارامترهای مدل هستند. C ثابت مدل و ϵ_t خطای وایت نویز مدل هست (رستم اصل و همکاران، ۱۳۹۷).

ساریما (آریمای فصلی) یکی از مدل‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت در تحلیل سری‌زمانی است. این مدل توسط باکس و جنکینز در اوایل دهه ۱۹۷۰ ارائه شد. مدل‌های باکس و جنکینز دو شکل کلی دارند که عبارت‌اند از آریمای غیرفصلی(ARIMA(p,d,q) و آریمای فصلی ضربی (SARIMA(p,d,q)(P,D,Q). P و q به ترتیب مرتبه اتورگرسیون و میانگین متحرک غیر فصلی، P و Q مرتبه اتورگرسیون و میانگین متحرک فصلی هستند دو پارامتر دیگر یعنی d و D به ترتیب تعداد تفاضل‌های غیرفصلی و فصلی را نشان می‌دهند.

آریمای غیرفصلی به شکل رابطه (۲) نوشته می‌شود:

$$\emptyset(B)Z_t = \emptyset(B)(1-B)Z_t = \theta(B)at \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲): Z_t سری‌های مشاهده شده $\emptyset(B)$ ، رتبه چندجمله‌ای Pو $\theta(B)$ رتبه چندجمله‌ای q است. برای سری‌های زمانی فصلی که اغلب به‌صورت چرخه‌ای هستند، تفاضل‌گیری فصلی به کار برده می‌شود. در اینجا مدل فصلی ضربی را به‌صورت رابطه (۳) بیان شده است:

$$(B)\ \emptyset_P(B^s)\ \Delta^d\ \Delta_s^D\ (z_t - \vec{Z}) = \theta_q\ (B)\ \emptyset_q\ (B^s)\ a_1\varphi_p \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه (۳) $\emptyset_q$ و $\emptyset_p$ به ترتیب چند جمله‌های فصلی Q و P هستند. رتبه مدل‌های آریمای فصلی ضربی به شکل (P,D,Q) * (p,d,q) می‌باشد.

در این مدل با استفاده از توابع خودهمبستگی ACF و خودهمبستگی جزئی PACF مدل‌های سری‌زمانی مناسب به داده‌ها برازش داده می‌شود و با استفاده از رفتار این دو تابع خواص ایستایی و فصلی بودن داده‌ها موردبررسی قرار می‌گیرد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

تابع خودهمبستگی (ACF) میزان وابستگی داده‌ها را نشان می‌دهد. این تابع میزان همبستگی سری‌های زمانی را با فواصل زمانی نشان می‌دهد. از این تابع می‌توان بینشی از الگوی احتمالی حاکم بر داده‌ها نشان داد که این امر در برازش مدل مناسب برای داده‌ها کمک می‌کند. با داشتن نمونه‌ای با $x_1 + x_2 + \cdots + x_n$ برای محاسبه همبستگی هر داده با مشاهده قبل و بعد خود در فاصله زمانی k، ابتدا آن‌ها به‌صورت زوج‌های دوتایی مشخص کرده و سپس همبستگی بین آن‌ها محاسبه می‌شود. ضریب خودهمبستگی بین سری‌های زمانی با فاصله زمانی k از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

$$r_k \qquad k= 0, 1, 2, 3, \qquad = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}(x_t-\bar{x})(x_{t-k}-\bar{x})}{\sum_{t=1}^{n}(x_t-\bar{x})^2} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۴) $\bar{x}$ میانگین سری‌زمانی کل می‌باشد. همواره مقدار r_k در محدوده $0 \le r_k \le 1$ متغیر است و همچنین به ازای مقادیر k=0 مقدار ضریب خودهمبستگی همواره یک است (صالحی، ۱۳۹۳).

تابع خودهمبستگی جزئی (PCAF) روش دیگری جهت نمایش ساختار وابسته زمانی یک سری یا یک مدل است. از این تابع می‌توان در تشخیص نوع و مرتبه مدل استفاده نمود. این تابع به‌صورت رابطه (۵) محاسبه می‌گردد احمدی (۱۳۹۹).

$$\text{Corr}\,(x_t\,, x_{t+k}\,|x_{t+1}\ \ldots x_{t+k-1}) \qquad \text{رابطه (۵)}$$

مدل هلت وینترز روشی برای بررسی داده‌های وابسته به زمان است. پیش‌بینی رفتار داده‌های تصادفی، احتیاج به یک مدل آماری دارد که معمولاً پارامترهای این مدل توسط داده‌ها، شناسایی و برآورد می‌شوند. مدل هلت وینترز، شامل سه بخش است. بخش اول، میانگین (مقدار ثابت) نامیده می‌شود که رفتار کلی مدل را نشان می‌دهد و مقادیر پیرامون آن نوسان می‌کنند. بخش دوم روند (شیب‌خط) است که برحسب زمان ثابت است

ولی به‌عنوان مضرب برای متغیر در نظر گرفته می‌شود. بخش سوم نیز که به‌صورت تناوبی تغییر می‌کند، برای نمایش تغییرات فصلی به کار گرفته می‌شود. پیش‌بینی در روش هلت وینترز به کمک هموارسازی نمایی صورت می‌گیرد، به‌این‌ترتیب اثر داده‌های نزدیک به نقطه پیش‌بینی، بیشتر از داده‌هایی است که در گذشته دور از آن واقع شده‌اند.

شکل ساده (بدون روند و تغییرات فصلی) مدل سری‌زمانی هلت وینترز به‌صورت رابطه (۶) است:

$$= \mathrm{a}\,\frac{y_t}{I_{t-L}} + (1-\mathrm{a})\,(S_{t-1} + b_{t-1})S_t \qquad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه (۶): y_t مشاهده مربوط به زمان t و S_t مشاهده هموار شده در زمان t است. همان‌طور که در این مدل مشاهده می‌شود، فقط پارامترهای a حضور داشته و هر مشاهده به‌صورت ترکیب خطی از نقطه قبلی S_{t-1} دیده می‌شود. از طرفی I نیز شاخص تغییرات فصلی[۲۲] نامیده شده و L نیز طول دوره تغییرات فصلی است.

