Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

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

Analysis of Synoptic Patterns in Heavy and Flooding Rainfalls in the Kabul Basin

Abdul Aziz Qazizada [1] | Kamal Omidvar [2]✉ | Ghlamali Mozaffari [3] | Ahmad Mazidi [4]

1. Department of Climotology, Faculty of Geomorphology, University of Yazd, Yazd, Iran. E-mail: qazizada.aziz@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Climatology, Faculty of Geomorphology, University of Yazd, Yazd, Iran. E-mail: komidvar@yazd.ac.ir
3. Department of Climotology, Faculty of Geomorphology, University of Yazd, Yazd, Iran. E-mail: gmozafari@yazd.ac.ir
4. Department of Climotology, Faculty of Geomorphology, University of Yazd, Yazd, Iran. E-mail: mazidi@yazd.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 May 2025
Accepted 08 November 2025
Published online 07 January 2025

Keywords:
Heavy and Flooding Rainfall,
Cluster Analysis,
Kabul Basin,
Synoptic Pattern.

ABSTRACT

Objective: The Kabul Basin, due to the occurrence of severe floods and heavy rainfall, is considered one of the most vulnerable regions of Afghanistan. The main innovation of this study lies in examining the synoptic patterns of heavy rainfall and flooding using the environmental–circulation approach in this basin, which has so far been rarely investigated in a comprehensive manner.

Methods: Daily rainfall data from 18 meteorological stations within the Kabul Basin were analyzed for the period 2008–2022. Hierarchical cluster analysis with Ward's linkage method was employed to classify the events, selected for its ability to identify structural similarities among atmospheric patterns. This method was considered more suitable for categorizing synoptic patterns compared to alternatives such as Moran's analysis. Synoptic maps were generated using GrADS software.

Results: The results indicate that heavy rainfall and flooding in the Kabul Basin are influenced by a combination of atmospheric and synoptic factors, and three main patterns were identified. In the first pattern (23 March 2009), a trough over the eastern Mediterranean resulted in 31 mm of rainfall at Qala Malek station. In the second pattern (17 March 2014), a deep trough combined with the intrusion of Siberian cold air caused 59 mm of rainfall at Bagh-e Omomi station and triggered flooding in Parwan, Kapisa, and Kabul provinces. In the third pattern (5 February 2017), the combination of a trough, cold air, and the Indian anticyclone produced 60 mm of rainfall at Qala Malek station.

Conclusions: The analysis of synoptic patterns demonstrated that heavy rainfall events can be anticipated several days in advance, providing an effective basis for early warning and flood risk management. The main limitation of this study is its reliance on a relatively short statistical period and the limited number of stations. Nevertheless, the findings can contribute to water resource management, reducing the vulnerability of local communities, and offering practical recommendations for flood early warning systems and urban planning.

Cite this article: Qazizada, A.A., Omidvar, K., Mozaffari, Gh., & Mazidi, A. (2025). Analysis of Synoptic Patterns in Heavy and Flooding Rainfalls in the Kabul Basin. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 12 (3), 81-100. http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.3

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.3

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The Kabul Basin in Afghanistan is a region highly vulnerable to severe floods and heavy rainfall, driven by its mountainous terrain and geographical setting. These events pose significant threats to human life, agricultural productivity, and infrastructure, with profound hydrological, geomorphological, economic, and social consequences. The absence of a dense and consistent network of weather stations, particularly in high-altitude and flood-prone areas, complicates the prediction and management of such disasters in a developing country like Afghanistan. Historically, destructive floods in the Kabul Basin have led to the annual loss of thousands of acres of farmland and numerous lives, while the cost of rebuilding remains substantial.

Despite these challenges, there is a notable gap in understanding the synoptic mechanisms behind heavy rainfall events in the region. The novelty of this study lies in its focus on identifying the synoptic circulation patterns responsible for heavy rainfall and flooding in the Kabul Basin, a subject that has received little systematic scientific attention in Afghanistan.

This study addresses this gap by investigating heavy rainfall events—defined as daily precipitation exceeding 20 mm—and their associated synoptic patterns in the Kabul Basin. The research draws inspiration from global and regional studies, such as those by Smith & Brown (2022) and González & López (2023), which highlight the role of cyclones, jet streams, and troughs in extreme precipitation, and regional analyses in Iran (e.g., Omidvar et al., 2020; Rahimi & Azizi, 2024) that emphasize Mediterranean troughs and moisture flows. In Afghanistan, prior studies (e.g., Karimullah et al., 2024; Rahmati et al., 2024) are limited, underscoring the need for this research. Using daily rainfall data from 18 hydrological stations over the period 2008–2022, we applied an environmental-circulation approach, employing cluster analysis and synoptic mapping to identify atmospheric patterns driving these events. Cluster analysis was selected because of its ability to objectively classify complex and heterogeneous rainfall events into meaningful groups, providing a clearer understanding of spatial and temporal variability.

The primary objective is to enable prediction and mitigation of heavy rainfall by understanding atmospheric circulation behaviors, ultimately aiding water resource management, disaster preparedness, and timely warnings.

Methods

This study utilized daily rainfall data from 18 hydrological stations across the Kabul Basin, spanning 2008 to 2022, sourced from Afghanistan's Ministry of Energy and Water Meteorology Department. A threshold of 20 mm of daily rainfall was selected to define heavy rainfall events, as this amount often triggers flooding in the basin's mountainous terrain. A data matrix was constructed with days as rows and stations as columns, containing daily rainfall values. Days with missing data were excluded to ensure accuracy, and only those with rainfall ≥20 mm at any station were retained for analysis.

Cluster analysis using Ward's method was performed on these heavy rainfall days to group them based on rainfall amount similarities, accounting for spatial variability influenced by factors like topography, latitude, longitude, and proximity to moisture sources. This method also facilitated the classification of stations by their heavy rainfall characteristics. Atmospheric data, including sea-level pressure and conditions at 850 and 500 hPa levels, were extracted from the NCEP/NCAR reanalysis dataset, provided by NOAA (available at www.cdc.noaa.gov). This dataset offers daily averages at six-hour intervals since 1948, but only data matching the

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

study period (2008–2022) were used. Synoptic maps were generated using GrADS software to visualize atmospheric patterns.

The environmental-circulation approach was adopted to focus on specific heavy rainfall events, linking rainfall data with atmospheric dynamics to identify recurring synoptic patterns. This methodology allowed for a detailed examination of the interplay between local precipitation and large-scale circulation systems.

Results

Cluster analysis identified three primary synoptic patterns responsible for heavy rainfall and flooding in the Kabul Basin, each represented by a notable event: March 23, 2009: A trough over the eastern Mediterranean drove this event, channeling moisture from the Persian Gulf and the Sea of Oman into the Kabul Basin. The dynamic lift from the trough, combined with this moisture influx, produced 31 mm of rainfall at Qala Malik station, resulting in localized flooding. March 17, 2014: A deep trough over the region, coupled with cold air intrusion from Siberia, created an unstable atmosphere. Moisture from the Red Sea and Persian Gulf amplified the event, leading to 59 mm of rainfall at Bagh Umumi station and widespread flooding across Parwan, Kapisa, and Kabul provinces. February 5, 2017: This event featured a trough in the eastern Mediterranean, cold air from northern Asia and the Arctic, and an anticyclone over India. The anticyclone directed moisture from the Indian Ocean northward, which, when combined with the trough's uplift and cold air, resulted in 60 mm of rainfall at Qala Malik station and severe flooding. These patterns reveal the critical role of troughs, cold air masses, and moisture transport from nearby water bodies (e.g., Persian Gulf, Sea of Oman, Indian Ocean) in triggering heavy rainfall. The findings align with global studies (e.g., Robert et al., 1998; Zhang et al., 2014), which note similar roles for troughs and cyclones, and regional research in Iran (e.g., Mofidi & Sadeghi, 2015), where Mediterranean troughs are key. However, the Kabul Basin's unique interaction with Siberian cold air and the Indian anticyclone distinguishes it. Monitoring these patterns enables prediction of heavy rainfall days in advance, offering opportunities for preemptive flood mitigation.

Conclusion

This study demonstrates that heavy rainfall and flooding in the Kabul Basin are driven by three distinct synoptic patterns involving troughs, cold air intrusions, and moisture from regional water bodies. Analysis of data from 2008–2022 identified representative events on March 23, 2009 (31 mm), March 17, 2014 (59 mm), and February 5, 2017 (60 mm), each linked to specific atmospheric configurations. The novelty of this work lies in providing the first systematic classification of synoptic patterns behind heavy rainfall in Afghanistan, highlighting the interplay of Mediterranean troughs, Siberian cold air, and the Indian anticyclone.

The research holds significant implications for water resource management, disaster preparedness, and issuing timely warnings to protect lives and property in the Kabul Basin. Compared to global and Iranian studies, the prominence of Siberian cold air and the Indian anticyclone in this region highlights the need for localized analyses. Nevertheless, the study is constrained by sparse station coverage and reliance on reanalysis data, which may limit spatial detail. Future research should integrate higher-resolution datasets, remote sensing products, and regional climate models to strengthen forecasting systems.

Practical recommendations include incorporating these identified synoptic patterns into early-warning frameworks, developing region-specific forecasting tools, and strengthening Afghanistan's meteorological infrastructure to enhance resilience against floods.

Keywords: Heavy and Flooding Rainfall, Cluster Analysis, Kabul Basin, Synoptic Pattern.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

Author Contributions

First author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analyzing and interpreting information and results, preparing a draft of the article.
Second, third, and fourth authors: Research design, supervising the research process, reviewing and controlling the results, revising, reviewing, and finalizing the article.

Data Availability Statement

The data of this study is available upon request from the authors.

Acknowledgements

This article is derived from the doctoral dissertation of the first author under the supervision of the second author. The esteemed reviewers are sincerely thanked for their constructive structural and scientific comments.

Ethical considerations

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

Funding

This article has received no financial support.

Conflict of interest

According to the authors' declaration, this article has no conflict of interest.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: **۵۱۴۶- ۲۵۸۸**

Homepage: https://khu.ac.ir

واکاوی الگوهای همدیدی بر بارش های سنگین و سیلابی در حوضه کابل

عبدالعزیز قاضی زاده [۱] | کمال امیدوار [۲] ✉ | غلامعلی مظفری [۳] | احمد مزیدی [۴]

۱. گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: qazizada.aziz@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: komidvar@yazd.ac.ir

۳. گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: gmozafari@yazd.ac.ir

۴. گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mazidi@yazd.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷

کلیدواژه‌ها:
بارش سنگین و سیلابی،
تحلیل خوشه ای،
حوضه کابل،
الگوی همدیدی.

هدف: حوضه کابل به دلیل وقوع سیلاب‌های شدید و بارش‌های سنگین، یکی از مناطق بسیار آسیب‌پذیر افغانستان به شمار می‌رود. نوآوری اصلی این پژوهش تمرکز بر واکاوی همدیدی بارش‌های سنگین و سیلابی با استفاده از رویکرد محیطی-گردشی در این حوضه است که تاکنون کمتر به‌طور جامع بررسی شده است.

