Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

Online ISSN: 2588-5146
Homepage: https://khu.ac.ir

Classification of Persistent Rainfall in the West of Iran Based on Frequency of Occurrence Using the Lamb-Jenkinson Method

Fatemeh Gheysvandi[1] | Jafar Masoompour Samakosh[2]✉ | Firouz Mojarrad[3] | Aminallah Ghahramani[4]

1. Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: gheisvandifatemeh@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: j.masoompour@razi.ac.ir
3. Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: F_mojarrad@yahoo.com
4. Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: aminghahramani@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 07 January 2025
Accepted 25 May 2025
Published online 09 September 2025

Keywords:
Geostrophic Wind,
Persistent Rainfall,
Vorticity,
Rotation,
West of Iran,
Lamb-Jenkinson.

ABSTRACT

Objective: Persistent rainfall in western Iran, as a significant climatic phenomenon, has a considerable impact on water resources, agriculture, and the occurrence of natural hazards such as floods. This study aims to examine the atmospheric patterns influencing this type of rainfall over a 30-year statistical period (1993–2022).

Methods: The Jenkinson–Lamb classification method has been used to analyze atmospheric circulations in four categories: directional, cyclonic, hybrid, and undefined.

Results: Data from the provinces of Kermanshah, Kurdistan, Hamedan, Lorestan, and Ilam were examined, revealing that the highest frequency of persistent rainfall occurred in Kermanshah (266 cases), while the lowest was recorded in Ilam (178 cases). The results indicated that cyclonic circulation was predominant in all provinces, with Kermanshah experiencing 100% cyclonic circulation, making it the most influenced by these systems. Other provinces also exhibited a high percentage of cyclonic circulation, with the lowest value observed in Lorestan at 95%.

Conclusions: Geographical analyses demonstrated that the topography of the Zagros mountain range, moisture transport pathways from the Mediterranean and Sudan, and the relative position of the provinces to these pathways significantly affect the frequency and intensity of persistent rainfall. Additionally, the greater contribution of low-pressure systems and their role in enhancing rainfall persistence in western Iran is evident. These findings can be beneficial in developmental planning, sustainable water resource management, risk reduction strategies, and the formulation of policies adapted to climate change in these regions. In this regard, adopting climate adaptation strategies and sustainable development initiatives in areas prone to persistent rainfall is considered a key priority in future planning.

Cite this article: Gheysvandi, F., Masoompour Samakosh, J., Mojarrad, F., & Ghahramani, A. (2025). Classification of Persistent Rainfall in the West of Iran Based on Frequency of Occurrence Using the Lamb-Jenkinson Method. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 12 (1 & 45), 35-48. http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.1.45.35

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.1.45.35

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Persistent climatic anomalies can give rise to various meteorological hazards, among which prolonged heavy rainfall is particularly notable. Such rainfall often results in economic losses and human casualties. Persistent rainfall, stemming from the interaction of multi-scale cyclonic systems, is prone to heavy to severe precipitation. Thus, it holds critical importance due to its role in causing disasters like floods and landslides, as well as its implications for water resource management, especially in agriculture. The present study aims to determine the frequency of persistent rainfall events lasting 3 days or more over a 30-year statistical period (1993–2022) in western Iran and Additionally, the study will investigate the frequency of occurrence of various conditions associated with this classification for selected stations.

Methods

This study employs the Lamb-Jenkins classification scheme to categorize persistent rainfall events (with a duration of 3 or more days and a minimum daily rainfall of 1 mm) in Western Iran, encompassing the provinces of Ilam, Kurdistan, Kermanshah, Lorestan, and Hamedan. According to this method, after calculating the central coordinates of the study area and selecting it as a reference point, 16 other points are determined at specified intervals (5° latitude northward and 10° longitude eastward) around this central point.

According to the Lamb-Jenkins classification, atmospheric circulation patterns are categorized into four primary types: flow direction, rotational flow, mixed flow, and undefined flow. These four categories are further subdivided into 27 specific types of circulation.

Of these 27 types, 2 represent atmospheric rotation, 8 represent flow direction, 16 represent combinations of flow direction and atmospheric rotation, and 1 remains undefined. Flow direction can be categorized as north (N), south (S), east (E), west (W), northeast (NE), northwest (NW), southeast (SE), or southwest (SW). Atmospheric rotation is classified as cyclonic (C) or anticyclonic (A). Combined states include cyclonic and anticyclonic rotations in the eight main and secondary geographical directions; for instance, AN denotes an anticyclonic rotation in the north.

The reference point was set at 34 degrees North latitude and 48 degrees East longitude, considering the geographical positions of the five study provinces. After collecting rainfall data from selected stations, all days with persistent rainfall lasting 3 days or more with a minimum of 1 mm were identified. Subsequently, the standard sea-level pressure for these days was applied to the Lamb-Jenkinson equation. It should be noted that, for better data reliability, the standard sea-level pressure for each day represents the average of this variable at four time intervals: 06:00, 12:00, 18:00, and 00:00.

Results

The results indicated that Kermanshah, Sanandaj, Hamedan, Lorestan, and Ilam provinces experienced 266, 261, 240, 225, and 178 instances of continuous rainfall lasting three or more days with a minimum daily precipitation of 1 millimeter, respectively. Among these events, Kermanshah had 50 cases related to flow direction, 69 cases of rotation, 49 cases of mixed patterns, and 98 classified as undefined. Similarly, Kurdistan, Hamedan, Lorestan, and Ilam recorded 50, 50, 40, and 39 cases related to flow direction; 94, 65, 66, and 38 related to rotation; 53, 43, 41, and 38 related to mixed patterns; and 64, 82, 78, and 63 classified as undefined, respectively.

Another aspect was determining whether the rotations were cyclonic or anticyclonic. The following conditions define cyclonic or anticyclonic rotation:

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

- If ζ (geostrophic vorticity) < 0 and ζ > V, the rotation is cyclonic (C).
- If ζ > 0 and ζ < -V, the rotation is anticyclonic (A).

From the recorded rotational cases for each province, Kermanshah had 100% cyclonic rotation. Kurdistan had 98% cyclonic and 2% anticyclonic rotations. Hamedan had 97% cyclonic and 3% anticyclonic rotations. Lorestan had 95% cyclonic and 5% anticyclonic rotations. Ilam had 97% cyclonic and 3% anticyclonic rotations.

Conclusion

Following the identification of days with three or more consecutive days of rainfall in the aforementioned provinces (with provincial capitals serving as the selected stations), the number of atmospheric circulation patterns associated with these events was determined for each province. Results indicated that Kermanshah, Sanandaj, Hamedan, Lorestan, and Ilam experienced 266, 261, 240, 225, and 178 instances, respectively, of persistent rainfall events lasting at least three days with a daily rainfall amount of at least 1 millimeter. Among these, Kermanshah recorded 50 cases of flow direction, 69 of rotation, 49 of mixed patterns, and 98 undefined. Similarly, Kurdistan, Hamedan, Lorestan, and Ilam recorded 50, 50, 40, and 39 cases of flow direction; 94, 65, 66, and 38 of rotation; 53, 43, 41, and 38 of mixed patterns; and 64, 82, 78, and 63 undefined, respectively.

From the recorded rotational cases for each province, Kermanshah had 100% cyclonic rotation. Kurdistan had 98% cyclonic and 2% anticyclonic rotations. Hamedan had 97% cyclonic and 3% anticyclonic rotations. Lorestan had 95% cyclonic and 5% anticyclonic rotations. Ilam had 97% cyclonic and 3% anticyclonic rotations.

Keywords: Geostrophic Wind, Persistent Rainfall, Vorticity, Rotation, West of Iran, Lamb-Jenkinson.

Author Contributions

The authors contributed equally to this research article.

Data Availability Statement

Data available upon request from the authors.

Acknowledgements

Many thanks to the National Meteorological Organization for providing the required data, which made this study possible.

Ethical considerations

The authors have observed ethical principles in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by all of them.