درصورتی‌که مدل دارای روند باشد شکل مدل به‌صورت رابطه (۷) خواهد بود رضایی، اسماعیل‌پور (۱۳۹۶).

$$= \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)\, b_{t-1}b_t \qquad \text{رابطه (۷)}$$

همان‌طور که مشخص است پارامتر گاما (γ) نیز در مدل اضافه شده است. در نهایت مدلی که به همراه تغییرات فصلی ارائه می‌شود به‌صورت رابطه (۸) خواهد بود:

[22]. Seasonal Index

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

$$I_t = \beta \frac{Y_t}{S_t} + (1 - \beta) I_{t-1}$$ رابطه (۸)

به‌منظور پیش‌بینی در مدل هالت وینترز، از رابطه (۹) کمک می‌شود:

$$F_{t+m} = (S_t + mb_t) I_{t-L+m}$$ رابطه (۹)

رگرسیون خطی یکی از روش‌های تحلیل رگرسیون است. رگرسیون یک نوع مدل آماری است برای پیش‌بینی یک متغیر از روی یک یا چند متغیر دیگر. در رگرسیون هدف آن است که با استفاده از معادله خط رگرسیون رفتار متغیر وابسته را با آگاهی از مقادیر و مشخصات متغیرهای مستقل، پیش‌بینی کنیم. اگر برای شناسایی و پیش‌بینی متغیر وابسته فقط از یک متغیر مستقل استفاده شود، مدل را رگرسیون خطی ساده می‌گویند. فرم مدل رگرسیون خطی ساده به‌صورت رابطه (۱۰) است عسگری (۱۳۹۶):

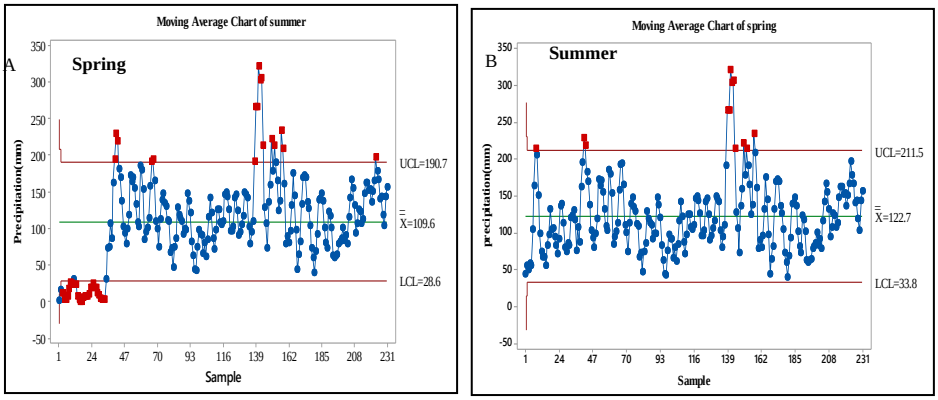
$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$ رابطه (۱۰)

آزمون من-کندال از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک به شمار می‌رود که می‌تواند در جهت تحلیل روند سری‌های زمانی و ... مورداستفاده قرار گیرد؛ و این آزمون جهت برآورد نمودن شیب واقعی یک روند در یک سری‌زمانی، استفاده از روش ناپارامتریک سنس می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در این زمینه باشد. این روند همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من-کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات سری‌زمانی استوار است. این روش در شرایطی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد که روند موجود در سری‌زمانی یک روند خطی باشد. این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار می‌رود از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد (www.climatology.ir).

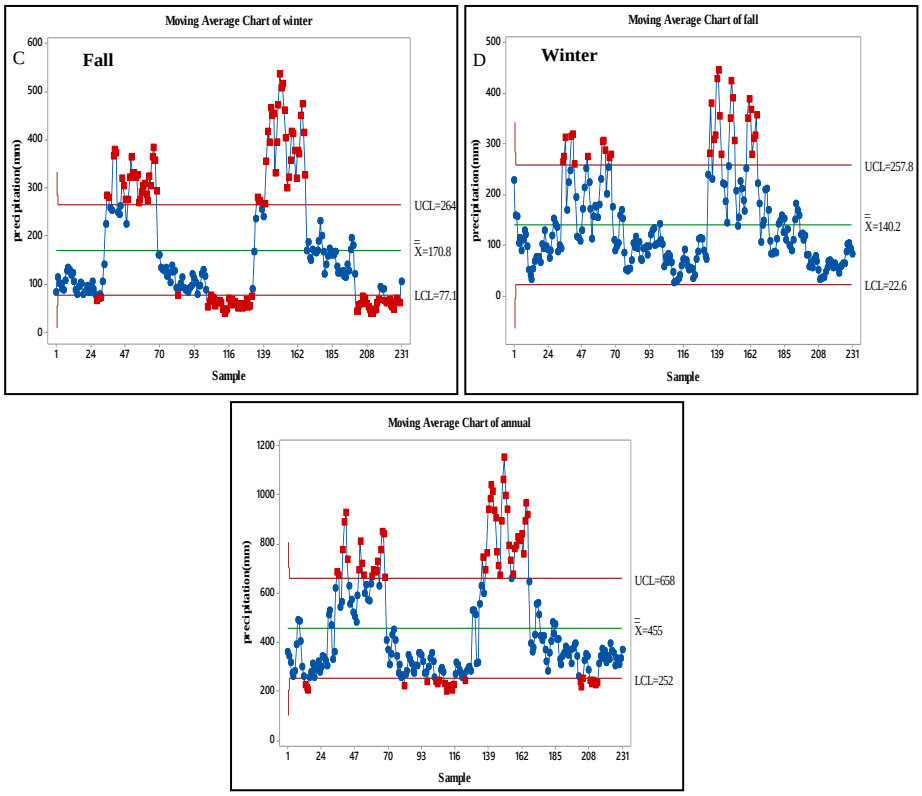
نتایج

میانگین لغزان

در شکل (۲) (A-E) پیش‌بینی‌های فصلی و سالانه بارش ایستگاه‌های موردمطالعه به روش میانگین لغزان نشان داده شده‌اند.