روش پژوهش: داده‌های روزانه بارش ۱۸ ایستگاه هوا شناسی در محدوده حوضه کابل طی دوره آماری ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ تحلیل گردید. برای طبقه‌بندی رخدادها از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی با روش ادغام وارد استفاده شد که به دلیل توانایی در تشخیص شباهت‌های ساختاری بین الگوهای جوی انتخاب گردید؛ این روش نسبت به برخی روش‌های دیگر از جمله موران برای دسته‌بندی الگوهای همدیدی مناسب‌تر است. نقشه‌های همدیدی با بهره‌گیری از نرم‌افزار گرادس استخراج شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که بارش‌های سنگین و سیلابی در حوضه کابل تحت تأثیر ترکیبی از عوامل جوی و همدیدی قرار داشته و سه الگوی اصلی عامل این رخدادها شناسایی شد. در الگوی نخست (۲۳ مارس ۲۰۰۹)، ناوه‌ای در شرق مدیترانه باعث بارش ۳۱ میلی‌متری در ایستگاه قلعه ملک شد. در الگوی دوم (۱۷ مارس ۲۰۱۴)، ناوه عمیق همراه با نفوذ هوای سرد سیبری منجر به بارش ۵۹ میلی‌متری در ایستگاه باغ عمومی و جاری شدن سیلاب در استان‌های پروان، کاپیسا و کابل گردید. در الگوی سوم (۵ فوریه ۲۰۱۷)، ترکیب ناوه، هوای سرد و واچرخند هند بارش ۶۰ میلی‌متری را در ایستگاه قلعه ملک به دنبال داشت.

نتیجه‌گیری: تحلیل الگوهای همدیدی نشان داد که امکان پیش‌بینی بارش‌های سنگین چند روز پیش از وقوع وجود دارد که می‌تواند برای هشدار سریع و مدیریت ریسک سیلاب بسیار مؤثر باشد. محدودیت این مطالعه، وابستگی به دوره آماری نسبتاً کوتاه و تعداد محدود ایستگاه‌هاست. با این حال، یافته‌ها می‌توانند در مدیریت منابع آب، کاهش آسیب‌پذیری جوامع محلی، و ارائه پیشنهادهای کاربردی برای سامانه‌های هشدار سریع و برنامه‌ریزی شهری مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: قاضی زاده، عبدالعزیز؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ و مزیدی، احمد (۱۴۰۴). واکاوی الگوهای همدیدی بر بارش های سنگین و سیلابی در حوضه کابل. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۳)، ۸۱-۱۰۰. http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.3

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

مقدمه

برآورد مقدار و زمان رخداد بارش‌های سیل‌زا در کشورهای در حال توسعه به دلیل نقش اساسی در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، صنعتی و خدماتی، اهمیت زیادی دارد. این مسئله در افغانستان، که فاقد شبکه منظم و متراکم ایستگاه‌های ثبت بارش به‌ویژه در مناطق مرتفع و سیل‌خیز است، از حساسیت بیشتری برخوردار است. بارش‌های سنگین و پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر زندگی انسان‌ها، زیرساخت‌های شهری و فعالیت‌های اقتصادی، ضرورت توجه علمی به این پدیده را دوچندان می‌کند.

از نظر شکاف علمی، اگرچه مطالعات متعددی در زمینه بارش و سیلاب در مناطق مختلف جهان و برخی حوزه‌های ایران انجام شده است (مانند بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های سنگین، مدل‌سازی سیلاب‌ها و تحلیل خطرپذیری)، اما در افغانستان و به‌ویژه در حوضه کابل، پژوهش‌های جامع و نظام‌مند در خصوص ارتباط الگوهای همدیدی و بارش‌های سنگین بسیار محدود است. این کمبود مطالعات باعث شده تا شناخت کافی از مکانیزم‌های جوی مؤثر بر سیلاب‌های ویرانگر در این منطقه وجود نداشته باشد.

اهمیت انتخاب حوضه کابل در این تحقیق از چند منظر قابل توجیه است: نخست، این حوضه یکی از پرجمعیت‌ترین و راهبردی‌ترین مناطق افغانستان است که پایتخت و مراکز مهم اقتصادی و اجتماعی کشور را دربر می‌گیرد. دوم، رخداد مکرر سیلاب‌های ویرانگر در این حوضه سالانه باعث از بین رفتن هزاران جریب زمین کشاورزی، تخریب زیرساخت‌ها و جان باختن صدها نفر می‌شود. سوم، هزینه‌های بازسازی و جبران خسارات ناشی از این سیلاب‌ها بسیار سنگین و فراتر از توان اقتصادی کشور است. بنابراین، مطالعه علمی این منطقه از منظر مدیریت بحران، توسعه پایدار و امنیت اجتماعی کاملاً ضروری است.

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و واکاوی بارش‌های سنگین در حوضه کابل و تحلیل سازوکارهای همدیدی ایجادکننده آن‌ها با استفاده از رویکرد محیطی–گردشی است. مسئله اصلی تحقیق آن است که چه الگوهای همدیدی منجر به شکل‌گیری بارش‌های سنگین و سیلابی در این حوضه می‌شوند و چگونه می‌توان با شناسایی این الگوها، زمینه پیش‌بینی چندروزه رخدادها و کاهش اثرات زیان‌بار آن‌ها را فراهم آورد. این مطالعه، علاوه بر پر کردن شکاف علمی موجود، می‌تواند در بهبود سامانه‌های هشدار سریع، مدیریت منابع آب و کاهش آسیب‌پذیری جوامع محلی نقش مهمی ایفا کند.

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه نظری

اقلیم‌شناسی همدید به بررسی روابط میان گردش‌های جوی و اقلیم‌های محلی و منطقه‌ای می‌پردازد. به گفته باری و پری (۱۹۷۳)، این شاخه از اقلیم‌شناسی دارای دو مرحله اصلی است: طبقه‌بندی گردش‌های جوی و بررسی ارتباط آن‌ها با عناصر اقلیمی منطقه مورد مطالعه (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷). در سال‌های اخیر، با ورود داده‌های محیطی غیراحتمالی مانند کیفیت آب، عملکرد محصولات کشاورزی، و سطح ازن، تعریف گسترده‌تری از اقلیم‌شناسی همدید ارائه شده است. در این تعریف جدید، تمرکز بر رابطه میان گردش‌های جوی و محیط سطحی، به‌ویژه در لایه مرزی سیاره‌ای (با ضخامت میانگین حدود یک کیلومتر) قرار گرفته است (مسعودیان، ۱۳۸۵). مطالعات همدید عموماً چهار ویژگی مشترک دارند: ۱) طبقه‌بندی گردش‌های جوی بر اساس شباهت‌های آماری یا ارتباط دینامیکی میان پدیده‌ها، ۲) بررسی هم‌زمان سامانه‌های جوی در مقیاس کلان و محیط سطحی در مقیاس محلی، ۳) تحلیل تأثیر نوسانات اقلیمی (درون‌فصلی و بین‌سالی) بر محیط سطحی، و ۴) تمرکز بر منطقه‌ای خاص به عنوان واحد مطالعه. در این مطالعات، دو رویکرد اصلی برای ارتباط گردش‌های جوی با متغیرهای محیطی به‌کار می‌رود: رویکرد «گردشی به محیطی» که در آن، داده‌های محیطی براساس الگوهای جوی تفسیر می‌شوند، و رویکرد «محیطی به گردشی» که در آن، ابتدا شاخص‌های محیطی انتخاب شده و سپس الگوهای گردشی متناسب با آن‌ها شناسایی می‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۵).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

۲. پیشینه تجربی

مطالعات متعددی در زمینه تحلیل همدیدی بارش‌های سنگین و سیلابی در مناطق مختلف جهان انجام شده است که می‌توان به تحقیقات (اسمیت و براون[۱]، ۲۰۲۲؛ گونزالس[۲] و لوپز، ۲۰۲۳؛ چن[۳] و ژانگ، ۲۰۱۹) اشاره کرد. این مطالعات نشان می‌دهند که الگوهای جوی مانند سیکلون‌ها و ناوه‌ها نقش کلیدی در وقوع بارش‌های سنگین دارند و استفاده از رویکردهای همدیدی می‌تواند دقت پیش‌بینی این رویدادها را افزایش دهد. در منطقه جنوب آسیا، پژوهش‌هایی مانند (خان[۴] و پاتل، ۲۰۲۱) نشان داده‌اند که سیل‌های مرتبط با مونسون تحت تأثیر سامانه‌های کم‌فشار و جریان‌های رطوبتی از اقیانوس هند قرار دارند، یافته‌ای که با شرایط اقلیمی مشابه در حوضه کابل هم‌خوانی دارد. در خاورمیانه نیز تحقیقات (یامنی[۵] و جعفری، ۲۰۲۳؛ احمدی[۶] و حسینی، ۲۰۲۳) بر بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های سیلابی متمرکز بوده و بر نقش تعامل ناوه‌ها و جریان‌های رطوبتی تأکید کرده‌است. در ایران، مطالعات مختلفی به تحلیل همدیدی بارش‌های سنگین پرداخته که از جمله آن‌ها می‌توان به (امیدوار، ۱۳۸۶؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۸۹؛ امیدوار و سالاری، ۱۳۹۲؛ اسدی و جعفری، ۱۴۰۲؛ ابراهیمی و صفری، ۱۴۰۱؛ حسین‌زاده و رضایی، ۱۴۰۳) اشاره کرد. این تحقیقات نشان داده‌اند که سامانه‌های کم‌فشار، جریان‌های جتی و ناوه‌های مدیترانه‌ای از عوامل اصلی وقوع بارش‌های شدید در مناطق مختلف کشور ایران هستند. به طور مشابه، پژوهش‌های (ریمی و پورمحمدی، ۱۴۰۲؛ لشکری و محمدی، ۱۳۹۷؛ رحمانی و قائمی، ۱۴۰۰) نیز نقش توپوگرافی، سامانه‌های پرفشار سیبری و الگوهای گردشی در وقوع این پدیده‌ها را بررسی کرده است. در سطح منطقه‌ای، مطالعاتی مانند (علیزاده و رحیمی، ۲۰۲۴؛ دارند و دوست‌کامیان، ۲۰۱۷؛ فرجزاده و کریمی، ۲۰۱۶) بر تحلیل بارش‌های سنگین در کوه‌های زاگرس، شمال ایران و تهران تمرکز داشته و تأثیر سامانه‌های کم‌فشار قطبی و مدیترانه‌ای را بررسی کرده‌اند. همچنین، تحقیقات (جوان و موسوی، ۲۰۲۰؛ رحیمی و عزیزی، ۲۰۲۴؛ مفیدی و صادقی، ۲۰۱۵) به بررسی خوشه‌بندی الگوهای بارش‌های سیل‌آسا و نقش کم‌فشار سودانی در بارش‌های شدید جنوب غرب ایران پرداخته‌است.