Funding

This article has no financial support.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶– ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

دسته‌بندی بارش‌های تداومی غرب ایران بر اساس فراوانی رخداد به روش لمب– جنکینسون

فاطمه قیسوندی [۱] | جعفر معصوم‌پور سماکوش [۲]✉ | فیروز مجرد [۳] | امین‌الله قهرمانی [۴]

۱. گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: gheisvandifatemeh@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: j.masoompour@razi.ac.ir

۳. گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: f_mojarrad@yahoo.com

۴. گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: aminghahramani@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۱۸

کلیدواژه‌ها:
باد ژئوستروفیک، بارش تداومی، تاوایی، چرخش، غرب ایران، لمب– جنکینسون.

چکیده

هدف: بارش‌های تداومی در غرب ایران به‌عنوان یک پدیده اقلیمی مهم، تأثیر قابل‌توجهی بر منابع آب، کشاورزی و وقوع مخاطرات طبیعی مانند سیلاب‌ها دارد. این پژوهش با هدف بررسی الگوهای جوی مؤثر بر این نوع بارش‌ها در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۹۳–۲۰۲۲) انجام شده است.

روش پژوهش: از روش طبقه‌بندی جنکینسون–لمب استفاده شده تا گردش‌های جوی در چهار دسته جهت‌دار، چرخشی، ترکیبی و تعریف‌نشده تحلیل شوند.

یافته‌ها: داده‌های مربوط به استان‌های کرمانشاه، کردستان، همدان، لرستان و ایلام بررسی شده و مشخص گردید که بیشترین فراوانی بارش‌های تداومی در کرمانشاه (۲۶۶ مورد) و کمترین آن در ایلام (۱۷۸ مورد) رخ داده است. نتایج نشان داد که چرخش چرخندی در تمامی استان‌ها غالب بوده و استان کرمانشاه با ۱۰۰ درصد چرخش چرخندی، بیشترین تأثیرپذیری را از این سامانه‌ها داشته است. در سایر استان‌ها نیز درصد چرخش چرخندی بالا بوده و کمترین مقدار آن ۹۵ درصد در استان لرستان مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: تحلیل‌های جغرافیایی نشان داد که نقش توپوگرافی رشته‌کوه‌های زاگرس، مسیرهای انتقال رطوبت از مدیترانه و سودان و موقعیت استان‌ها نسبت به این مسیرها، تأثیر قابل‌توجهی بر فراوانی و شدت بارش‌های تداومی دارد. همچنین، سهم بیشتر سامانه‌های کم‌فشار و تأثیر آن‌ها بر افزایش پایداری بارش‌ها در مناطق غربی ایران مشهود است. این یافته‌ها می‌توانند در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای، مدیریت پایدار منابع آب، کاهش مخاطرات محیطی و تدوین سیاست‌های سازگار با تغییرات اقلیمی در این مناطق مؤثر باشند. در این راستا، بهره‌گیری از راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم و توسعه پایدار در مناطق مستعد بارش‌های تداومی، از جمله اولویت‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های آتی محسوب می‌شود.

استناد: قیسوندی، فاطمه؛ معصوم‌پور سماکوش، جعفر؛ مجرد، فیروز؛ و قهرمانی، امین‌الله (۱۴۰۴). دسته‌بندی بارش‌های تداومی غرب ایران بر اساس فراوانی رخداد به روش لمب– جنکینسون. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۱ و ۴۵)، ۳۵–۴۸. http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.1.45.35

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

مقدمه

بارش نسبت به دیگر عناصر آب‌وهوایی دارای پیچیدگی رفتاری چشمگیری بوده و از تنوع زمانی و مکانی قابل ملاحظه‌ای در ایران برخوردار است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۶). ناهنجاری‌های مداوم آب و هوایی می‌توانند باعث انواع مخاطرات جدی هواشناسی شوند که وقوع بارش شدید مداوم یکی از این موارد مهم است (سان و وانگ[1]، ۲۰۲۲). این بارش‌ها اغلب متحمل خسارات اقتصادی و تلفات انسانی می‌شوند (لای[2] و همکاران، ۲۰۲۱). به عنوان مثال، در سال ۱۹۹۸ منجر به زیان اقتصادی مستقیم ۴۰ میلیارد دلاری در نواحی پایین‌دست رودخانه یانگ‌تسه شد (لو[3]، ۲۰۰۰). ایران از جمله مناطقی است که رفتار ناهنجار و بی‌قاعده‌ای در بارش دارد (حسینی، ۱۳۹۷) و همواره شاهد بارش‌های شدید در تمامی نواحی اقلیمی آن هستیم. البته وقوع بارش در یک منطقه که پدیده‌هایی نظیر خشکسالی، ترسالی، سیلاب و ... را در پی دارد، نیازمند سه شرط اساسی از جمله تأمین رطوبت، ناپایداری عمیق و سرمایش می‌باشد (محمودی و همکاران، ۱۴۰۱).

روش‌های متفاوتی برای دسته‌بندی این دسته از بارش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. نظری‌پور (۱۳۹۳) و ثقفی و همکاران (۱۴۰۲)، که روز بارشی برابر یا بیشتر از ۰/۵ میلی‌متر را به عنوان روز بارشی برگزیدند، پنج (نظری‌پور، ۱۳۹۳) و هفت ناحیه (ثقفی و همکاران، ۱۴۰۲) تقریباً همگن را بر اساس بارش‌های تداومی معرفی کردند که آرایش جغرافیایی این نواحی، وابستگی مکانی بارش ایران را به ناهمواری‌ها، مسیر سامانه‌های بارش‌زا، نزدیکی به منابع رطوبتی و اثر دریا و وابستگی زمان دریافت بارش ایران را به عرض جغرافیایی، مسیر سامانه‌های بارش‌زا و پیش‌روی و پس‌روی آنها آشکار می‌سازد.

ترابی و شکوهی (۱۴۰۲) با ارزیابی روش فرکتال نشان دادند که در صورت عدم دسترسی به داده‌های بارش با تداوم‌های مختلف، روش فرکتال برای تولید تداوم‌های مختلف بارش و تولید منحنی‌های شدت–مدت–فراوانی با دقت قابل قبول، یک روش مناسب می‌باشد. همچنین نشان دادند که جهش منحنی‌های شدت–مدت–فراوانی تحت اثر تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۳ رخ داده است و در دوره تغییر اقلیم نسبت به دوره پیش از تغییر اقلیم، شدت بارش به سمت شدیدتر شدن بارش حرکت داشته است و این رخداد در دوره بازگشت‌های کوتاه‌مدت افزایش بیشتری را نمایان می‌سازد.

شناخت و تحلیل الگوهای بارش تداومی و تعیین عوامل مؤثر بر آنها از اهمیت بالایی در مدیریت منابع آب، پیش‌بینی سیلاب‌ها، و کاهش خسارات اقتصادی و انسانی برخوردار است. در مناطقی مانند غرب ایران، که تحت تأثیر سامانه‌های جوی متنوعی قرار دارد، درک دقیق الگوهای بارشی می‌تواند به تدوین راهکارهای مناسب جهت مدیریت بحران‌های مرتبط کمک کند.

در این مطالعه از روش لمب–جنکینسون (L-J) جهت طبقه‌بندی الگوهای بارش‌های تداومی در غرب ایران استفاده شده است. روش طبقه‌بندی لمب–جنکینسون (Lamb-Jenkinson) یک روش آماری پیشرفته در تحلیل داده‌های هواشناسی و اقلیمی است که به‌طور خاص برای طبقه‌بندی الگوهای گردشی جو و تحلیل الگوهای باد استفاده می‌شود. این روش به دلیل ویژگی‌های خاص خود، در زمینه‌های پیش‌بینی اقلیمی، مطالعه تغییرات اقلیمی و تحلیل خطرات محیطی کاربرد دارد. با توجه به موارد فوق، هدف از پژوهش پیش رو علاوه بر مشخص شدن فراوانی روزهای بارش تداومی ۳ روز و بیشتر در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۹۳ تا ۲۰۲۲)، برای غرب ایران، تعیین فراوانی وقوع هریک از حالت‌های مرتبط با این طبقه‌بندی برای ایستگاه‌های منتخب نیز می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

۱. داده‌ها و روش کار

این مطالعه با هدف طبقه‌بندی بارش‌های تداومی غرب کشور شامل استان‌های ایلام،کردستان، کرمانشاه، لرستان و همدان انجام شده است که ایستگاه سینوپتیک مرکز استان بعنوان ایستگاه منتخب معرفی می‌شوند. با داشتن مختصات مرکزی مربوط به این ۵ استان، می‌توان مختصات میانگین به‌دست آمده از این ۵ استان را به عنوان نقطهٔ مرجع در روش لمب_جنکینسون به کار گرفت.