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]



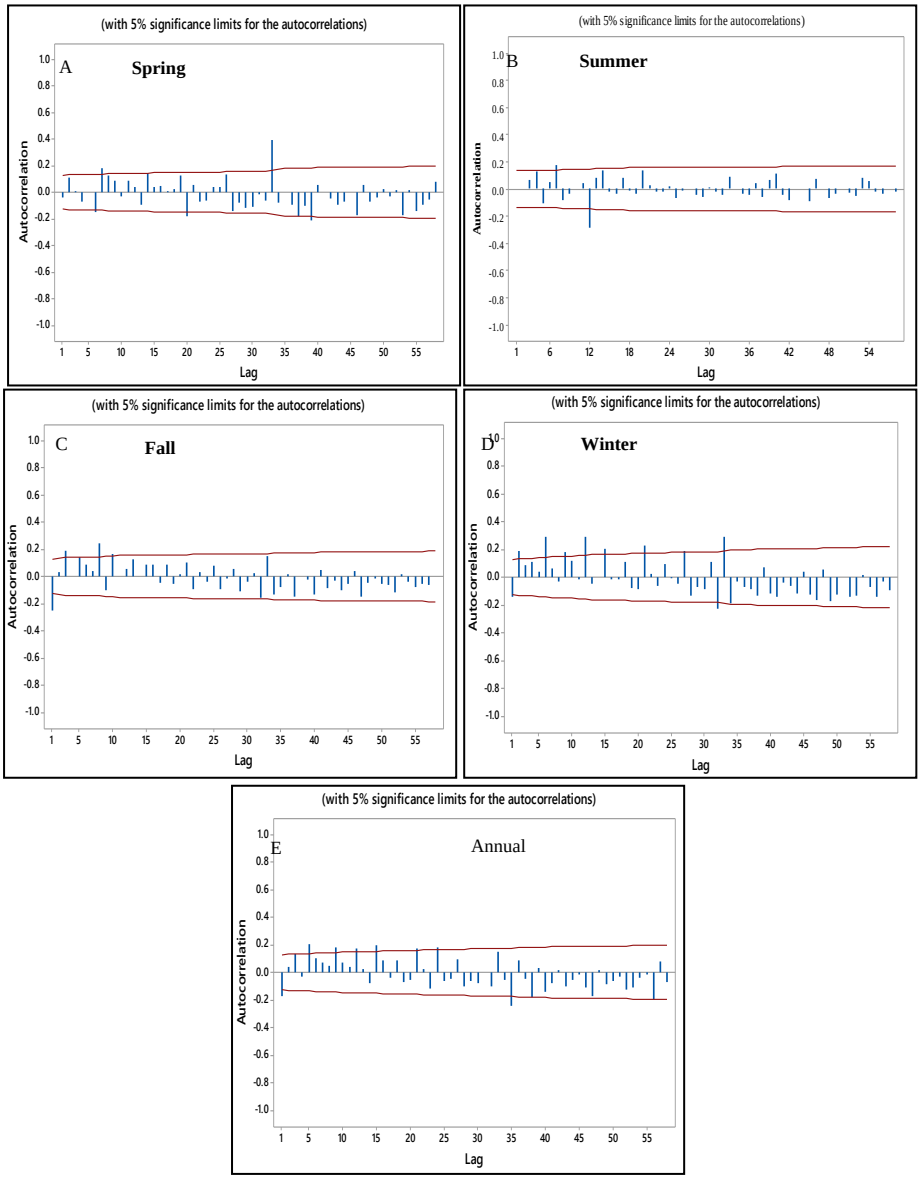
شکل (۲). پیش‌بینی بارش به روش میانگین لغزان

بررسی رفتار تغییرات مربوط به بارش فصلی و سالانه ایستگاه‌های موردمطالعه مشخص می‌کند که در فصول بهار و تابستان نویزهای موجود در داده‌ها حذف می‌شوند ولی در فصل بهار در اطراف ارقام ۱۳۹ تا ۱۶۲ میلی‌متر هفت مورد از داده‌های بارندگی دارای نویز هستند و با مجموع میانگین داده‌ها همخوانی نداشته و به اندازه سه انحراف معیار از میانگین دور شده‌اند. همچنین در اطراف ارقام ۱ تا ۴۷ نیز سه مورد نویز در بارندگی مشاهده می‌شود که با فاصله اندکی از میانگین قرار گرفته‌اند. حداقل، حداکثر و میانگین بارندگی فصل بهار در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹ به ترتیب ۳۳/۸، ۲۱۱/۵ و ۱۲۲/۷ میلی‌متر است و نمودار فصل تابستان نشان‌دهنده آن است که در بین اعداد یک تا ۲۴ زیر خط میانگین بوده است. بقیه سال‌ها در حد متوسط بارندگی داشته و فقط ۱۵ مورد از بارندگی‌ها دارای نویز هستند که بیشتر از حداکثر بارندگی بوده و با فاصله اندکی از میانگین قرار دارند، حداقل، حداکثر و میانگین بارندگی این فصل به ترتیب ۲۸/۶، ۱۹۰/۷ و ۱۰۹/۶ میلی‌متر است. در نمودار فصل پاییز نویزهای موجود بیش از حداکثر بارندگی بوده و با فاصله اندکی از میانگین قرار گرفته‌اند ولی نمودار فصل زمستان علاوه بر نویزهای بالای حداکثر بارندگی، نویزهای زیادی نیز پایین‌تر از حداقل بارندگی دارند. حداقل، حداکثر و میانگین بارندگی فصل پاییز به ترتیب ۲۲/۶، ۲۵۷/۸ و ۱۴۰/۲ میلی‌متر است. این موارد برای فصل زمستان ۷۷/۱، ۲۶۴/۶ و ۱۷۰/۸ میلی‌متر است. نمودار سالانه بارش میانگین لغزان نشان‌دهنده نویزهای زیادی در بارندگی است با انجام محاسبات صورت گرفته تعداد ۲۳ نویز، زیر حداقل بارندگی قرار گرفته‌اند که نشانگر کاهش شدید بارندگی بوده و با میانگین همخوانی ندارند. تعداد ۴۷ نویز بالاتر از حداکثر بارندگی قرار گرفته و نشانگر جهش مثبت و افزایشی بارش هستند. حداقل، حداکثر و میانگین سالانه ۳۲ ساله طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹ به ترتیب ۲۵۲، ۶۵۸ و ۴۵۵ میلی‌متر است.