این مطالعات نشان می‌دهند که بارش‌های شدید زمانی رخ می‌دهد که مرکز کم‌فشار بر منطقه مستقر شده و تحت تأثیر جبهه‌های سرد قرار گیرد. همچنین، تداوم بارش‌ها ناشی از هم‌زمانی سیستم‌های کم‌فشار دریای سرخ و مدیترانه یا سیستم‌های قطبی اروپایی است. به طور خاص، در جنوب غرب ایران، تقویت فعالیت مرکز کم‌فشار سودانی و همگرایی دریای سرخ به افزایش بارش‌های سیل‌آسا منجر می‌شود.

با وجود پژوهش‌های زیادی که در سطح جهانی انجام شده، پژوهش‌های معدودی در افغانستان صورت گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تحقیقات (کریم الله[۷]، ۲۰۲۴؛ رحمتی[۸]، ۲۰۲۴؛ صافی[۹]، ۲۰۲۴؛ مسترشد، ۱۳۹۲؛ مسترشد، ۱۳۹۲؛ نصرتی، ۱۳۹۷؛ کونین، ۱۳۹۹؛ شرافت، ۱۳۹۹؛ صالحی، ۱۴۰۱) در افغانستان استناد کرد.

بر اساس مشاهدات موجود در سال‌های گذشته، بارش‌های سنگین و سیلابی به‌کرات در حوضه کابل اتفاق افتاده و سبب خسارات مالی و جانی زیادی شده است. بدیهی است برای مبارزه با آثار مخرب پدیده سیل، شناسایی الگوهای ایجادکننده آن ضرورت دارد؛ لذا در این مقاله سعی شده است علل همدیدی وقوع بارش‌های منجر به سیل شناسایی و به کمک تحلیل خوشه‌ای، روزهای منتخب که منجر به سیل شده‌اند، نقشه‌های همدیدی آن مورد واکاوی قرار گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

[1] - Smith & Brown
[2] - González & Lopez
[3] - Chen & Zhang
[4] - Khan, A., & Patel
[5] - Yamani & Jafari
[6] - Ahmadi & Hosseini
[7] - Karimullah
[8] - Rahmati
[9] - Safi

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

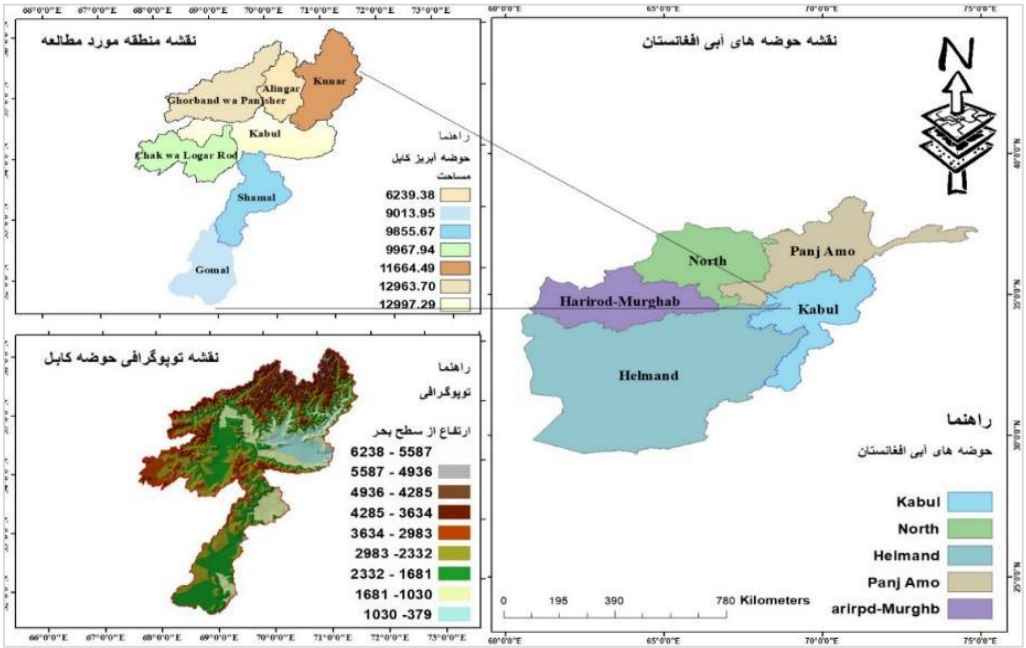
۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

حوضه آبریز کابل یکی از مهم‌ترین و استراتژیک‌ترین حوضه‌های رودخانه‌ای افغانستان به شمار می‌رود که در شمال‌شرق کشور واقع شده است. این حوضه از نظر موقعیت مطلق، بین عرض‌های ۳۳ تا ۳۵ درجه شمالی و طول‌های ۶۸ تا ۷۱ درجه شرقی قرار دارد و با مساحت تقریبی ۷۶۹۰۸ کیلومتر مربع، بخش گسترده‌ای از شرق افغانستان را در بر می‌گیرد (احمدزی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). ۲۰۲۱).

از لحاظ موقعیت نسبی، این حوضه از شمال به حوضه آمو، از شرق به کشور پاکستان، و از جنوب‌غرب به حوضه آبریز هیرمند (هلمند) محدود می‌شود. محدوده این حوضه استان‌های متعدد از جمله کابل، لوگر، میدان‌وردک، پنجشیر، پروان، کاپیسا، لغمان، ننگرهار، کنر، نورستان، خوست، پکتیا و پکتیکا را در بر می‌گیرد که نشان‌دهنده وسعت جغرافیایی و تنوع اقلیمی آن است (حسن‌زی، ۱۴۰۱).

حدود ۵۵ درصد از اراضی این حوضه را ارتفاعات کوهستانی تشکیل می‌دهد و بیش‌تر مناطق آن در ارتفاعاتی بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. این ویژگی توپوگرافی، حوضه را مستعد وقوع سیلاب‌های ناشی از ذوب برف و بارش‌های شدید فصلی ساخته است. رودخانه کابل و شاخه‌های اصلی آن از دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه هندوکش و ارتفاعات مرکزی سرچشمه می‌گیرند و پس از عبور از مناطق شهری و روستایی، به رود سند در کشور پاکستان می‌ریزد (صافی[2] و همکاران،۲۰۲۰).

بر اساس برآوردها، ظرفیت منابع آب قابل‌دسترس در حوضه کابل حدود ۱۹ میلیارد متر مکعب در سال تخمین زده می‌شود که از این مقدار، تنها ۲،۵ میلیارد متر مکعب برای مصارف زراعی و سایر نیازها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (بانک جهانی،۲۰۱۷). این موضوع نشان می‌دهد که علی‌رغم پتانسیل آبی بالا، بهره‌برداری پایدار از منابع آب این حوضه نیازمند مدیریت یکپارچه و مقابله با چالش‌هایی نظیر تغییر اقلیم و رشد جمعیت است .شناخت دقیق موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های فضایی این حوضه، مبنایی اساسی برای تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر وقوع و شدت سیلاب‌ها فراهم می‌سازد شکل (۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

[1] - Ahmadzai

[2] - Safi & Thomas

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

۲. داده‌ها و روش کار

در این پژوهش، از داده‌های روزانه بارش ۱۸ ایستگاه هواشناسی در محدوده حوضه کابل طی دوره آماری ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ استفاده شد. داده‌ها از اداره هواشناسی وزارت انرژی و آب افغانستان اخذ گردید و پس از کنترل کیفی اولیه، مقادیر گمشده یا غیرمنطقی حذف شد تا دقت تحلیل افزایش یابد. معیار انتخاب داده‌ها، دسترسی به آمار بلندمدت و نسبتاً پیوسته در ایستگاه‌های منتخب بود.

برای تعریف بارش سنگین، آستانه ۲۰ میلی‌متر در یک روز به عنوان معیار در نظر گرفته شد. دلیل این انتخاب، ماهیت کوهستانی حوضه کابل است؛ چراکه بارش‌های بیش از ۲۰ میلی‌متر در این منطقه به‌طور معمول منجر به رواناب‌های شدید و سیلاب‌های خسارت‌زا می‌شود. بر همین اساس، پایگاه داده‌ای از روزهای بارشی بالای ۲۰ میلی‌متر تهیه و در قالب ماتریس (سطرها = روزهای بارشی، ستون‌ها = ایستگاه‌ها) سازمان‌دهی شد.

در مرحله بعد، برای شناسایی الگوهای بارش، از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی با روش ادغام وارد استفاده گردید. انتخاب این روش به دلیل توانایی آن در دسته‌بندی رخدادهای پیچیده و شناسایی شباهت‌های ساختاری بین بارش‌های ایستگاه‌های مختلف بود. روش Moran اگرچه در تحلیل همبستگی مکانی داده‌ها کارآمد است، اما به دلیل تمرکز این پژوهش بر طبقه‌بندی الگوهای بارش‌های سنگین و سیلابی، روش وارد کارایی بیشتری داشت. این رویکرد امکان بررسی بارش‌های متنوع، از جمله رخدادهای چندروزه و ناهمگن در سطح ایستگاه‌ها را نیز فراهم ساخت.

در کنار داده‌های زمینی، داده‌های جوی شامل جریان‌های جوی، ترازهای فشار و داده‌های سطحی نیز مورد استفاده قرار گرفت. این داده‌ها از پایگاه بازتحلیل NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده (NOAA) استخراج شدند (www.cdc.noaa.gov).

داده‌های روزانه در ترازهای مختلف از سطح دریا تا ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال بررسی شدند. ترسیم نقشه‌های جو بالا با نرم‌افزار GrADS انجام گرفت. رویکرد محیطی–گردشی انتخاب شد زیرا تمرکز بر روزهای بارش سنگین خاص را ممکن ساخته و به شناسایی الگوهای همدیدی مؤثر کمک می‌کند.

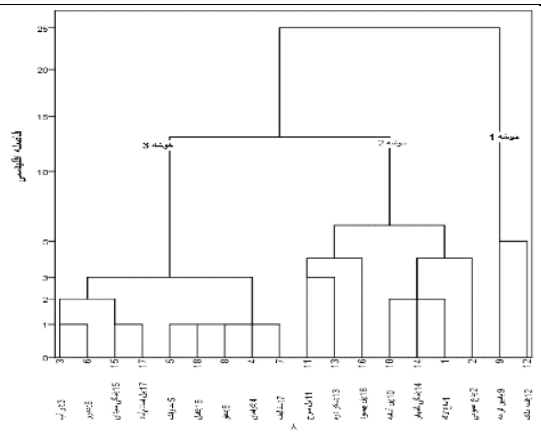
این روش‌شناسی دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ از جمله وابستگی به کیفیت داده‌های ایستگاهی و بازتحلیل، کمبود شبکه متراکم ایستگاه‌ها در افغانستان و احتمال خطا در برون‌یابی داده‌ها برای مناطق فاقد ایستگاه. با این حال، استفاده از داده‌های معتبر جهانی و روش‌های آماری استاندارد، قابلیت تکرارپذیری مطالعه برای سایر پژوهشگران را فراهم می‌آورد.