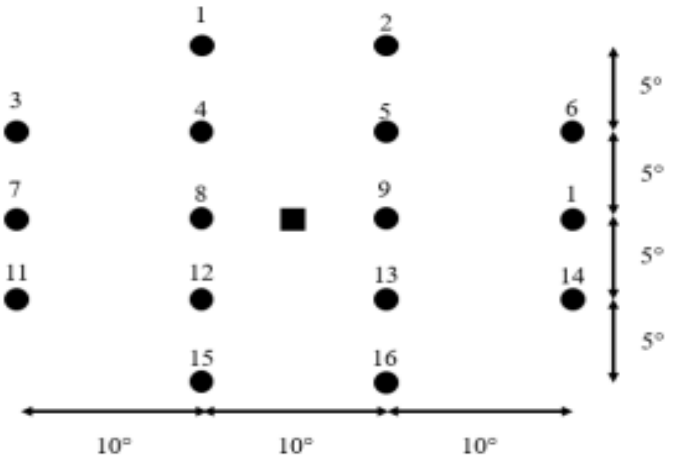
[1] - Sun & Wang

[2] - Lai

[3] - Lu

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

به عبارت دیگر نقطه مرجع در واقع مرکز مختصات جغرافیایی محل مورد مطالعه می‌باشد. پس از مشخص شدن نقطهٔ مرکزی، ۱۶ نقطهٔ دیگر با فواصل مشخص (که این فواصل در راستای عرض شمالی ۵ درجه و در راستای طول شرقی ۱۰درجه می‌باشد) اطراف نقطه مرجع مشخص می‌گردند. در شکل (۱) طریقه ی قرار گرفتن ۱۶ نقطه خاص اطراف نقطه ی مرجع نشان داده شده. نقطهٔ مرجع به شکل مربع و ۱۶ نقطهٔ دیگر به صورت دایره مشخص شده اند (جنکینسون و کالیسون[1]، ۱۹۷۷).



شکل ۱. توزیع فضایی ۱۶ نقطهٔ روش لمب_جنکینسون. مربع نشان‌دهندهٔ مرکز شبکه می‌باشد (لای[2]، ۲۰۱۰).

با توجه به مختصات مرکزی هر ۵ استان، برای نقطه ی مرجع خواهیم داشت:

مختصات عرض شمالی نقطه مرجع:

$$33.635 + 35.382 + 34.327 + 33.581 + 34.891 = 171.723 \rightarrow \frac{171.816}{5} = 34.36 \cong 34$$

مختصات طول شرقی نقطه مرجع:

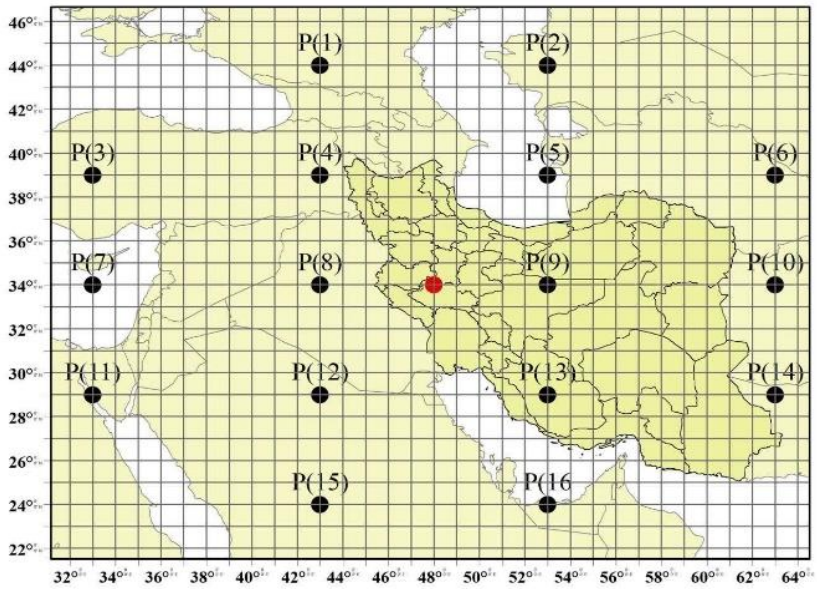
$$46.415 + 47.136 + 47.077 + 48.398 + 48.583 = 237.54 \rightarrow \frac{237.609}{5} = 47.52 \cong 48$$

بنابراین مختصات نقطهٔ مرجع، ^{0}۳۴ عرض شمالی و ^{0}۴۸ طول شرقی در نظر گرفته می‌شود. حال با توجه به مشخص بودن نقطه مرجع ، ۱۶ نقطهٔ دیگر مطابق شکل ۲ مشخص می‌گردد.

[1] - Jenkinson & Collison

[2] - Lai

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]



شکل۲. مختصات ۱۶ نقطهٔ اطراف نقطهٔ مرجع به روش لمب_جنکینسون در محدودهٔ مورد مطالعه

پس از مشخص شدن نقاط مورد نظر از فرمولی که توسط جنکینسون وکلیسون ارائه شده است پیروی می‌کنیم (جنکینسون و کالیسون[1]، ۱۹۷۷).

$$u = \frac{1}{2}[p(12) + p(13) - p(4) - p(5)] \quad (۱)$$

$$\upsilon = \frac{1}{4}\frac{1}{\cos\alpha}\begin{bmatrix} p(5) + 2p(9) + p(13) \\ -p(14) - 2p(8) - p(12) \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$V = \sqrt{u^2 + \upsilon^2} \quad (۳)$$

$$\xi_u = \frac{1}{2}\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_1}[p(15) + p(16) - p(8) - p(9)] - \frac{1}{2}\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_2}[p(8) + p(9) - p(1) - p(2)] \quad (۴)$$

$$\xi_\upsilon = \frac{1}{4}\frac{1}{2cos^2\alpha}\begin{bmatrix} p(6) + 2p(10)p(14) - p(5) \\ +2p(9) - p(13) + 2p(7) + p(11) \\ -p(4) - 2p(8) - p(12) \end{bmatrix} \quad (۵)$$

$$\xi = \xi_u + \xi_\upsilon \quad (۶)$$

به طوریکه $p(n)$ فشار استاندار سطح دریا در نقطه n ام،

α_1 و α_2 به ترتیب عرض جغرافیایی مربوط به نقاط p(۸)، p(۱۲)، و p(۴)،

V باد ژئوستروفیک، به طوریکه υ و u، به ترتیب اجزای طولی و عرضی باد ژئوستروفیک هستند

ξ تاوایی ژئوستروفیک، به طوریکه ξ_υ و ξ_u به ترتیب شیب عرضی υ و شیب طولی u هستند.

اجزای طولی و عرضی باد ژئوستروفیک، جریان منطقه‌ای و نصف‌النهاری را بر روی منطقه توصیف می‌کنند، درحالیکه تاوایی برشی، کل اطلاعاتی را که در مورد چرخش وجود دارد ارائه می دهد (یی[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

[1] - Jenkinson & Collison

[2] - Yi

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

مطابق با رابطهٔ بین سرعت باد ژئوستروفیک، جهت باد و تاوایی برشی، انواع گردش هوا به ۴ دستهٔ اصلی طبقه‌بندی می‌شوند؛ نوع جهت جریان هوا، نوع چرخش جریان هوا، نوع مختلط و نوع تعریف نشده. در نهایت این ۴ دسته به ۲۷ زیر مجموعه از انواع گردش‌ها دسته‌بندی می‌شوند (جدول ۱)، (اوترو[1] و همکاران، ۲۰۱۸۸).