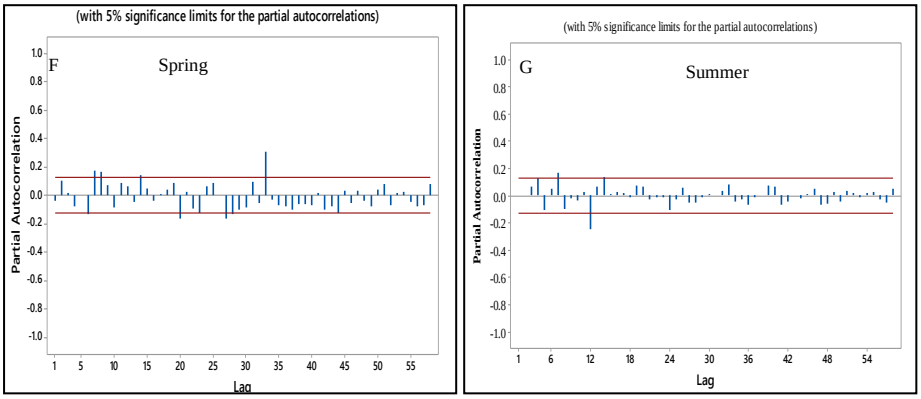
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی

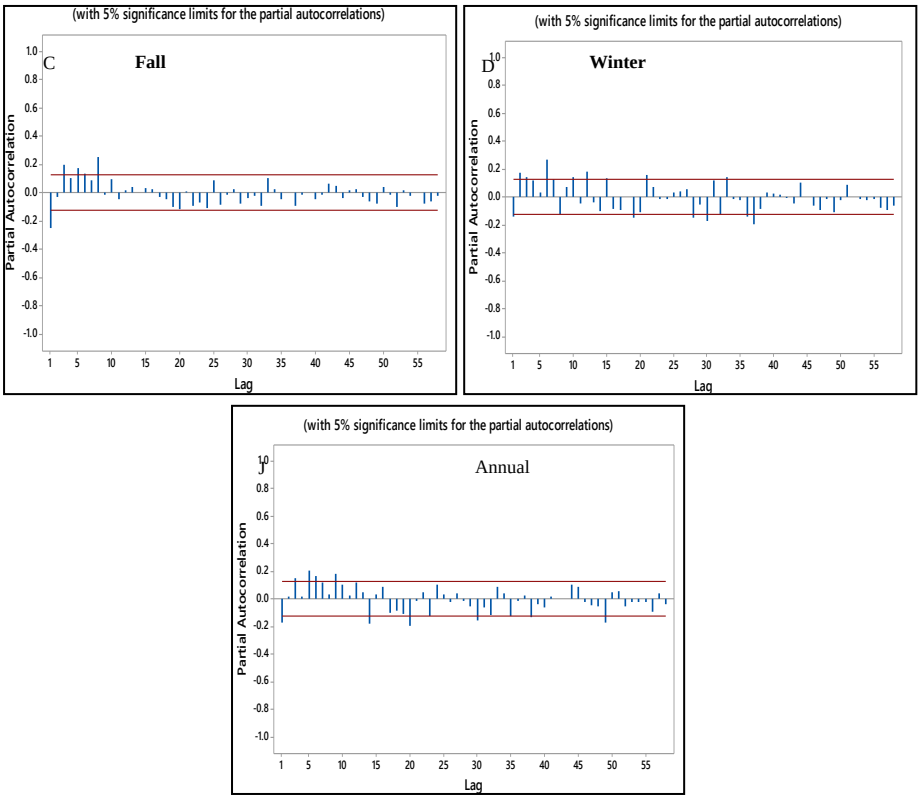
در این پژوهش فرآیندهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی با استفاده از مدل ساریما (آریمای فصلی) به دست آمده‌اند که در شکل (۳) و (۴)(A-J) نشان داده شده‌اند.