یافته‌های پژوهش

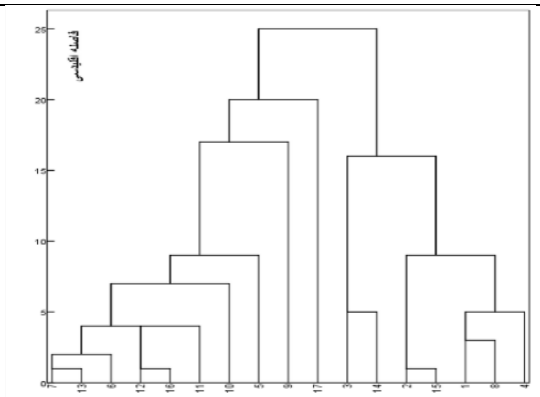
۱. تحلیل الگوهای همدید بارش روز ۲۳ ماه مارس ۲۰۰۹

ابتدا داده‌های بارش روزانه ۱۸ ایستگاه هیدرولوژی محدوده حوضه کابل طی دوره آماری ۲۰۰۸–۲۰۲۲ در ماتریسی ایجاد شد. این ماتریس، سطرها نشان‌دهنده روزهای بارشی و ستون‌ها نمایانگر ایستگاه‌ها و تاریخ بارش می باشد. در مرحله بعد، روزهایی که داده‌های آماری‌شان موجود نبود، از این ماتریس حذف شدند. در نهایت، تنها روزهایی انتخاب شدند که میزان بارش روزانه آن‌ها ۲۰ میلی‌متر و بیشتر بود و ماتریس جدیدی که روزهای بالای۲۰ میلی‌متر بارش را در بر می گیرد ایجاد شد که مبنای تحلیل بارش‌های سنگین این پژوهش را تشکیل می‌دهد شکل (۱) نمودار درختی برای بارش‌های مربوط به تعداد روزهای بارشی با بارش بالای ۲۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد. در این نمودار، محور افقی نمایانگر روزهای بارشی مربوط به ایستگاه و محور عمودی نشان‌دهنده فاصله اقلیدسی بین خوشه‌ها است. روش خوشه‌بندی براساس روش ادغام وارد انجام شده است. به دلیل تعدد روزهای بارشی، شماره روزها روی محور افقی ذکر نشده است. برای ساده‌سازی شناسایی زمان رخدادهای بارش های سنگین، سه الگو خوشه بارشی مشخص گردیده است که نمایانگر درجه همانندی روزها و میزان بارش هستند که در شکل های (۲، ۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. آمار مربوط به هریک از خوشه ها در جداول شماره (۱، ۲ و ۳) آورده شده است.

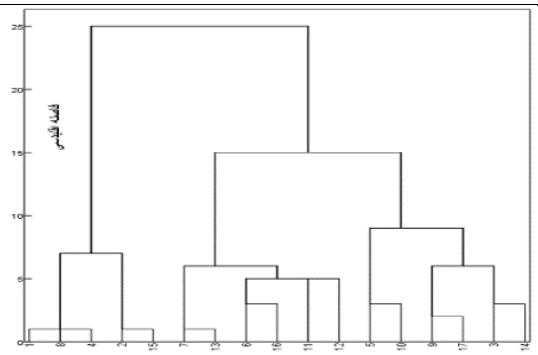
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]



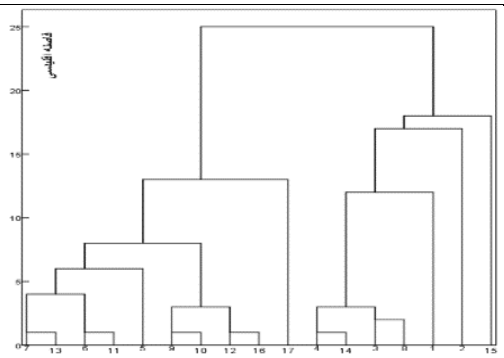
شکل ۲. نمودار درختی روز های بارشی برای بارش های بالاتر از ۲۰ میلی متر



شکل ۳. بارش مربوط به خوشه ۱



شکل ۴. بارش های مربوط به خوشه ۲

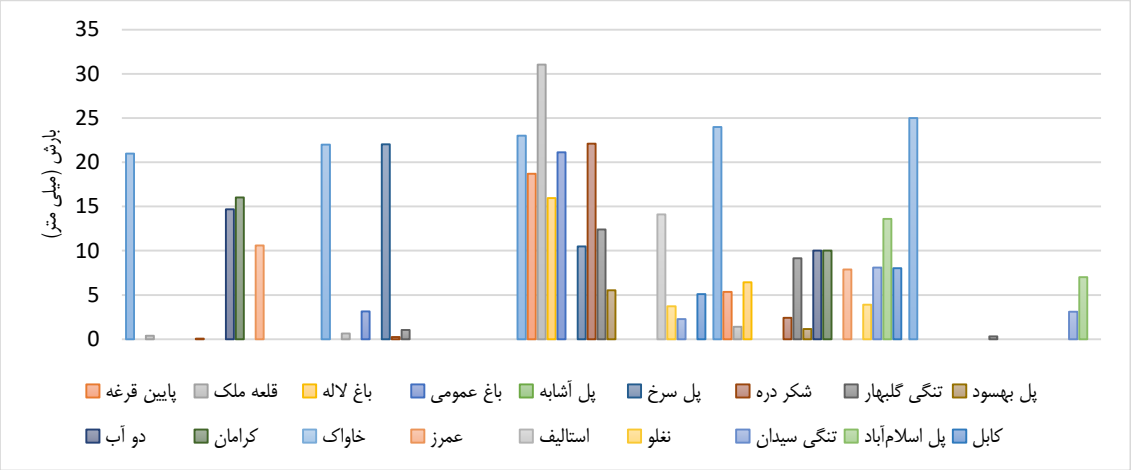


شکل ۵. بارش های مربوط به خوشه ۳

جدول ۱. داده های بارش مربوط به خوشه یک (بارش بر حسب میلی متر در روز)

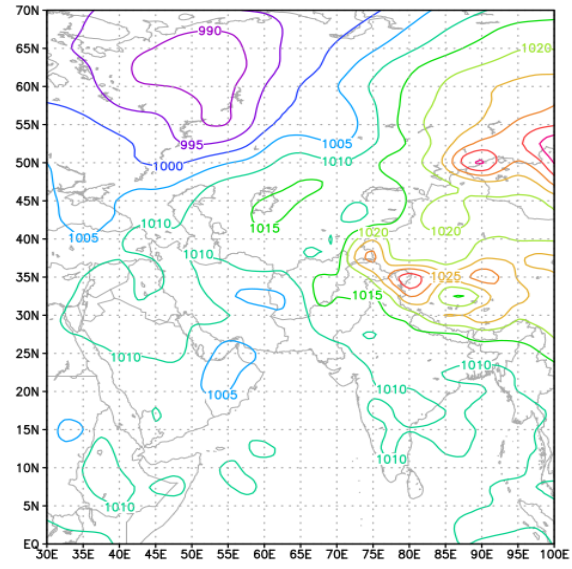
ایستگاه‌ها	بارش (میلی‌متر) ۲۱ - ۲۵ مارس ۲۰۰۹					مجموع
روز های بارش	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۵ روز
پایین قرغه	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۸/۷	۵/۳۵	۰/۰۰	۲۳
قلعه ملک	۰/۳۷	۰/۶۴	۳۱/۱	۱/۴۱	۰/۰۰	۳۳
باغ لاله	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۶/۰	۶/۴۳	۰/۰۰	۲۲
باغ عمومی	۰/۰۰	۳/۱۵	۲۱/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۴
پل آشابه	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
پل سرخ	۰/۰۰	۲۲/۰۴	۱۰/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۲
شکر دره	۰/۰۷	۰/۲۳	۲۲/۱	۲/۴۲	۰/۰۰	۲۵
تنگی گلبهار	۰/۰۰	۱/۰۵	۱۲/۴	۹/۱۴	۰/۳۳	۲۳
پل بهسود	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۵۲	۱۳/۱	۰/۰۰	۱۸
دو آب	۱۴/۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰/۰۳	۰/۰۰	۲۴
کرامان	۱۶/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰/۰۲	۰/۰۰	۲۶
خاواک	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
عمرز	۱۰/۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۷/۸۹	۰/۰۰	۱۸
استالیف	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴
نغلو	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۷	۳/۹	۰/۰۰	۷
تنگی سیدان	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۲۷	۸/۱	۳/۱	۱۳
پل اسلام‌آباد	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۳/۶	۷/۰۱	۲۰
کابل	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۱	۸/۰۱	۰/۰۰	۱۳

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

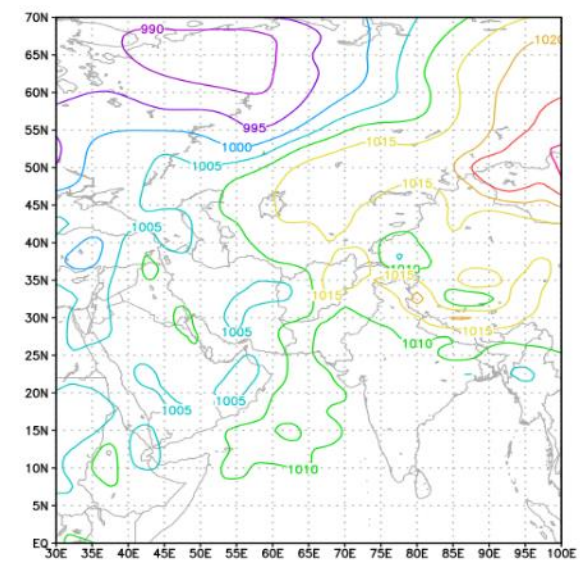


شکل ۶. نمودار حداکثر بارش روزانه در روز ۲۳ مارس ۲۰۰۹

مطابق شکل (۷)، در ساعت ۰۰ UTC[1]، پرفشار قوی تبت و پرفشار سیبری با یکدیگر ادغام شده‌اند و زبانه این سامانه، همراه با هسته‌های فشاری متعدد، تا مناطق شمال‌شرقی افغانستان گسترش یافته است. همچنین، هسته‌های متعدد کم‌فشار در مناطق عربستان، سودان، ایران و غرب افغانستان شکل گرفته‌اند. شکل (۸) نشان می‌دهد که ۱۲ ساعت بعد، زبانه پرفشار به سمت شرق جابه‌جا شده و بخشی از این زبانه در راستای شمالی–جنوبی، از بخش‌های شرقی و مرکزی افغانستان تا دریای عمان گسترش یافته است.