جدول ۱. زیرمجموعهٔ گردش‌های جوی در طبقه‌بندی لمب_جنکینسون (اوترو[2] و همکاران، ۲۰۱۸۸)

کدهای اختصاری	جهت گردش جوی	نوع جریان
N	شمالی	جهتی
NE	شمال شرقی	جهتی
E	شرقی	جهتی
SE	جنوب شرقی	جهتی
S	جنوبی	جهتی
SW	جنوب غربی	جهتی
W	غربی	جهتی
NW	شمال غربی	جهتی
C	چرخندی	چرخشی
A	واچرخندی	چرخشی
CN	چرخندی شمالی	ترکیبی
CNE	چرخندی شمال شرقی	ترکیبی
CE	چرخندی شرقی	ترکیبی
CSE	چرخندی جنوب شرقی	ترکیبی
CS	چرخندی جنوبی	ترکیبی
CSW	چرخدی جنوب غرب	ترکیبی
CW	چرخندی غربی	ترکیبی
CNW	چرخندی شمال غربی	ترکیبی
AN	واچرخندی شمالی	ترکیبی
ANE	واچرخندی شمال شرق	ترکیبی
AE	واچرخندی شرقی	ترکیبی
ASE	واچرخندی جنوب شرق	ترکیبی
AS	واچرخندی جنوبی	ترکیبی
ASW	واچرخندی جنوب غرب	ترکیبی
AW	واچرخندی غربی	ترکیبی
ANW	واچرخندی شمال غرب	ترکیبی
UD	-	تعریف نشده

از این ۲۷ نوع طبقه‌بندی، ۲ نوع چرخش اتمسفر، ۸ نوع جهت جریان هوا، ۱۶ نوع ترکیبی از حالت مختلف جهت و چرخش اتمسفر، و ۱ نوع دسته‌بندی تعریف نشده را توصیف می‌کنند (جدول ۱). همچنین نشان می‌دهد که جهت جریان می‌تواند در راستای شمال (N)، جنوب (S)، شرق (E)، غرب (W)، شمال‌شرق (NE)، شمال‌غرب (NW)، جنوب‌شرق (SE) و جنوب‌غرب (SW) باشد. چرخش اتمسفر نیز به دو دستهٔ چرخندی (C) و یا واچرخندی (A) تقسیم می‌شود. حالت ترکیبی هم شامل چرخش چرخندی و واچرخندی در راستای ۸ جهت جغرافیایی اصلی و فرعی است؛ به عنوان مثال AN نشان دهندهٔ یک چرخش واچرخندی در جهت شمال است.

[1] -Otero

[2] -Otero

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

طبقه‌بندی لمب_جنکینسون در موارد مختلفی برای داده‌های فشار از وضوح شبکه ۵° × ۵° استفاده می‌کند (تریگو و داکامارا[1]، ۲۰۰۰؛ جنکینسون و دسوکی[2]، ۱۹۷۷؛ اسپلمن[3]، ۲۰۰۰).

مطابق با فرمول اصلی این رابطه، برای آن دسته از روزهایی که در دستهٔ تعریف نشده قرار می‌گیرند، می‌توان آستانه‌های دیگری برای جریان کلی و تاوایی تخصیص داد تا برای یک منطقه خاص مقادیر مجدد تنظیم شود و از حالت غیر تعریف شده خارج گردند (گودز و پالوتیکوف[4]، ۱۹۹۸؛ کانوی[5] و همکاران، ۱۹۹۶). به عنوان مثال پست و همکاران (۲۰۰۲)، این اقدام را برای سطوح همفشار بالاتر انجام داده و با استفاده از انحراف استاندارد برای V و ξ، داده‌های به‌دست آمده را دوباره تطبیق دادند. درحالیکه لای (۲۰۱۰)، آستانهٔ تحقیقات را که چندین مقادیر خاص برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد تعریف کرد.

پس از دریافت داده‌های بارش ایستگاه‌های منتخب، تمام روزهایی که دارای بارش تداومی ۳ روز و یا بیشتر با حداقل بارش ۱ میلی‌متر بودند شناسایی شدند. سپس فشار استاندارد سطح دریای مربوط به این روزها در معادله L-J قرار داده شد. لازم به ذکر است که برای پایایی بهتر داده‌ها، فشار استاندارد سطح دریا برای هر روز حاصل میانگین این متغیر در چهار ساعت ۰۶:۰۰ ، ۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۰۰:۰۰ می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

نتایج بررسی داده‌های آماری نشان می‌دهد که استان‌های کرمانشاه، کردستان، همدان، لرستان و ایلام به ترتیب دارای ۲۶۶، ۲۶۱، ۲۴۰، ۲۲۵ و ۱۷۸ مورد بارندگی تداومی (حداقل ۳ روز متوالی و حداقل ۱ میلی‌متر بارش در روز) بوده‌اند. این میزان بارش تحت تأثیر سامانه‌های جوی مختلف قرار دارد و الگوهای متفاوتی را در هر استان نشان می‌دهد تعداد موارد بارندگی تداومی برای هر استان و تعداد کل موارد رخداد مربوط به حالت های جهت، چرخش، ترکیب و حالت تعریف نشده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. تعداد کل رخدادهای جهتی، چرخشی و ترکیبی برای ایستگاه‌های منتخب

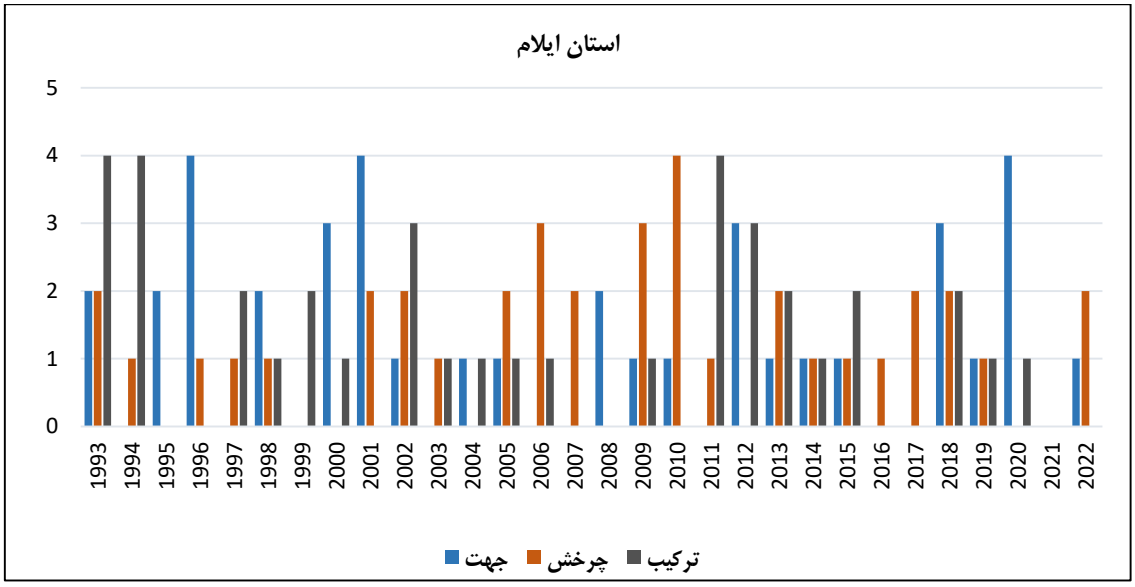
ردیف	استان	تعداد موارد بارندگی تداومی حداقل ۳ روز و یا بیشتر	فراوانی جهت	فراوانی چرخش	فراوانی ترکیب	فراوانی تعریف نشده
۱	کرمانشاه	۲۶۶	۵۰	۶۹	۴۹	۹۸
۲	کردستان	۲۶۱	۵۰	۹۴	۵۳	۶۴
۳	همدان	۲۴۰	۵۰	۶۵	۴۳	۸۲
۴	لرستان	۲۲۵	۴۰	۶۶	۴۱	۷۸
۵	ایلام	۱۷۸	۳۹	۳۸	۳۸	۶۳

در ادامه، نمودارهای مرتبط با هر استان ارائه شده و تحلیل آن انجام می‌شود.