شکل (۳). خودهمبستگی به ترتیب فصلی و سالانه



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

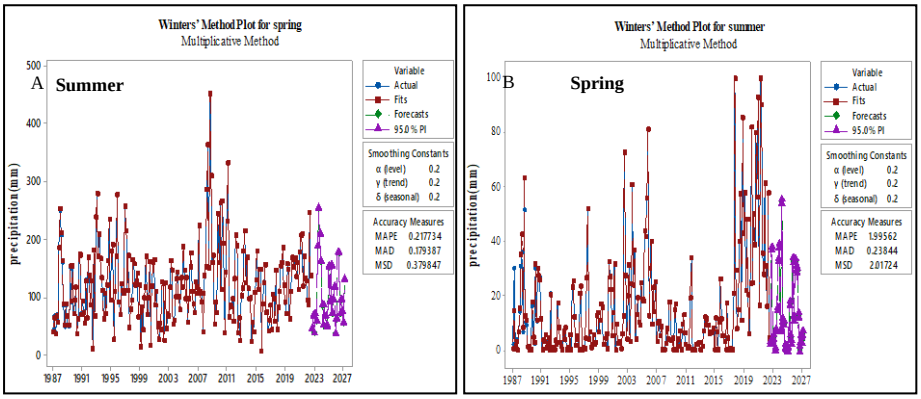


شکل (۴). خودهمبستگی جزئی به ترتیب فصلی و سالانه

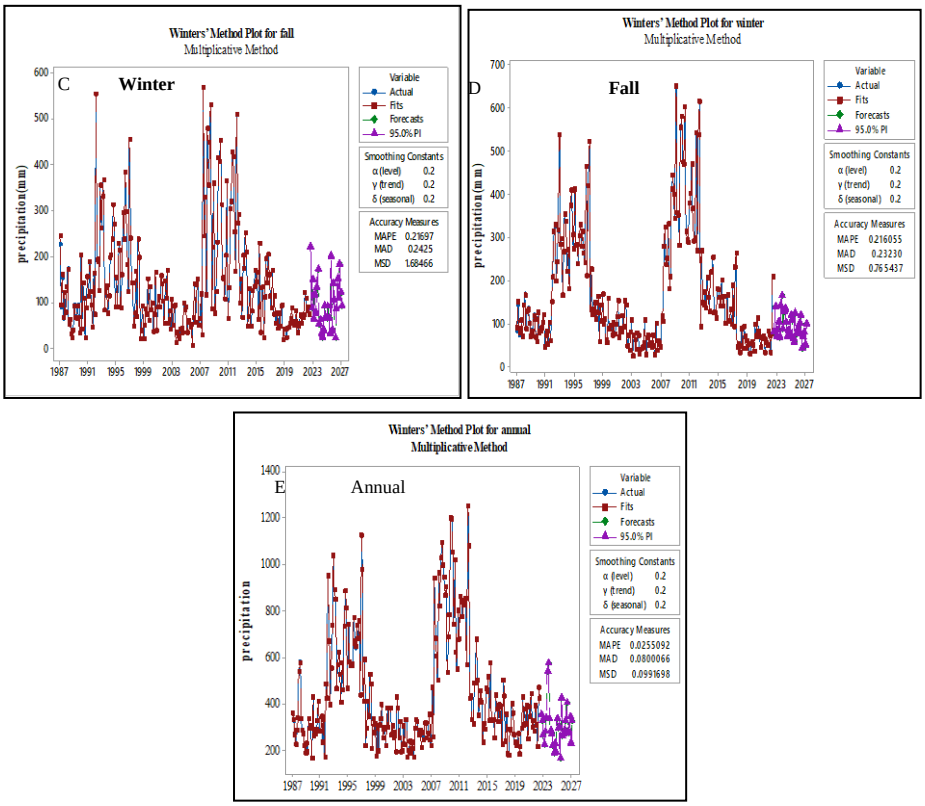
در اشکال(۳ و ۴) نمودارهای (A-E) مربوط به خودهمبستگی و نمودارهای (F-J) مربوط به خودهمبستگی جزئی است. همان‌طور که از نمودارهای استخراج شده مشخص است، در نمودارهای خودهمبستگی جزئی برای تمام فصول و نیز برای مقادیر سالانه همبستگی بین داده‌های بارش به‌صورت موازی است و در بین داده‌ها در تمامی مقاطع همبستگی یکسانی وجود دارد ولی در نمودارهای خودهمبستگی خط برازش از هم فاصله می‌گیرد و از ارتباط بین داده‌ها کاسته می‌شود بنابراین با توجه به مدل انجام گرفته بر روی داده‌های موردمطالعه، داده‌ها نزدیک صفر هستند که گویای معنی‌دار بودن آن‌ها در سطح ۹۵٪ می‌باشد.

روش هلت وینترز

نتایج پیش‌بینی‌های بارش فصلی و سالانه بارش ایستگاه‌های موردمطالعه به روش هلت وینترز با اطمینان ۹۵ درصد در نمودارهای (A-E) در شکل (۵) نشان داده شده‌اند.



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]



شکل (۵). پیش‌بینی و مقادیر واقعی بارش فصلی و سالانه به روش هلت وینترز

با اجرای مدل هلت وینترز در سطح اطمینان ۹۵ درصد و از مقایسه نقاط پیش‌بینی شده و نقاط برازش یافته مشخص می‌شود که در بیشتر موارد سری بارندگی‌ها کاملاً بر هم منطبق هستند به‌گونه‌ای که نمی‌توان مقادیر واقعی را از برازش یافته تشخیص داد که این امر گویای دقت بالای مدل پیش‌بینی است. در فصل بهار سال ۲۰۰۳ بارندگی بالاتر از آستانه بالایی قرار گرفته و بقیه سال‌ها در حالت نرمال بوده و هیچ سالی پایین‌تر از آستانه نرمال نیست. بارندگی در سال ۲۰۰۹ نشانگر افت محسوسی است که بعدازآن مجدداً روند افزایشی پیدا کرده است. معیارهای سنجش دقت مدل در فصل بهار برای میانگین مطلق انحرافات برابر ۰/۱۷۹۳۸۷، میانگین مجذور انحرافات برابر ۰/۳۷۹۸۴۷ و درصد میانگین مطلق خطاها برابر ۰/۲۱۷۷۳۴ برآورد گردید. در نمودار بارندگی‌های فصل تابستان، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ یک دوره افزایشی مشاهده می‌شود و از سال ۲۰۰۷ به بعد تا سال ۲۰۱۶ روند کاهشی وجود داشته و از سال ۲۰۱۷ به بعد روند افزایشی است. برای فصل تابستان میانگین مطلق انحرافات برابر ۰/۲۳۴۸۸ و میانگین مجذور انحرافات برابر ۲/۰۱۷۲۴ و درصد میانگین مطلق خطاها برابر ۱/۹۹۵۶۲ برآورد شده‌اند. در فصل پاییز بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ و همچنین بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ بارندگی روند افزایشی قابل‌ملاحظه‌ای داشته و بقیه سال‌ها در آستانه نرمال بوده و هیچ سالی پایین‌تر از آستانه نرمال قرار نگرفته است. معیارهای سنجش دقت در این مدل برای فصل پاییز با میانگین مطلق انحرافات برابر ۰/۲۴۲۵، میانگین مجذور انحرافات برابر ۱/۶۸۴۶۶ و درصد میانگین مطلق خطاها برابر ۰/۲۱۶۹۷ برآورد گردید. همچنین نمودار هلت وینترز برای بارش سالانه نیز در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۷ دارای یک دوره افزایشی بوده و از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ یک دوره کاهشی داشته است. بعد از این دوره دوباره یک دوره افزایشی قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود که تداوم نداشته و از سال ۲۰۱۳ افت محسوسی آغاز شده است اما در سال‌های بعد مجدداً روند افزایش نسبی قابل مشاهده است. همچنین داده‌های برازش یافته و واقعی کاملاً بر هم منطبق هستند. معیارهای سنجش دقت برای میانگین مطلق انحرافات برابر ۰/۰۸۰۰۰۶۶، میانگین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