شکل ۷. نقشه تراز دریا تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت ۰۰ UTC)

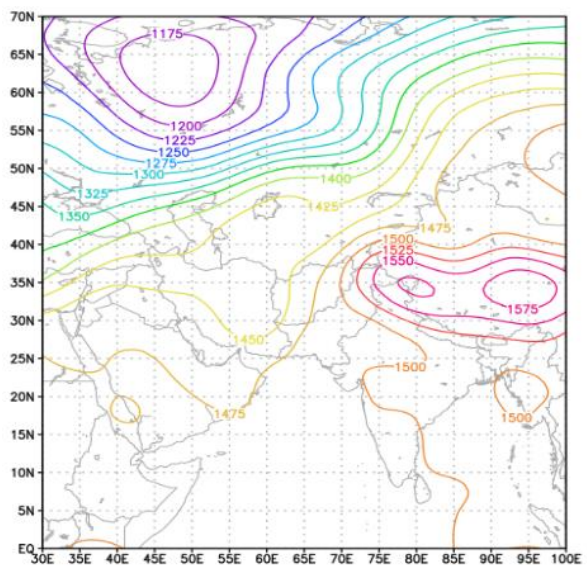


شکل ۸. نقشه تراز دریا تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت ۱۲ UTC)

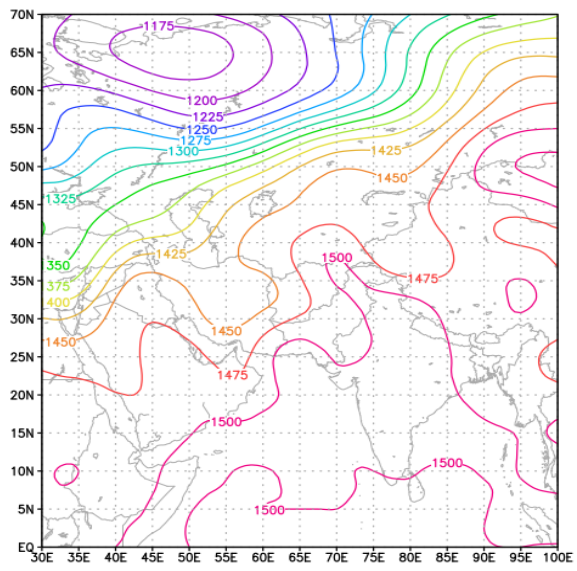
مطابق شکل (۹)، در ساعت ۰۰ به وقت گرینویچ، پُرارتفاع تبت در راستای شرقی–غربی تا بخش‌های شرقی افغانستان گسترش یافته است. خط تراز ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر این سامانه در مناطقی از کابل، پاکستان، هند و دریای هند قرار گرفته است. همچنین، یک کم‌ارتفاع در جنوب‌شرقی ایران مشاهده می‌شود. شکل (۱۰) نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ به وقت گرینویچ، این کم‌ارتفاع به سمت غرب حرکت کرده و در غرب افغانستان مستقر شده است. پُرارتفاع تبت منجر به فرود هوای سرد از این منطقه شده و در نتیجه، بارش سنگینی را در این نواحی به همراه داشته است.

[1] - Coordinated Universal Time

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

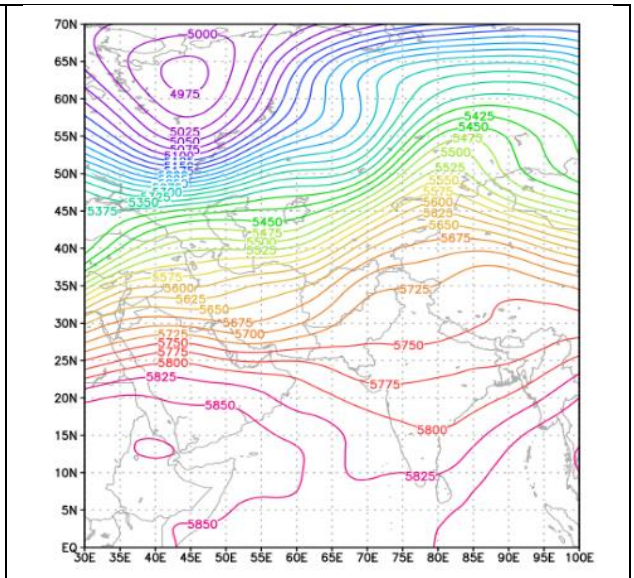


شکل ۹. نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC ۰۰)

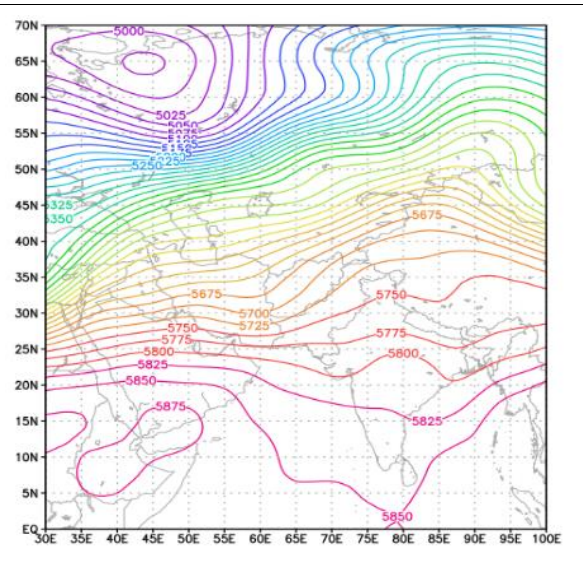


شکل ۱۰. نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC ۱۲)

شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در ساعت‌های ۰۰ و ۱۲ گرینویچ روز ۲۳ مارس ۲۰۰۹ نمایش می‌دهند. در این نقشه‌ها، ناوه‌ای با امتداد شمال غربی–جنوب شرقی از شمال دریاچه آرال تا جنوب افغانستان مشاهده می‌شود که حوضه کابل در بخش شرقی آن قرار دارد. این ناوه، با حرکت سیکلونیک خود، رطوبت را از دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عمان و دریای عرب به منطقه مورد مطالعه منتقل می‌کند. از سوی دیگر، پشته هند با حرکت آنتی‌سیکلونیک (ساعت‌گرد) خود، موجب تغذیه رطوبتی از دریای هند و آب‌های جنوبی ایران شده و در نتیجه، موجب تقویت ناپایداری‌های جوی در این منطقه می‌شود.



شکل ۱۱. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC ۰۰)

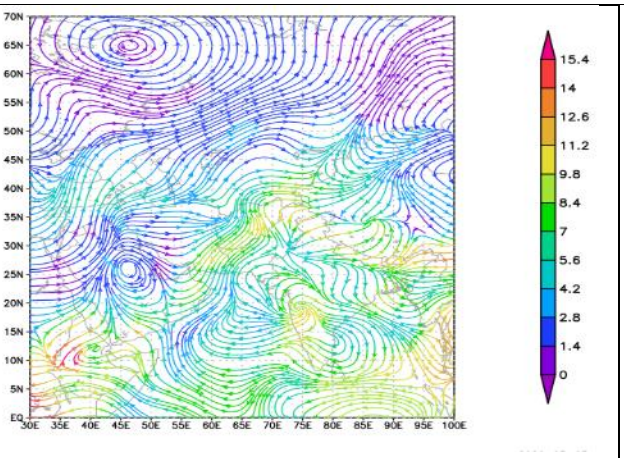


شکل ۱۲. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC۱۲)

شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نقشه‌های وزش رطوبتی را در ساعت‌های ۰۰ و ۱۲ UTC روز ۲۳ مارس ۲۰۰۹ نمایش می‌دهند. در ساعت ۰۰ UTC این روز، یک سامانه چرخندی بر فراز شبه‌جزیره عربستان شکل گرفته است که موجب هدایت جریان هوا به سمت غرب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

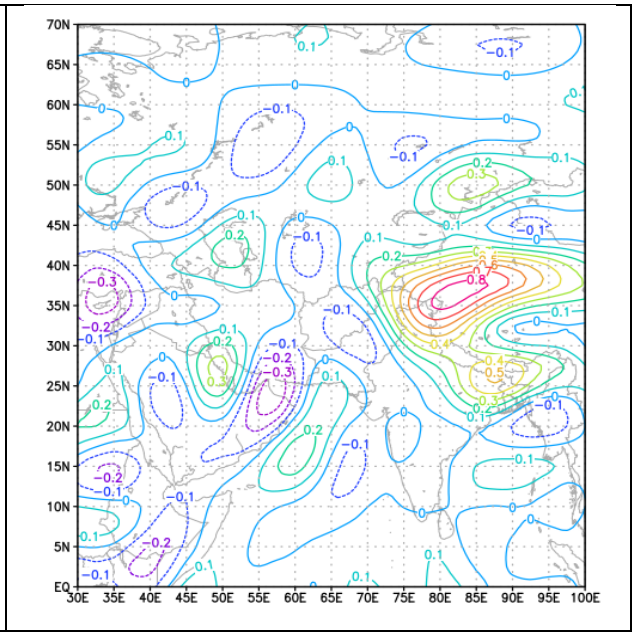
شده و رطوبت را از دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عرب و دریای عمان به منطقه مورد مطالعه منتقل می‌کند. همچنین، یک سامانه واچرخندی در فراز دریای عمان ایجاد شده است که با حرکت ساعت‌گرد خود، موجب انتقال رطوبت از دریای عمان و تقویت رطوبت در جریان‌های مذکور می‌شود. رطوبت ورودی از سمت غرب، جنوب و جنوب غربی به مناطق مرکزی افغانستان نفوذ می‌کند. در ساعت UTC۱۲، زبانه‌های این سامانه‌های واچرخندی به‌سمت شرق افغانستان و حوضه کابل گسترش یافته‌اند، به‌طوری که مقدار رطوبت ورودی در منطقه مورد مطالعه به ۱۱ گرم بر کیلوگرم رسیده است.

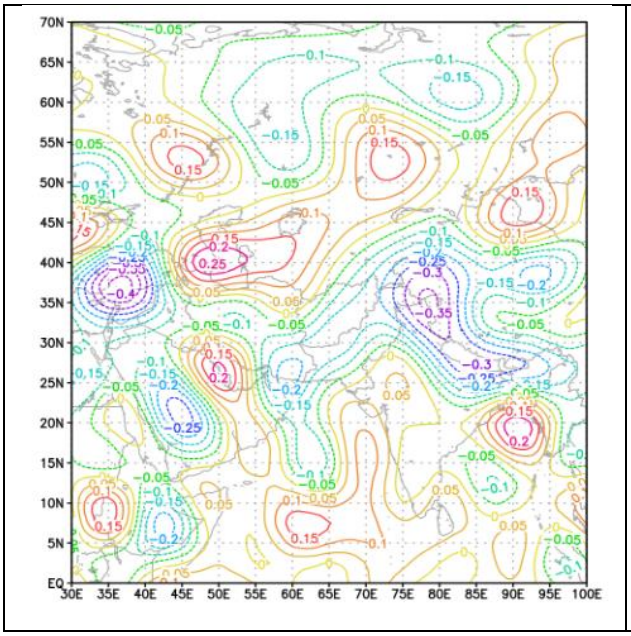


شکل ۱۳. نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC۰۰)

شکل ۱۴. نقشه‌ی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC۱۲)

شکل (۱۵) نقشه‌ی امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در ساعت UTC ۰۰ نمایش می‌دهد. هسته‌ی ناپایداری (امگای منفی)، که در روز قبل (۲۲ مارس) در شمال افغانستان مستقر بود، جابه‌جا شده و در این روز به جنوب کشور منتقل شده است. این هسته دارای سه زبانه اصلی است زبانه‌ی اول به سمت جنوب شرق تا هند امتداد یافته، زبانه‌ی دوم به سمت شمال تا دریاچه آرال گسترش پیدا کرده، و زبانه‌ی سوم با عبور از ایران و عربستان، تا شمال غرب و غرب آفریقا توسعه یافته است که موجب ایجاد ناپایداری در این مناطق شده است. در شکل ۱۶، که وضعیت ساعت UTC ۱۲ را نشان می‌دهد، زبانه‌ی شمالی این ناپایداری از بین رفته و کل کشور تحت تأثیر این ناپایداری قرار گرفته است.