استان ایلام دارای کمترین میزان بارندگی تداومی (۱۷۸ مورد) در میان استان‌های مورد مطالعه است. در این استان، ۳۹ مورد جهت، ۳۸ مورد چرخشی، ۳۸ مورد ترکیبی و ۶۳ مورد تعریف‌نشده ثبت شده است. درصد چرخش چرخندی در این استان ۹۷ درصد و درصد چرخش واچرخندی ۳ درصد بوده است. موقعیت جغرافیایی خاص استان ایلام و فاصله آن از مسیرهای اصلی سامانه‌های بارشی موجب کاهش تعداد رخدادهای بارش تداومی در این منطقه شده است. همچنین نزدیکی ایلام به مناطق خشک و نیمه‌خشک عراق و تأثیرپذیری از جریان‌های گرم و خشک جنوبی، موجب کاهش شدت و پایداری بارش‌ها در مقایسه با دیگر استان‌های مورد بررسی شده است.

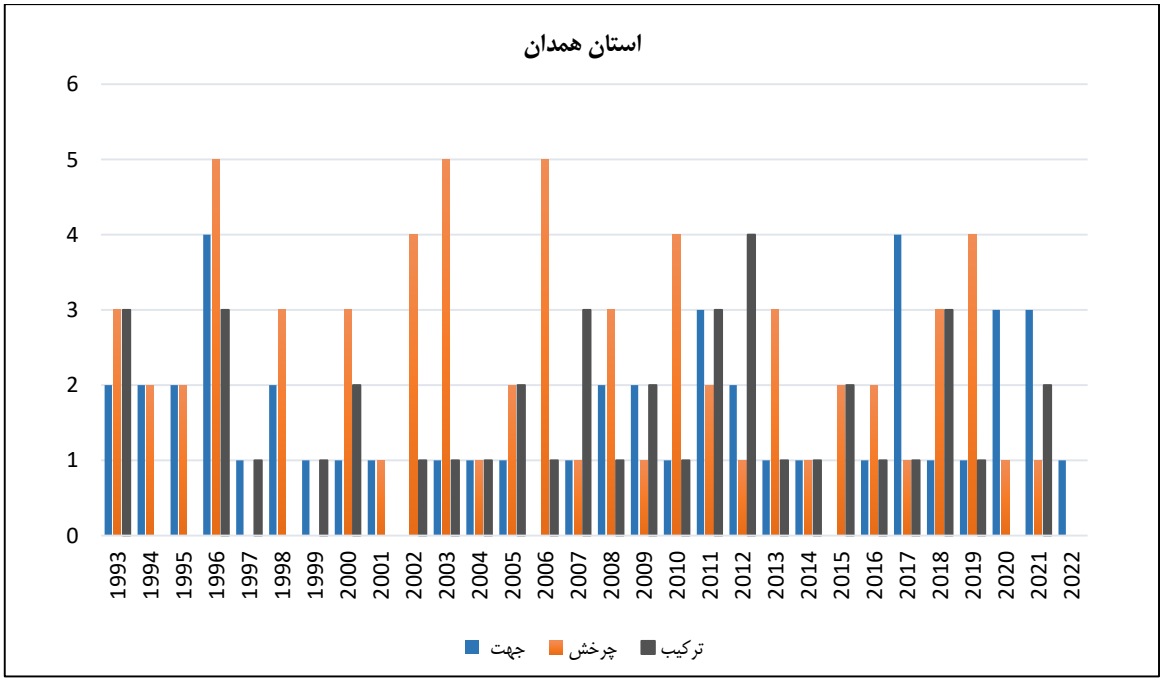
[1] -Trigo & Dacamara
[2] - Jenkinson & Dessouky
[3] - Spellman
[4] - Goodes & Palutikof
[5] - Conway

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]



شکل ۳. فراوانی رخداد حالت‌های جهتی، چرخشی، ترکیبی و تعریف نشده برای استان ایلام (ایستگاه ایلام)

در استان همدان، ۲۴۰ مورد بارندگی تداومی ثبت شده که شامل ۵۰ مورد جهت، ۶۵ مورد چرخشی، ۴۳ مورد ترکیبی و ۸۲ مورد تعریف‌نشده است. درصد چرخش چرخندی در این استان ۹۷ درصد و درصد چرخش واچرخندی ۳ درصد بوده است. این استان به دلیل قرارگیری در بخش میانی زاگرس و مجاورت با ارتفاعات الوند، تحت تأثیر بارش‌های ناشی از جریانات غربی و سیکلون‌های سودانی قرار دارد که موجب پایداری بیشتر بارش‌ها در این منطقه می‌شود. علاوه بر این، ارتفاعات همدان در هدایت و ماندگاری سامانه‌های بارشی نقش مؤثری داشته و موجب افزایش میانگین بارش‌های تداومی در این منطقه شده است.

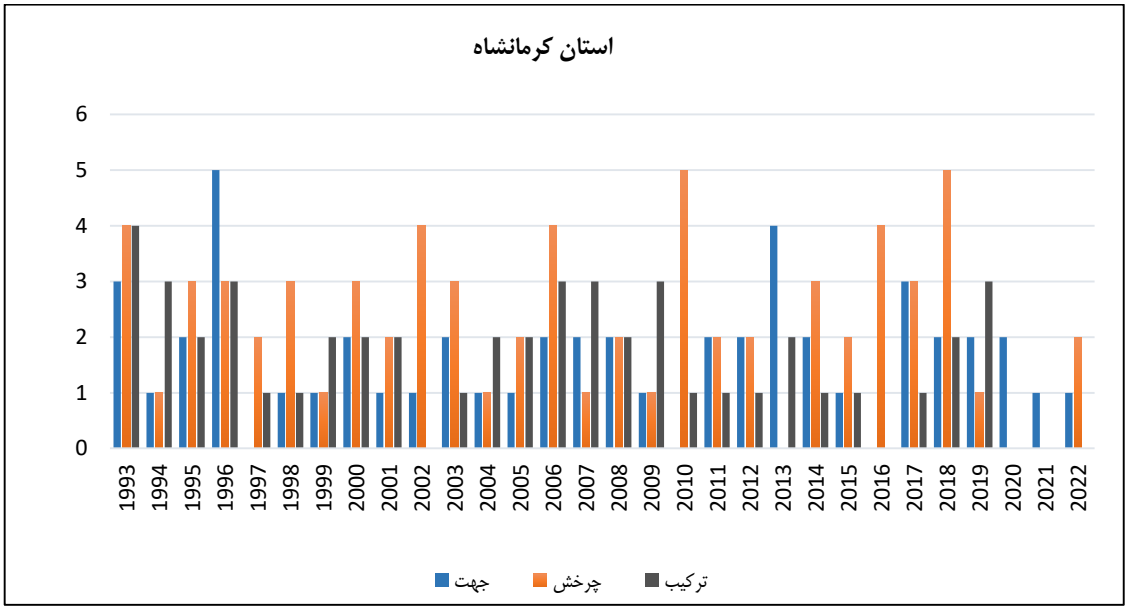


شکل ۴. فراوانی رخداد حالت‌های جهتی، چرخشی، ترکیبی و تعریف نشده برای استان همدان (ایستگاه فرودگاه)

استان کرمانشاه دارای بیشترین تعداد موارد بارندگی تداومی (۲۶۶ مورد) است. در این استان، ۵۰ مورد مربوط به جهت، ۶۹ مورد چرخشی، ۴۹ مورد ترکیبی و ۹۸ مورد تعریف‌نشده بوده است. درصد چرخش چرخندی در این استان ۱۰۰ درصد بوده که نشان‌دهنده تأثیر بالای سامانه‌های چرخندی در ایجاد بارش‌های پایدار است. این امر به دلیل قرارگیری استان در مسیر سامانه‌های