مجذور انحرافات برابر ۰/۰۹۹۱۶۹۸ و درصد میانگین مطلق خطاها برابر ۰/۰۲۵۵۰۹۲ است. معیارهای سنجش دقت در این مدل گویای دقت بالای آن و دقت و اعتبار در حد ایده‌آل می‌باشد.

رگرسیون خطی

به‌منظور ارائه تصویری روشن از رفتار سری زمانی بارش سالانه و فصلی مقدار تغییرات روند سری زمانی بارش تک‌تک ایستگاه‌ها در آزمون رگرسیون خطی مورد آزمون قرار گرفت تا نوع روند و ضریب تعیین آن مشخص شود. با توجه به نوع الگوی خطی در روندهای بارش فصلی و سالانه ایستگاه‌های موردمطالعه معنی‌داری آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ در جداول (۲ و ۳) آورده شده است

جدول (۲). تعیین روند خطی بارش فصلی ایستگاه‌های موردمطالعه

ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
ارومیه	Y=0/3563x+96/583 $R^2 = 0/0038$	Y=2/4979x-10/386 $R^2 = 0/0235$	Y=- 0/1179x+100/56 $R^2 = 0/0005$	**Y=- 0/1635x+102/63 R^2= 0/0019**
پیرانشهر	Y=0/5056x+132/46 $R^2 = 0/05$	Y=0/1026x+4/409 $R^2 = 0/0152$	Y=-0/3716x+229/7 $R^2 = 0/001$	**Y=1/8021x+279/25 $R^2 = 0/0386$**
تکاب	Y=- 0/9163x+116/97 $R^2 = 0/0355$	Y=-0/219x+14/282 $R^2 = 0/0316$	Y=0/124x+102/56 $R^2 = 0/0005$	**Y=- 1/2203x+134/39 $R^2 = 0/971$**
خوی	Y=1/6056x+84/327 $R^2 = 0/1285$	y=2/6434x+1/6846 $R^2 = 0/0092$	Y=0/2652x+63/823 $R^2 = 0/0039$	**Y=0/3536x+55/184 $R^2 = 0/182$**
سردشت	Y=- 1/3978x+191/57 $R^2 = 0/0179$	Y=0/0347x+5/5751 $R^2 = 0/0018$	Y=- 1/8304x+322/09 $R^2 = 0/148$	**Y=4/7055x+307/29 $R^2 = 0/1298$**
مهاباد	Y=- 0/6793x+110/15 $R^2 = 0/017$	Y=0/0061x+5/7317 $R^2 = 0/0001$	Y=- 1/1587x+154/04 $R^2 = 0/0301$	**Y=- 0/5837x+169/36 $R^2 = 0/0123$**
ماکو	Y=1/7756x+105/36 $R^2 = 0/1382$	Y=0/2379x+39/807 $R^2 = 0/0062$	Y=0/6098x+54/715 $R^2 = 0/0558$	**Y=1/147x+45/032 $R^2 = 0/1103$**

جدول (۳). تعیین روند خطی الگویی سالانه ایستگاه‌های موردمطالعه

نام ایستگاه	معادله ارزیابی شده به همراه مقادیر معنی‌داری آزمون
ارومیه	Y= 2/571x + 289/37 R^2 = 0/0308
پیرانشهر	Y= 2/0392 x + 645/8 R^2 = 0/0111
تکاب	Y= -2/4799x + 368/21 R^2 = 0/0621
خوی	Y= 4/8677x + 205/02 R^2 = 0/0584
سردشت	Y= 3/7917x + 774/54 R^2 = 0/0311
مهاباد	Y= -2/417x + 349/29 R^2 = 0/0547
ماکو	Y= 3/7702 x + 244/91 R^2 = 0/2026

آزمون من کندال

آزمون من‌کندال برای هر یک از ایستگاه‌های موردمطالعه صورت گرفت که نتیجه آماره z در جدول (۴) ارائه شده است. نتیجه آزمون من‌کندال نشان‌دهنده روند افزایشی بارش در ایستگاه‌های ارومیه، پیرانشهر، خوی، سردشت و ماکو و روند کاهشی در دو ایستگاه تکاب و مهاباد است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