[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

شکل ۱۵. نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC۰۰)	شکل ۱۶. نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹ (ساعت UTC۱۲)

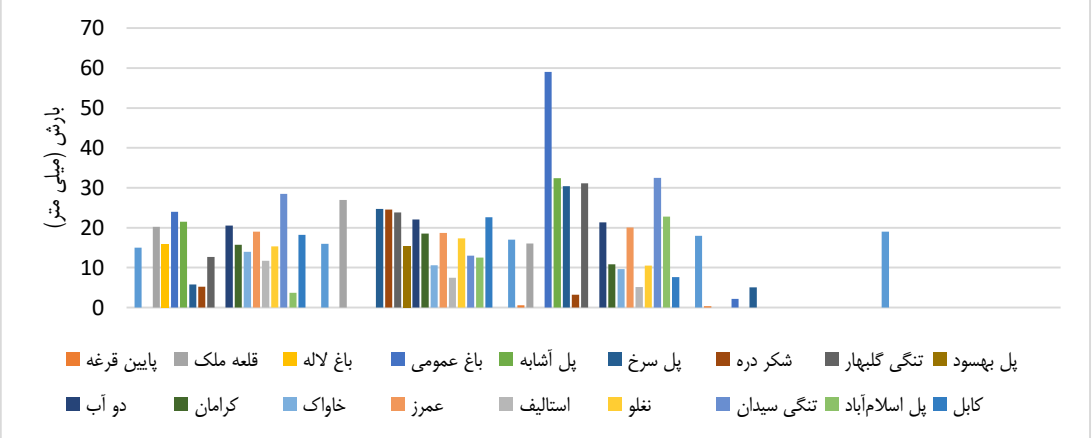
دلیل اصلی بارش‌های سنگین و سیلابی در حوضه کابل به تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۹، ناوه‌ای مستقر در شرق مدیترانه بوده است. این سامانه با دریافت گرما و رطوبت از آب‌های خلیج فارس و دریای عمان، منجر به ریزش بارش ۳۱ میلی‌متری در ایستگاه قلعه ملک گردیده که در نهایت باعث وقوع سیلاب‌های ویرانگر در منطقه شده است (جدول ۱).

۲. تحلیل الگوهای همدید بارش روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴

جدول (۲) مقدار حداکثر بارش روزانه را در روز اوج بارش (۱۷ مارس) و هم چنان در دو روز قبل و بعد از روز اوج بارش نشان می‌دهد. در روزاوج بارش مطابق به شکل (۱۷) ایستگاه باغ عمومی با داشتن ۵۹ میلی متر بارش دارای بیشترین بارش و ایستگاه های باغ لاله، پل بهسود و پایین قرغه در این روز فاقد بارش می باشد.

جدول ۲. داده های بارش مربوط به خوشه ۲ (بارش بر حسب میلی متر در روز)

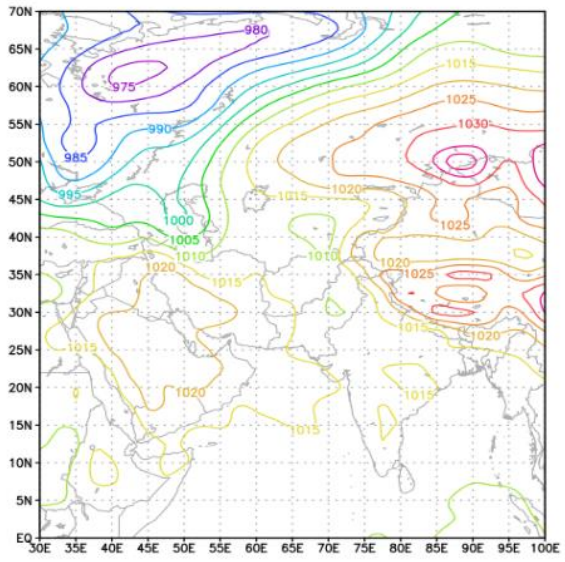
ایستگاه‌ها	بارش (میلی‌متر) ۱۵-۱۹ مارس ۲۰۱۴					مجموع بارش دوره
روز های بارش	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۵ روز
پایین قرغه	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۳۰
قلعه ملک	۲۰/۲	۲۷/۰	۱۶/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۳
باغ لاله	۱۵/۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۵
باغ عمومی	۲۴/۰۰	۰/۰۰	۵۹/۰۰	۲/۲۰	۰/۰۰	۸۵
پل آشابه	۲۱/۵	۰/۰۰	۳۲/۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۳
پل سرخ	۵/۸	۲۴/۷	۳۰/۴	۵/۱	۰/۰۰	۶۴
شکر دره	۵/۲۵	۲۴/۵۵	۳/۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۲
تنگی گلبهار	۱۲/۷	۲۳/۸	۳۱/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۶
پل بهسود	۰/۰۰	۱۵/۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۵
دو آب	۲۰/۵	۲۲/۱	۲۱/۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۳
کرامان	۱۵/۷	۱۸/۵	۱۰/۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۳
خاواک	۱۴	۱۰/۶	۹/۶۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۴
عمرز	۱۹	۱۸/۷	۲۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۷
استالیف	۱۱/۷	۷/۵	۵/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۳
نغلو	۱۵/۳	۱۷/۳	۱۰/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۲
تنگی سیدان	۲۸/۵	۱۳	۳۲/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۳
پل اسلام‌آباد	۳/۷	۱۲/۵	۲۲/۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۷
کابل	۱۸/۲	۲۲/۶	۷/۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۷



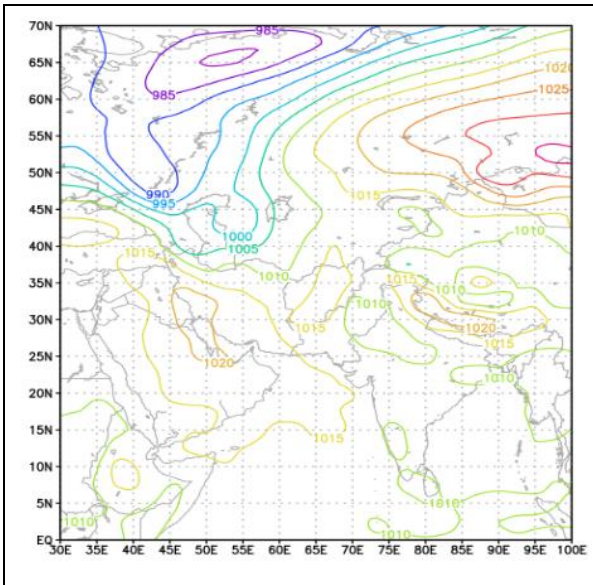
شکل ۱۷. نمودار حداکثر بارش روزانه در روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

شکل ۱۸ نقشه‌ی فشار سطح دریا را در تاریخ ۱۷ مارس (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این نقشه، یک سامانه کم‌فشار با فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال که در روز قبل (۱۶ مارس) در غرب افغانستان مستقر بود، به سمت شرق حرکت کرده و در این روز، بخش‌های وسیعی از افغانستان را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین، در این روز، سامانه‌های پرفشار تبت و سیبری با یکدیگر ادغام شده‌اند که زبانه‌ی آن تا مناطق شمال‌شرقی افغانستان، از جمله واخان، گسترش یافته است. شکل ۱۹ نقشه‌ی فشار سطح دریا را در ساعت ۱۲ UTC نمایش می‌دهد. در این زمان، سامانه‌ی کم‌فشار مستقر در افغانستان به سمت جنوب غرب جابه‌جا شده و یک هسته‌ی فشاری با فشار مرکزی ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بر فراز این کشور شکل گرفته است. علاوه بر این، یک سامانه‌ی پرفشار ضعیف با هسته‌ی مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بر روی خلیج فارس مستقر شده است.



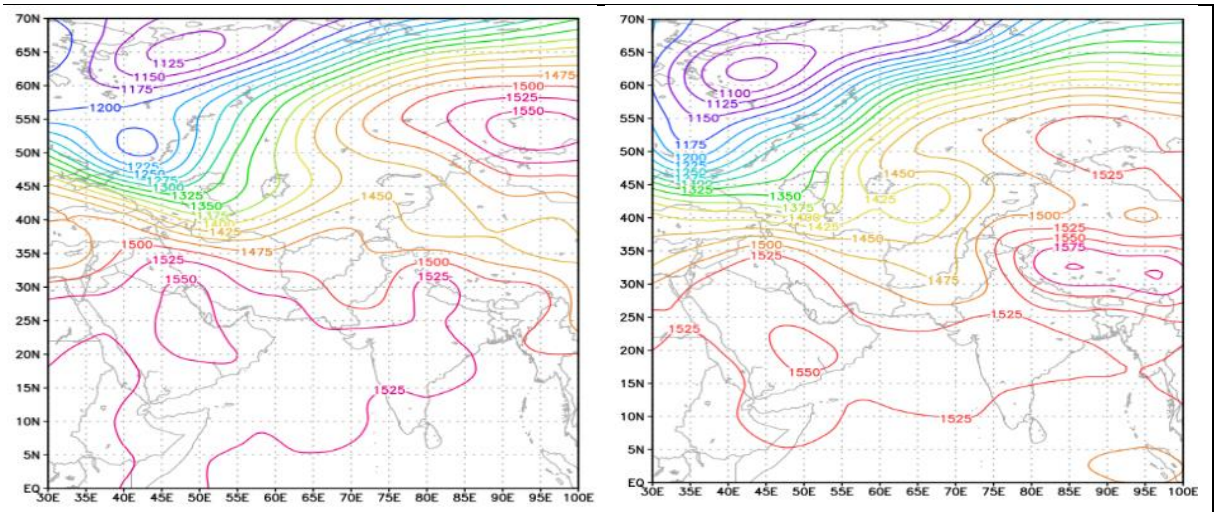
شکل ۱۸. نقشه‌ی تراز دریا روز ۱۷ فوریه ۲۰۱۴ (ساعت ۰۰ UTC)



شکل ۱۹. نقشه‌ی تراز دریا روز ۱۷ فوریه ۲۰۱۴ (ساعت ۱۲ UTC)