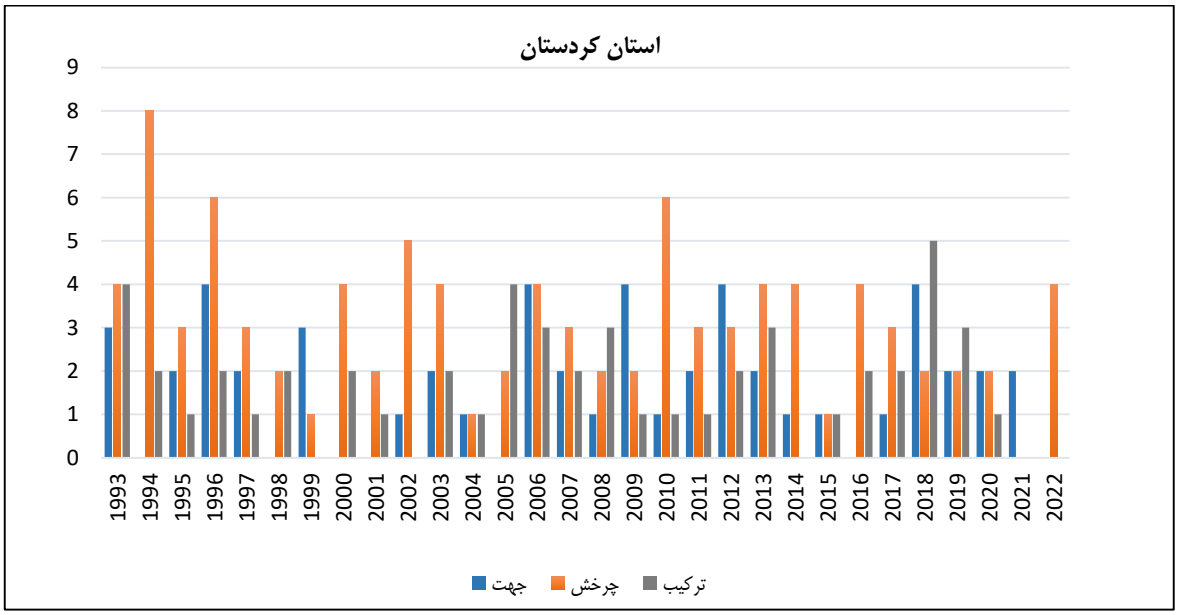
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

مدیترانه‌ای و سودانی است که رطوبت کافی را برای بارش‌های مداوم فراهم می‌کنند. همچنین موقعیت توپوگرافی کرمانشاه و همجواری آن با ارتفاعات زاگرس، موجب تشدید بارش‌های ناشی از برخورد سامانه‌های مرطوب با کوهستان شده و نقش مهمی در افزایش بارش‌های مداوم دارد.



شکل ۵. فراوانی رخداد حالت‌های جهتی، چرخشی، ترکیبی و تعریف نشده برای استان کرمانشاه (ایستگاه کرمانشاه)

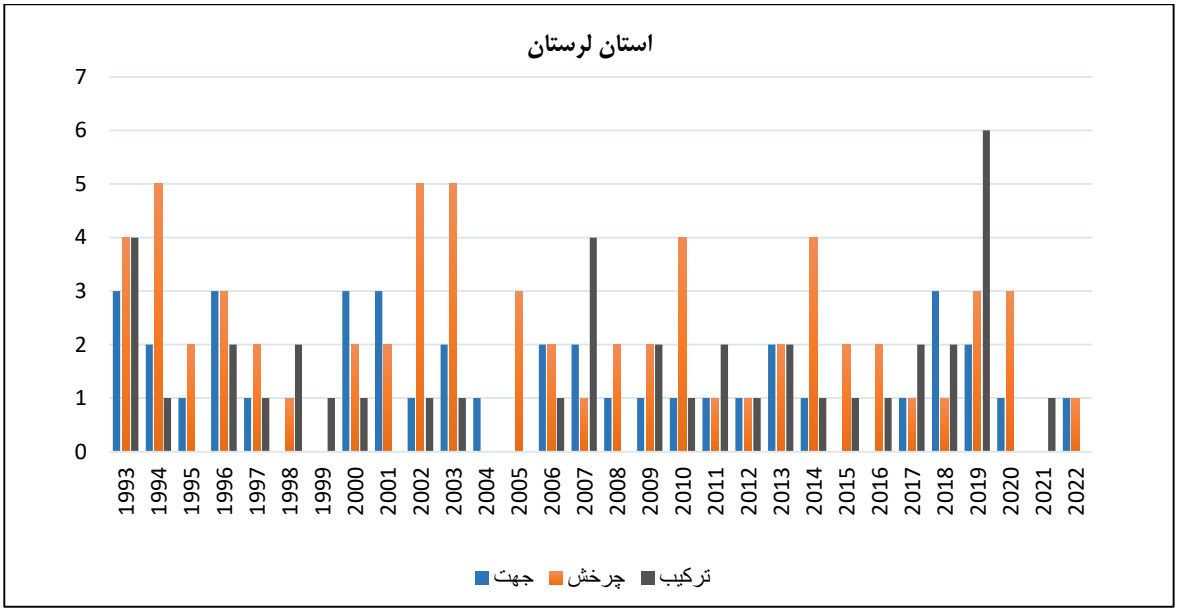
استان کردستان با ۲۶۱ مورد بارندگی تداومی، در رتبه دوم قرار دارد. در این استان، ۵۰ مورد مربوط به جهت، ۹۴ مورد چرخشی، ۵۳ مورد ترکیبی و ۶۴ مورد تعریف‌نشده ثبت شده است. درصد چرخش چرخندی در این استان ۹۸ درصد و درصد چرخش واچرخندی ۲ درصد بوده که نشان‌دهنده غلبه سامانه‌های کم‌فشار چرخندی بر جو استان است. این تأثیر ناشی از نقش رشته‌کوه‌های زاگرس در پایداری سامانه‌های بارشی است. علاوه بر آن، وضعیت جغرافیایی کردستان و قرارگیری آن در دامنه‌های غربی زاگرس باعث افزایش بارش‌های اوروگرافیک (بارش‌های ناشی از بالا رفتن توده‌های هوای مرطوب از کوهستان) شده و بارش‌های تداومی را در این منطقه افزایش داده است



شکل ۶. فراوانی رخداد حالت‌های جهتی، چرخشی، ترکیبی و تعریف نشده برای استان کردستان (ایستگاه سنندج)

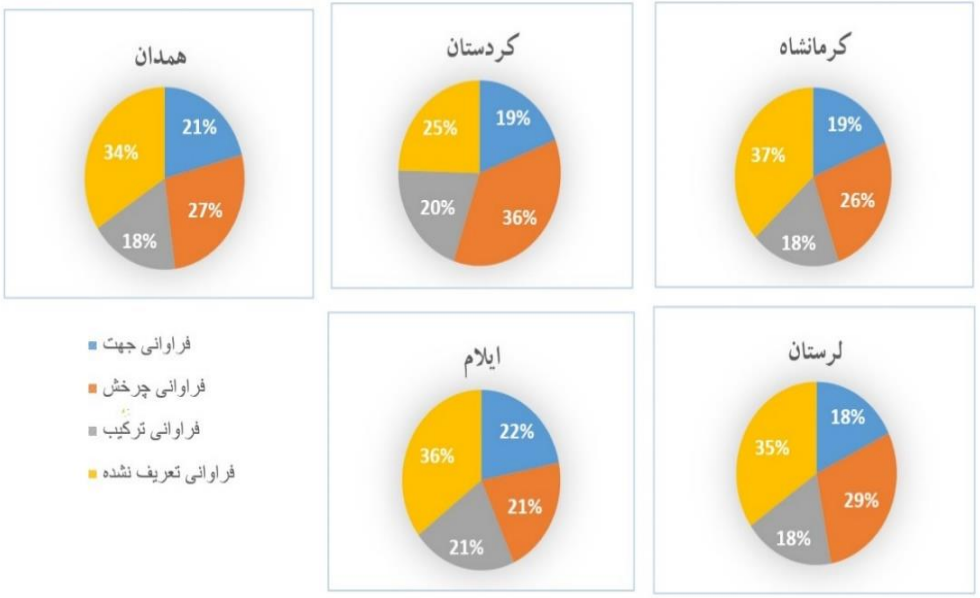
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

استان لرستان دارای ۲۲۵ مورد بارندگی تداومی بوده که شامل ۴۰ مورد جهت، ۶۶ مورد چرخشی، ۴۱ مورد ترکیبی و ۷۸ مورد تعریف‌نشده است. درصد چرخش چرخندی در این استان ۹۵ درصد و درصد چرخش واچرخندی ۵ درصد بوده که نشان‌دهنده تأثیر بالای سامانه‌های چرخندی است. کوه‌های زاگرس در این استان باعث تقویت همگرایی رطوبتی و افزایش فراوانی بارش‌های پایدار شده‌اند. به‌ویژه در غرب و جنوب لرستان، تأثیر ناهمواری‌های زاگرس مرکزی و مسیرهای رطوبتی که از مدیترانه و خلیج فارس وارد منطقه می‌شوند، موجب افزایش شدت و تداوم بارش‌ها شده است.