جدول (۴). بررسی روند سالانه ایستگاه‌های موردمطالعه با استفاده از آزمون من-کندال

Station	Kendall`s tau	S	p- Value (Two- tailed)	Alpha	Sen`s slope
ارومیه	۰/۰۸۷	۴۶/۰۰۰	۰/۴۸۶	۰/۰۵	۱/۱۶۱
پیرانشهر	۰/۰۸۳	۴۴/۰۰۰	۰/۵۰۵	۰/۰۵	۲/۳۲۹
تکاب	-۰/۱۲۹	-۶۸/۰۰۰	۰/۲۹۹	۰/۰۵	-۱/۵۷۱
خوی	۰/۱۵۹	۸۴/۰۰۰	۰/۱۷۹	۰/۰۵	۱/۷۱۵
سردشت	۰/۸۰۲۷	۱۴/۰۰۰	۰/۸۴۰	۰/۰۵	۱/۵۴۵
مهاباد	-۰/۱۴۰	-۷۴/۰۰۰	۰/۲۵۸	۰/۰۵	-۱/۷۴۶
ماکو	۰/۲۵۸	۱۳۶/۰۰۰	۰/۰۳۶	۰/۰۵	۴/۴۴۶

نتیجه‌گیری

مدل میانگین لغزان نشان‌دهنده وجود روند کاهشی بارش در ایستگاه‌های موردمطالعه است. فقط در فصل بهار روند افزایشی محسوسی مشاهده می‌شود؛ بنابراین از مدل‌های دیگری نیز برای پیش‌بینی استفاده شده است. دومین مدلی که برای منطقه موردمطالعه استفاده شده مدل ساریما (آریمای فصلی) است. نتایج حاصل از این مدل نشان داد که داده‌های بارش در تمامی مقاطع همبستگی یکسانی دارند به‌گونه‌ای که همبستگی بین داده‌ها کاملاً به‌صورت موازی بوده و گویای معنی‌دار بودن آن‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. سومین مدل به کار رفته مدل هلت وینترز است که در این مدل داده‌های برازش یافته و پیش‌بینی شده کاملاً بر هم منطبق بودند به‌گونه‌ای که از هم قابل‌تفکیک نمی‌باشند که نشان‌دهنده روند افزایشی بارش در سال‌های آتی است. آزمون رگرسیون خطی نشان‌دهنده روند افزایشی بارش در سال‌های آتی است و معنی‌دار بودن داده‌ها را در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد. آزمون من‌کندال در سطح ۵٪ است. نتیجه آزمون من‌کندال نشان‌دهنده روند افزایشی بارش در ایستگاه‌های ارومیه، پیرانشهر، خوی، سردشت و ماکو و روند کاهشی در دو ایستگاه تکاب و مهاباد است. از بین مدل‌های استفاده شده مدل هلت وینترز با دارا بودن کمترین مقدار میانگین مطلق خطاها، میانگین مجذور انحرافات و درصد میانگین مطلق خطاها نسبت به دیگر مدل‌ها، مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی بارش منطقه موردمطالعه معرفی شد. برحسب یافته این تحقیق سمندری (۱۳۹۷)، گودرزی و روزبهانی (۱۳۹۶)، عبدالله‌نژاد (۱۳۹۴)، دودانگه و سلطانی (۱۳۹۰) هم به این نتایج در تحقیق خود دست یافته‌اند. بسیاری از محققین از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی بارش استفاده کرده‌اند و آن را مدل خوبی برای پیش‌بینی معرفی کرده‌اند ولی در تحقیق حاضر سعی کردیم از مدلی استفاده کنیم که در منطقه موردمطالعه به کار گرفته نشده است و نتیجه تحقیق با استفاده از مدل‌های سری زمانی نشان داد که مدل هلت وینترز مدل مناسبی برای پیش‌بینی بارش است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

منابع

احمدی، فرشاد، (۱۳۹۹). ارزیابی عملکرد روش‌های ماشین‌بردار پشتیبان و سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی در پیش‌بینی جریانی ماهانه رودخانه‌ها (مطالعه مورد رودخانه‌های نازلو و سزار)، مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران، (۳)، ص ۶۷۳-۶۸۶.

جهانبخش اصل، سعید، قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸۲). مدل‌سازی روند بارش و پیش‌بینی خشک‌سالی‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، ۳۴-۴۹.

حلبیان، امیرحسین، دارند، محمد، (۱۳۹۱). پیش‌بینی بارش‌های اصفهان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، نشریه علوم تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۲ (۲۶)، ۶۳-۴۷.

حیدری، حسن، (۱۳۹۵). تحلیل روند تغییرات برف و باران در ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان‌غربی، دانشگاه ارومیه، فصلنامه مطالعات جغرافیایی در مناطق خشک، ۷ (۲۶)، ۱۰۰-۱۱۹.

رستم اصل، فرشاد، بیگی، حامد، راهدان، عباس، (۱۳۹۷). ارزیابی وضعیت اقلیمی با استفاده از شاخص میانگین متحرک و شاخص بارش استاندارد SPI. مجموع مقالات کنفرانسی، هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتع‌داری ایران.

رضایی بنفشه، مجید، اسماعیل‌پور، مرضیه ، ارسالی، هاجر، (۱۳۹۶). تحلیل آماری تاریخ آخرین یخبندان بهاره در ایستگاه سینوپتیک مراغه، مجموع مقالات کنفرانسی، اولین همایش اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیایی.

سلگی، اباذری، زارعی، حیدر، شهنی دارابی، مهرنوش؛ علیدادی ده کهنه، صابر، (۱۳۹۷). کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی بیان ژن و ماشین بردار رگرسیونی جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش ماهانه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۵۰)، ۱۰۳-۹۱.

سمندری، رباب، (۱۳۹۷). تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع بارش‌های سنگین شمال غرب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی بتول زینالی و برومند صلاحی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی.