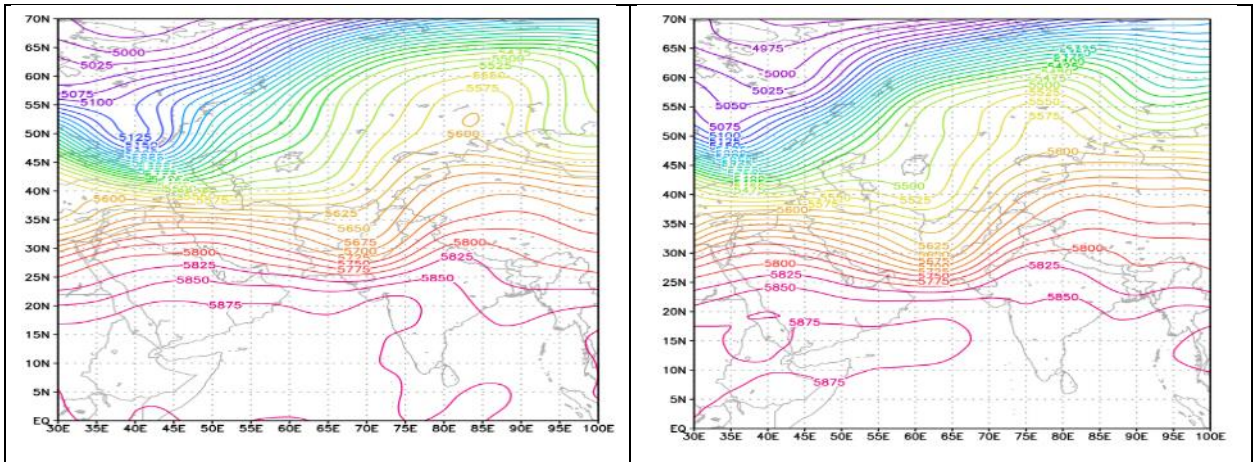
شکل ۲۰ نقشه‌ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۱۷ مارس (ساعت ۰۰UTC) نمایش می‌دهد. در این نقشه، سامانه‌ی کم‌ارتفاعی که در روز قبل (۱۶ مارس) بر فراز ایران و غرب افغانستان مستقر بود، به سمت شمال شرق حرکت کرده و در این روز، هسته‌ی آن در شمال افغانستان، بر روی ازبکستان قرار گرفته است. زبانه‌ی پربند ۱۴۷۵ ژئوپتانسیل این کم‌ارتفاع بر حوضه کابل امتداد یافته و تا ایران و دریای مدیترانه گسترش پیدا کرده است. در این بازه، سامانه‌ی پرارتفاعی قوی با هسته‌ی ۱۵۷۵ ژئوپتانسیل بر روی تبت مستقر است. همچنین، یک سامانه‌ی پرارتفاع دیگر در سراسر عربستان، دریای عمان و هند گسترش یافته و در حال پیشروی به سمت شمال است. شکل ۲۱ نشان می‌دهد که ۱۲ ساعت بعد، سامانه‌ی کم‌ارتفاع به سمت شمال شرق جابه‌جا شده و هم‌زمان با آن، سامانه‌ی پرارتفاع مستقر بر عربستان به سمت شمال شرق گسترش یافته و تا بخش‌های جنوب غرب افغانستان پیشروی کرده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]



شکل ۲۰. نقشه‌ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۰۰ UTC)	شکل ۲۱. نقشه‌ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۱۲ UTC)

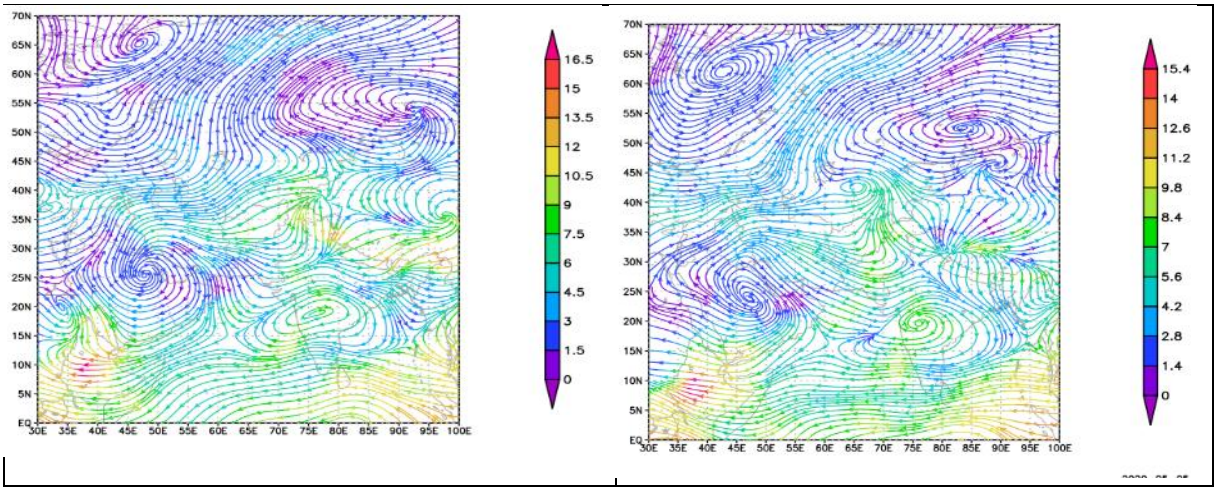
شکل ۲۲ نقشه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۱۷ مارس (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این نقشه، یک ناوه‌ی عمیق که در روز قبل (۱۶ مارس) بر روی ایران مستقر بود، به سمت شرق حرکت کرده و بر فراز غرب افغانستان قرار گرفته است. در این وضعیت، بخش‌های مرکزی و شرقی افغانستان در ناحیه‌ی شرقی این ناوه واقع شده‌اند. شکل ۲۳ نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ UTC، این ناوه به سمت شرق جابه‌جا شده و محور آن بر مرکز افغانستان مستقر گردیده است. در روز ۱۸ مارس، این سامانه به‌طور کامل از افغانستان خارج شده است. در این بازه، پشته‌ی هند با حرکت واچرخندی (ساعت‌گرد) خود، موجب تغذیه‌ی دما و رطوبت از آب‌های دریای هند شده و ناپایداری‌هایی را در بخش‌های شرقی افغانستان تقویت نموده است.



شکل ۲۲. نقشه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۰۰UTC)	شکل ۲۳. نقشه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۱۲UTC)

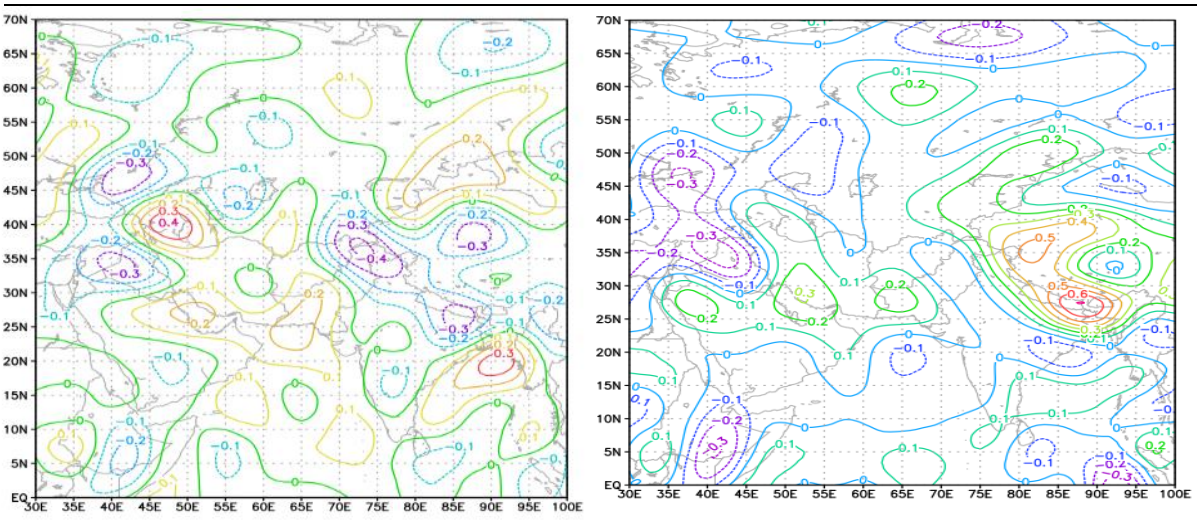
شکل‌های ۲۴ و ۲۵ نقشه‌ی وزش رطوبتی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۱۷ مارس (ساعت ۰۰ و ۱۲ UTC) نمایش می‌دهند. در این بازه‌ی زمانی، یک سامانه‌ی چرخندی بر فراز ازبکستان شکل گرفته است و هم‌زمان، یک سامانه‌ی واچرخندی قوی بر فراز عربستان مستقر شده است. این شرایط موجب تغذیه‌ی بیشتر رطوبت از طریق دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عرب به منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. استقرار هم‌زمان چرخند و واچرخند باعث افزایش قابل‌توجه انتقال رطوبت به منطقه، تقویت ناپایداری‌های جوی و در نتیجه، وقوع بارش‌های شدید شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]



شکل ۲۴. نقشه‌ی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۰۰ UTC)	شکل ۲۵. نقشه‌ی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۱۲ UTC)

شکل (۲۶) نقشه‌ی امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۱۷ مارس (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این زمان، یک هسته‌ی ناپایدار در جنوب شرق هند مستقر بوده و زبانه‌ی آن در راستای جنوب شرقی–شمال غربی تا بخش‌های شمالی افغانستان گسترش یافته است. شکل ۲۷ نشان می‌دهد که ۱۲ ساعت بعد، این هسته‌ی ناپایدار تقویت شده و به سمت شمال غرب حرکت کرده است. در نتیجه، این سامانه در شرق افغانستان مستقر شده و موجب افزایش ناپایداری شدید در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است.



شکل ۲۶ نقشه امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۰۰ UTC)	شکل ۲۷ نقشه امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ (ساعت ۱۲ UTC)

علت اساسی بارش سنگین و سیلابی روز ۱۷ مارس ۲۰۱۴ در حوضه کابل، وجود ناوه‌ای عمیق در شرق مدیترانه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نفوذ هوای سرد سیبری به این منطقه بوده است. این شرایط موجب افزایش تغذیه‌ی رطوبتی از دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عرب به منطقه‌ی مورد مطالعه شده که در نتیجه، ۵۹ میلی‌متر بارش در ایستگاه باغ عمومی به ثبت رسیده که در نهایت منجر به وقوع سیلاب‌های ویرانگر در استان های پروان، کاپیسا و کابل گردیده است (جدول۲).