شکل ۷. فراوانی رخداد حالت‌های جهتی، چرخشی، ترکیبی و تعریف نشده برای استان لرستان (ایستگاه خرم‌آباد)

در ادامه درصد فراوانی رخداد هر یک از دسته‌بندی‌های جهت، چرخش و ترکیب هر ایستگاه به تفکیک ارائه شده است (شکل ۸).



شکل ۸. درصد فراوانی رخداد هریک از حالت های مربوط به روش L-J برای هر ۵ استان

مسئلهٔ دیگری که باید به آن توجه نمود، تعیین درصد نوع چرخندی و واچرخندی در فراوانی‌های مربوط به چرخش می‌باشد. شرایط زیر، چرخندی یا واچرخندی بودن چرخش را نمایان می‌سازد:

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

اگر ζ تاوایی ژئوستروفیک $0 <$ و $\zeta > V$ چرخش از نوع چرخندی (C) خواهد بود و

اگر ζ تاوایی ژئوستروفیک $0 >$ و $\zeta < -V$ چرخش از نوع واچرخندی (A) خواهد بود (جنکینسون و کالیسون[1]، ۱۹۷۷).

با بررسی شرایط فوق، تعداد چرخش‌های چرخندی و واچرخندی مشخص می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳. فراوانی حالت‌های چرخندی و واچرخندی به تفکیک استان

نام استان	تعداد کل حالت چرخش	تعداد چرخش چرخندی	تعداد چرخش واچرخندی	درصد چرخش چرخندی	درصد چرخش واچرخندی
کرمانشاه	۶۹	۶۹	۰	۱۰۰	۰
کردستان	۹۴	۹۲	۲	۹۸	۲
همدان	۶۵	۶۳	۲	۹۷	۳
لرستان	۶۶	۶۳	۳	۹۵	۵
ایلام	۳۸	۳۷	۱	۹۷	۳

همانطور که مشاهده می‌شود، فراوانی چرخش‌های چرخندی در بارش‌های تداومی غرب ایران بیشتر از واچرخندی است. استان کرمانشاه با ۱۰۰ درصد چرخش چرخندی در رتبه نخست، و استان‌های کردستان، همدان، ایلام و لرستان به ترتیب دارای ۹۸، ۹۷، ۹۷ و ۹۵ در رتبه‌های بعدی قرار دارند و ۲، ۳، ۳ و ۵ درصد چرخش نوع واچرخندی را نیز به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳).

برای مشخص شدن نوع جهت براساس جهت‌های اصلی و یا فرعی نیز باید زاویهٔ جهت حرکت را محاسبه نمود تا بر اساس آن نوع جهت تعیین گردد. زاویه حرکت نیز بر اساس مولفه‌های جنوبی و غربی جریان محاسبه می‌گردد:

$$D = \tan^{-1}(\frac{S}{W}) \qquad (۷)$$

در این رابطه D جهت جریان، S و W نیز به ترتیب مولفه‌های جنوبی و غربی جریان هستند (جنکینسون و کالیسون[2]، ۱۹۷۷). به عنوان مثال اگر مولفه‌های جنوبی و غربی جریان به ترتیب دارای مقادیر ۱۱ و ۱۰ باشند، طبق رابطهٔ ۷، مقدار D تقریباً ۴۸ خواهد بود. یعنی جهت تقریباً در راستای شمال شرقی (۰ درجه شمالی تا ۹۰ درجه شرقی) می‌باشد. از آن جایی که این مطالعه بارش را برای سه روز متوالی و یا بیشتر دسته‌بندی می کند در حالیکه جریان هوا کمیتی است که در هر لحظه اندازه ی متفاوتی دارد، بنابراین امکان بررسی جهت حرکت در این مطالعه میسر نمی باشد؛ اما در مطالعاتی که به بررسی کمیت ها به صورت لحظه ای پرداخته می شود می توان جهت حرکت را به راحتی برای لحظات مورد نظر محاسبه نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از این مطالعه بررسی بارش‌های تداومی غرب ایران شامل ۵ استان کرمانشاه، لرستان، همدان، ایلام و کردستان (با تداوم حداقل ۳ روز و مقدار بارش حداقل ۱ میلی‌متر) براساس روش لمب –جنکینسون می‌باشد. انواع گردش هوا بر اساس این روش به ۴ دستهٔ اصلی نوع جهت جریان هوا، نوع چرخش جریان هوا، نوع مختلط و یا ترکیبی (ترکیبی از جهت و چرخش) و نوع تعریف نشده طبقه‌بندی می‌شوند.

پس از مشخص شدن روزهای دارای بارش تداومی ۳ روز و بیشتر برای استان‌های ذکر شده (ایستگاه‌های مرکز استان بعنوان ایستگاه منتخب معرفی شدند)، تعداد حالت‌های گردش هوا بر اساس این روش برای هر استان مشخص گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، استان‌های کرمانشاه، سنندج، همدان، لرستان و ایلام هر کدام به ترتیب دارای ۲۶۶، ۲۶۱، ۲۴۰، ۲۲۵ و ۱۷۸ مورد بارندگی تداومی ۳ روز و یا بیشتر با حداقل بارش ۱ میلی متر بوده‌اند. غرب ایران، به‌ویژه مناطق زاگرس تحت تأثیر چند مسیر رطوبتی اصلی قرار دارد که نقشی حیاتی را در بارش‌های تداومی این منطقه بازی می‌کنند. علاوه بر مسیرهای رطوبتی، سردچال‌های

[1] - Jenkinson & Collison

[2] - Jenkinson & Collison

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

غرب ایران نیز نقش مهمی در رخداد بارش تداومی ایران دارند؛ به عنوان مثال دره‌ها و مناطق مرتفع زاگرس، دشت بیجار (کردستان) و کوهستان های الوند (همدان) همگی از عوامل بسیار موثر بر وقوع بارش های تداومی غرب ایران هستند.

از این تعداد بارندگی تداومی، استان کرمانشاه دارای ۵۰ مورد فراوانی مربوط به حالت جهت، ۶۹ مورد مربوط به چرخش، ۴۹ مورد ترکیب و ۹۸ مورد حالت تعریف نشده بود. استان‌های کردستان، همدان، لرستان و ایلام نیز هر کدام به ترتیب دارای ۵۰، ۵۰، ۴۰ و ۳۹ مورد فراوانی مربوط به حالت جهت، ۹۴، ۶۵، ۶۶ و ۳۸ مورد فراوانی مروبط به حالت چرخش، ۵۳، ۴۳، ۴۱ و ۳۸ مورد فراوانی مربوط به حالت ترکیب و در نهایت ۶۴، ۸۲، ۷۸ و ۶۳ مورد فراوانی برای حالت تعریف نشده بودند.

همچنین از بین موارد ثبت شده برای حالت چرخش مربوط به هر استان، استان کرمانشاه دارای۱۰۰ درصد چرخش چرخندی، استان کردستان دارای ۹۸ درصد چرخش چرخندی و ۲ درصد واچرخندی، استان همدان دارای ۹۷ درصد چرخش چرخندی و ۳ درصد واچرخندی، استان لرستان دارای ۹۵ درصد چرخش چرخندی و ۵ درصد وا چرخندی و در نهایت استان ایلام نیز دارای ۹۷ درصد چرخش چرخندی و ۳ درصد واچرخندی بودند. بالا بودن درصد چرخش‌های چرخندی نسبت به چرخش‌های واچرخندی نشان از اهمیت و تاثیر چرخندهای مدیترانه و سودانی در وقوع بارش‌های تداومی و غلبهٔ چرخش چرخندی بر واچرخندیست که به دلیل همراه داشتن رطوبت فراوان، بارش‌های تداومی و گسترده‌ای را در مناطق غربی، شمال‌غربی و حتی مرکزی ایران به همراه دارند.