صالحی، مریم، (۱۳۹۳). پیش‌بینی سیلاب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سری زمانی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمای عباس رضایی استخروئیه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

عبدالله‌زاده، اصغر، (۱۳۸۵). پیش‌بینی و تولید داده‌های بارش با استفاده از مدل‌های آماری سری‌های زمانی (محدوده غرب دریاچه ارومیه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمای روح الله و حسن خالقی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

محمدخورشیددوست، علی، صراف، بهروز ، قرمز چشمه، باقر ، جعفرزاده، فاطمه، (۱۳۹۷). پیش‌بینی بارش‌های سنگین سواحل جنوبی دریای خزر تحت شرایط تغییر اقلیم در دوره ۱۴۰۸-۱۳۸۹. ۱۲ (۴۲)، ۱۲۱-۱۲۹.

محمدخورشیدوست، علی، صراف، بهروز، قرمز چشمه، باقر، جعفرزاده، فاطمه، (۱۳۹۶). برآورد و تحلیل مقادیر آتی بارش‌های نواحی خزری با به‌کارگیری مدل‌های گردش عمومی جو. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هفدهم، (۴۷)، ۲۱۳-۲۲۶.

میرموسوی، سید حسین، جلالی، مسعود ، آبختی گروسی، هوشنگ، خائفی، ندا، (۱۳۹۳). تحلیل الگوهای سری زمانی بارش در ایستگاه هواشناسی خوی. فصلنامه فضای جغرافیایی، سال چهاردهم، (۴۷)، ۱-۱۷.

نبوی‌زاده، معصومه، (۱۳۹۲). پیش‌بینی بارش روزانه با شبکه عصبی مصنوعی در استان کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، کمال امیدوار، گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد.

Astine, ON. (2001) . Forecasting seasonal rainfall for agricultural decisionmaking in northern Nigeria. Agricultural and Forest Meteorology, Vol 3, PP: 193-205.

Borland, P.; and Montana, A. (1996). Forecasting of storm rain full by combined use of rider, rain gages and linear models, Atmospheric research. 42: 199-216.

Carlos, H.; Fajardo, T. Silvana, J. Galvez, F. (2013). A hybrid artificial intelligence model for river flow forecasting. Applied Soft Computing, In Press, Uncorrected Proof.

Chang, X. G, M. Wang, Y. and Hou, X. (2001). Seasonal Autoregressive Integratedmoving average model for Precipitation time series. Journal of Mathematics and Statistics, Vol.8, No.4: 500-505.

Choi, L. (1999). An application hy droinformatic tools for rainfall forecasting Phd thesis, University of New South Wales (Australia)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]

Dahamsheh, Ahmad. Hafzullah, Aksoy. (2009). Artificial neural network models for forecasting intermittent monthly precipitation in arid regions, Royal Meteorology Society, No. 16, pp.325-337.

Damle C, Yalcin A. (2007). Flood prediction using time series data mining. Journal of Hydrology. 333, (2-4): 305-316.

Durdo F. (2010). A hybrid neural network and ARIMA model for water quality time series prediction. Engineering Applications of Artificial Intelligencce. 23: 586-594.

Halid H.; and Ridd P. (2002). Modeling Inter-Annual Variation of a Local Rainfall Data Using a Fuzzy Logic Technique, Proceeding of International Forum on Climate Prediction, James Cook University, Australia. First Proof Pages, pp: 166-170.

Hasanah Y., Herlina M. (2013). Flood Prediction using Transfer Function Model of Rainfall and Water Discharge Approach in Katulampa Dam. Procedia Environmental Sciences 17: 317-326.

Hastenrath S., Greischar L, & van Heerden, J. (1995). Prediction of the summer rainfall over South Africa. Journal of Climate, 8(6), 1511-1518.

Kaushik I., and Singh S.M. (2008). Seasonal ARIMA model for forecasting of monthly rainfall and temperature, Journal of Environmental Research and Development. Vol.3, No.2: 506 -514.rnal of Climate, 8, 1511-1518.

Lohani A, K, Kumar R., singh R, D. (2012). Hydrological time series modeling: A comparision between adaptive neuro-fuzzy, neural network and autoregressive techniques original Research Article. Jurnal of Hydrology. Volumes 442-443, pages 23-35.

Maria C.; Haroldo F., Ferreira N. (2005). Artificial Neural Network Technique for Rainfall Forecasting Applied to the Sao Paula Region, Journal of hydrology, Vol 301, PP:1-4.

Mishra A.K.; and Desai V.R. (2005). Drought forecasting using stochastic models, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Vol.19, No.5: 326-339.

Murthy K. N.; Saravana R., & Kumar K. V. (2018). Modeling and forecasting rainfall patterns of southwest monsoons in North–East India as a SARIMA process. Meteorology and Atmospheric Physics, 130(1), 99-106.

Nastos P.T.; Moustris K.P., Larissi I.K. & Paliatsos, A.G. (2013). Rain intensity forecast using Artificial Neural Networks in Athens, Greece. Atmospheric Research 119, 153 – 160.

Partal T.; kahya E. (2006). Trend analysis in precipitation data Hydrological processes.wiley interscience, (20):2011-2026.

Piotrowski A, Napi´orkowski J., Rowi´nski P.M. (2006). Flash-flood forecasting by means of neural networks and nearest neighbour approach a comparative study. Nonlin, Processes Geophys, (13): 443–448.

Rezaei M, Ali Akbari Motlaq A , Rezvani Mahmouei A , Mousavi S, River Flow Forecasting using artificial neural network (Shoor Ghaen), Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 Part 1 (2015), p. 207−215.in persian

Tokar A.S, Santon P.A. (1999). Rainfall-Run off modeling using artificial neural networks, journal of Hydrologic Engineering, No.3, pp.232-239.

Www.Climatology.ir

Yaya O. S, & Fashae O. A, (2015). Seasonal fractional integrated time series models for rainfall data in Nigeria. Theoretical and Applied Climatology, 120(1-2), 99-108.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.234.7]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.10]