برای مشخص شدن نوع جهت در راستای جهت‌های اصلی و یا فرعی نیز می‌بایست ابتدا مولفه‌های جنوبی و غربی مربوط به جریان را در رابطهٔ (۷) قرارداده و پس از محاسبهٔ زاویه، نوع جهت را بر اساس آن معین نمود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به طور مساوی در این مقاله پژوهشی مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر حامی مالی نداشته است.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از سازمان هواشناسی کشور که با در اختیار قراردادن داده‌های مورد نیاز، انجام این مطالعه را ممکن نمود.

منابع

ترابی، مهدی و شکوهی، علیرضا (۱۴۰۲). بررسی تغییرات شدت بارش‌های کوتاه مدت در نیم قرن اخیر در شرایط کمبود داده (مطالعه موردی: شهر رشت). *حفاظت منابع آب و خاک*، ۴۸، ۱-۱۲.

ثقفی، مریم؛ براتی، غلامرضا؛ علیجانی، بهلول و مرادی، محمد (۱۴۰۲). ناحیه بندی و واکاوی بارش‌های فراگیر در نواحی بارشی ایران در بازه آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۷- ۲۰۱۶). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۷۱، ۱۰۳- ۱۲۱.

حسینی، سید محمد (۱۳۹۷). واکاوی روند بارش جنوب غرب آسیا در نیم سده گذشته. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۴۹، ۱۵۱- ۱۶۶.

علیجانی، بهلول؛ جعفرپور، زین الدین؛ علی اکبری بیدختی، عباسعلی و مفیدی، عباس (۱۳۸۶). تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جرافیایی*، ۱۰، ۷-۳۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

محمودی، پیمان؛ حمیدیان پور، محسن و ثنایی، مهدی (۱۴۰۱). ویژگی‌های همگرایی شار رطوبتی در زمان وقوع خشکسالی‌ها وترسالی‌های فراگیر ایران. *پژوهش‌های اقلیم شناسی*، ۵۲، ۱۴۳- ۱۶۸.

نظری پور، حمید (۱۳۹۳). نواحی تداوم بارش ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۳۶، ۱۹۵-۲۰۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

References

Conway, D., Wilby, R.L., & Jones, P.D. (1996). Precipitation and air flow indices over the British Isles. *Climate Research*, 7, 169–183. https://doi.org/10.3354/cr0007169

Goodess, C.M, & Palutikof, J.P. (1998). Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *Int J Climatol*, 18, 1051–1083.

Granja, J.A., Brands, S., Bedia, J., Casanueva, A., & Fernández, J. (2023). Exploring the limits of the Jenkinson–Collison weather types classification scheme: a global assessment based on various reanalyses. *Climate Dynamics*, 61, 1829–1845. https://doi.org/10.1007/s00382-022-06658-7

Gu, S, Wu, S., Yang,L., Hu, Y., Tian, B., Yu, Y., Ma, N., Ji, P., & Zhan, B. (2023). Synoptic Weather Patterns and Atmospheric Circulation Types of PM2.5 Pollution Periods in the Beijing-Tianjin-Hebei Region. *Atmosphere*, 14, 942. https://doi.org/10.3390/atmos14060942

Jenkinson, A., & Collison, F. (1977). An initial climatology of gales over the north sea. *Synoptic climatology branch memorandum*. 62, 18.

Jenkinson, A.F., & Dessouky, T.M. (1977). An objective daily catalogue of surface pressure, flow and vorticity indices for Egypt and it's use in monthly rainfall forecasting. *Meteorol Res Bull*, 11, 1–25.

Jones, P.D.., Hulme, M., & Briffa, K.R. (1993). A comparison of Lamb circulation types with an objective classifcation scheme. *Int J Climatol*, 13,655–663.

Lai, IC., Cheng, Y., Wang, L., & Li, T. (2021). Two Distinct Types of 10–30-Day Persistent Heavy Rainfall Events over theYangtze River Valley. *J. Climate*, 34, 9571- 9584. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0741.1

Lai. (2010). relationship between tropospheric ozone and atmospheric circulation in Taiwan. PhD thesis. *University of East Anglia*.

Li, Z., Shi, Y., Argiriou, A., Ioannidis, P., & Mamara, A. (2022). A Comparative Analysis of Changes in Temperature and Precipitation Extremes since 1960 between China and Greece. *Atmosphere*, 13, 1824. https://doi.org/10.3390/atmos13111824

Liao, W., Wu, L., Zhou, S., Wang, X., & Chen., D. (2021). Impact of Synoptic Weather Types on Ground-Level Ozone Concentrations in Guangzhou, China. *Asia-Pacific J. Atmos. Sci*, 57, 169–180. https://doi.org/10.1007/s13143-020-00186-2

Lu, R. (2000). Anomalies in the tropics associated with the heavy rainfall in East Asia during the summer of 1998. *Adv. Atmos. Sci.*, 17, 205–220. https://doi.org/10.1007/s00376-000-0004-y

Otero, N., Sillmann, J., & Butler, T. (2018). Assessment of an Extended Version of the Jenkinson–Collison Classification on CMIP5 Models over Europe. *Climate Dynmics*, 50, 1559–1579. https://doi.org/10.1007/s00382-017-3705-y

Post, P., Truija, V., & Tuulik, J. (2002). Circulation weather types and their influence on temperature and precipitation in Estonia. *Boreal Environ Research*, 7, 281–289.

Spellman, G. (2000). The use of an index-based regression model for precipitation analysis on the Iberian Peninsula. *Theor Appl Climatol*, 66, 229–2.

Sun, X., & Wang, Y. (2022). Comparisons of the Synoptic Characteristics of 14-Day Extreme Precipitation Events in Different Regions of Eastern China. *Atmosphere*, 13, 1310. https://doi.org/10.3390/atmos13081310

Trigo, R.M., & DaCamara, C.C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *Int J Climatol* 20, 1559–1581.

Wang Y., Liu, R., & Xin, F. (2023). Impact of Atmospheric Circulation Patterns on Ozone Changes in the Pearl River Delta from 2015 to 2020. *National library of medicine*, 44, 3080-3088.

Wang, L., Liu, D., Yan, W., Kang, Zh., Liu, R., Zhang, J., & Li, Z. (2022). Spatio-temporal distribution, transport characteristics and synoptic patterns of ozone pollution near surface in Jiangsu province, China. *Atmospheric Pollution Research*, 13,101616. https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101616

Wang, N., Zhu, L., Yang, H.R., & Han, L. (2017). Classification of Synoptic Circulation Patterns for Fog in the Urumqi Airport. *Atmospheric and Climate Sciences*, 7, 352-366. https://doi.org/10.4236/acs.2017.73026

Xie, Y., & Zhi, X. (2021). Impact of COVID-19 Lockdown and Atmospheric Circulation on the Air Quality in Wuhan During Early 2020. *E3S Web Conf*, 299, 02011.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]

Yi, Z., Wang, Y., Chen, W., Guo, B., Zhang, B., Che, H., & Zhang, X. (2021). Classification of the Circulation Patterns Related to Strong Dust Weather in China Using a Combination of the Lamb–Jenkinson and k-Means Clustering Methods. *Atmosphere*, 12, 1545. https://doi.org/10.3390/atmos12121545

Zhang, L., Wang, L., Tang, G., Xin, J., Li, M., Li, X., Xin, F., Qin, Y., Wang, Y., & Hu, B. (2023). Comprehensively Exploring the Characteristics and Meteorological Causes of Ozone Pollution Events in Beijing during 2013–2020. *Atmospheric Research*, 294, 6978. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106978

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.1.3.0]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.1.45.35]