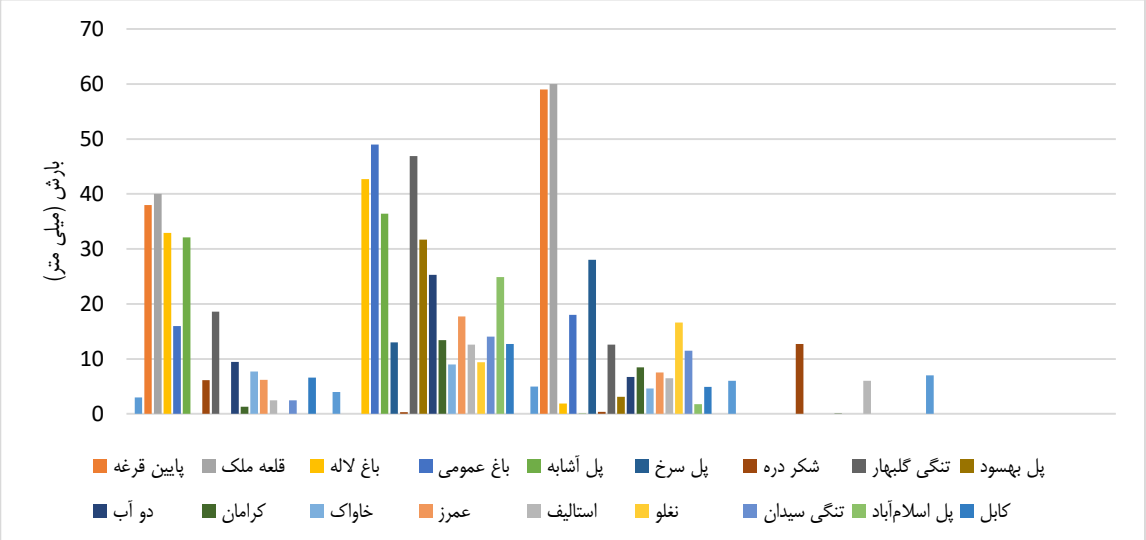
۳. تحلیل الگوهای همدیدی بارش در ۵ فوریه ۲۰۱۷

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

جدول (۳) میزان حداکثر بارش روزانه را در روز اوج بارش (۵ فوریه) و همچنین در دو روز قبل و بعد از آن نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۲۸، ایستگاه قلعه ملک با ۶۰ میلی‌متر و ایستگاه پایین قرغه با ۵۹ میلی‌متر بیشترین میزان بارش ثبت گردیده است. در حالی که ایستگاه پل آشابه با ۰/۱ میلی‌متر کمترین مقدار بارش را در این روز داشته است.

جدول ۳. داده های بارش مربوط به خوشه ۳ (بارش بر حسب میلی متر در روز)

ایستگاه‌ها	بارش (میلی‌متر) ۳-۷ فوریه ۲۰۱۷					مجموع
روزهای بارش	۳	۴	۵	۶	۷	۵
پایین قرغه	۳۸/۰	۰/۰۰	۵۹/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۹۷
قلعه ملک	۴۰/۰	۰/۰۰	۶۰/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰۰
باغ لاله	۳۲/۹	۴۲/۷	۱/۹۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۶
باغ عمومی	۱۶/۰	۴۹/۰	۱۸/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۸۴
پل آشابه	۳۲/۱	۳۶/۴	۰/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۸
پل سرخ	۰/۰۰	۱۳/۰۳	۲۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۱
شکر دره	۶/۱۴	۰/۳۴	۰/۳۸	۱۲/۷	۰/۰۰	۱۹
تنگی گلبهار	۱۸/۶	۴۶/۹	۱۲/۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۶
پل بهسود	۰/۰۰	۳۱/۷	۳/۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۴
دو آب	۹/۴۸	۲۵/۳	۶/۷۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۰
کرامان	۱/۳	۱۳/۴	۸/۴۶	۰/۱	۰/۰۰	۲۲
خاواک	۷/۷۱	۸/۹۷	۴/۶۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۹
عمرز	۶/۲۱	۱۷/۷	۷/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۱
استالیف	۲/۵	۱۲/۶	۶/۵	۶/۰۴	۰/۰۰	۲۶
نغلو	۰/۰۰	۹/۴	۱۶/۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۵
تنگی سیدان	۲/۵	۱۴/۰۳	۱۱/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۷
پل اسلام‌آباد	۰/۰۰	۲۴/۹	۱/۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۵
کابل	۶/۶	۱۲/۷	۴/۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۲

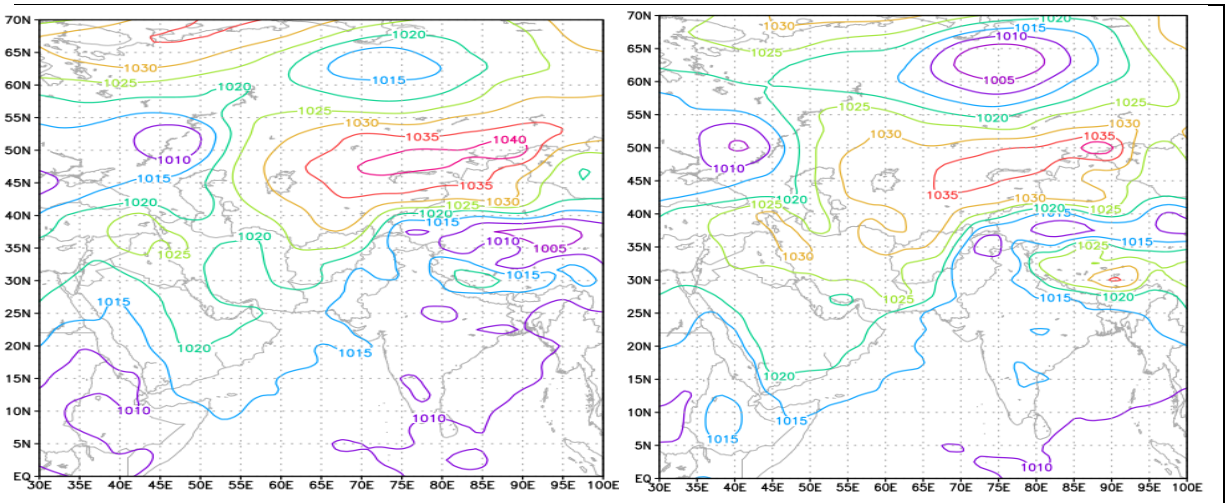


شکل ۲۸. نمودار حداکثر بارش روزانه در روز ۵ فوریه ۲۰۱۷

شکل (۲۹) نقشه‌ی تراز دریا را در تاریخ ۵ فوریه (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این زمان، سامانه‌ی پرفشار تبت در شرق افغانستان و یک سامانه‌ی پرفشار دیگر بر فراز دریاچه‌ی بایکال مستقر شده‌اند. زبانه‌ی این سامانه‌های پرفشار، بخش‌های وسیعی از افغانستان و ایران را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین، یک سامانه‌ی کم‌فشار با فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

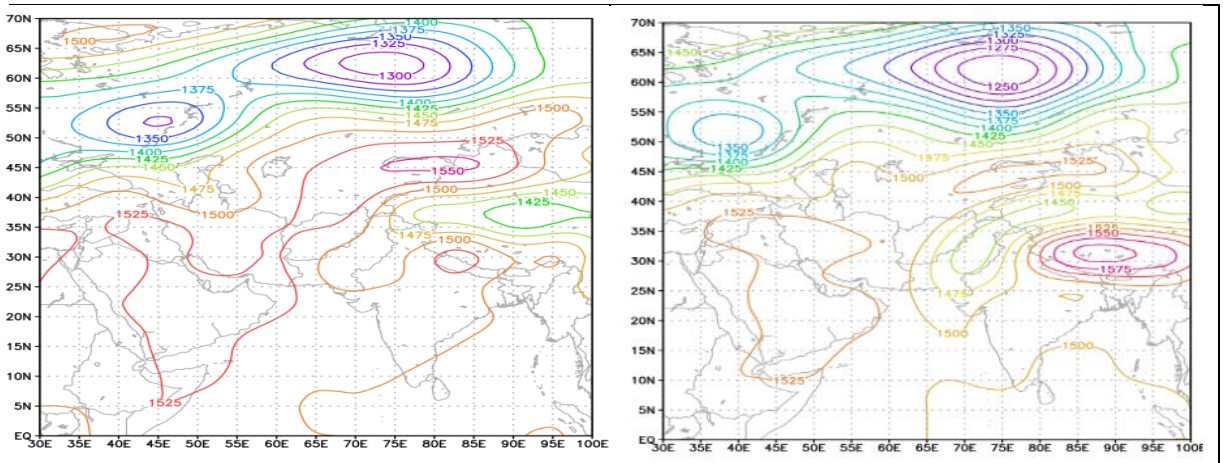
هند شکل گرفته و زبانه‌ی آن تا بخش‌های جنوب شرقی افغانستان گسترش یافته است. شکل ۳۰ نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ UTC، سامانه‌ی پرفشار تبت تضعیف شده و در حال از بین رفتن است، در حالی که سامانه‌ی کم‌فشار هند گسترش یافته و جایگزین آن شده است.



شکل ۲۹. نقشه تراز دریا روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۰۰UTC)

شکل ۳۰. نقشه تراز دریا روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۱۲ UTC)

شکل (۳۱) نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در روز ۵ فوریه (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این زمان، یک سامانه‌ی کم‌ارتفاع با هسته‌ی مرکزی ۱۴۵۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب شرق و شرق افغانستان مستقر است. این سامانه که در روز قبل (۴ فوریه) در جنوب غرب افغانستان قرار داشت، به سمت شرق حرکت کرده است. در مقابل، یک سامانه‌ی پرفشار با هسته‌ی مرکزی ۱۵۲۵ ژئوپتانسیل متر بر فراز عربستان و ایران مستقر بوده و زبانه‌ی آن در راستای غربی–شرقی تا غرب چین گسترش یافته است. این سامانه در حال حرکت به سمت شرق است. شکل ۳۲ نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ UTC، سامانه‌ی کم‌ارتفاع از افغانستان خارج شده و به سمت شرق جابه‌جا شده است. هم‌زمان، سامانه‌ی پرفشار غربی جایگزین آن شده و بر منطقه‌ی مورد مطالعه تسلط یافته است.



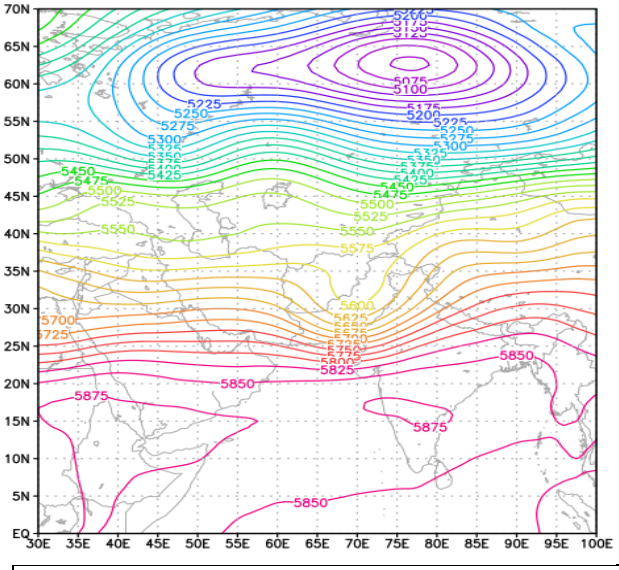
شکل ۳۱. نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۰۰ UTC)

شکل ۳۲. نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۱۲ UTC)

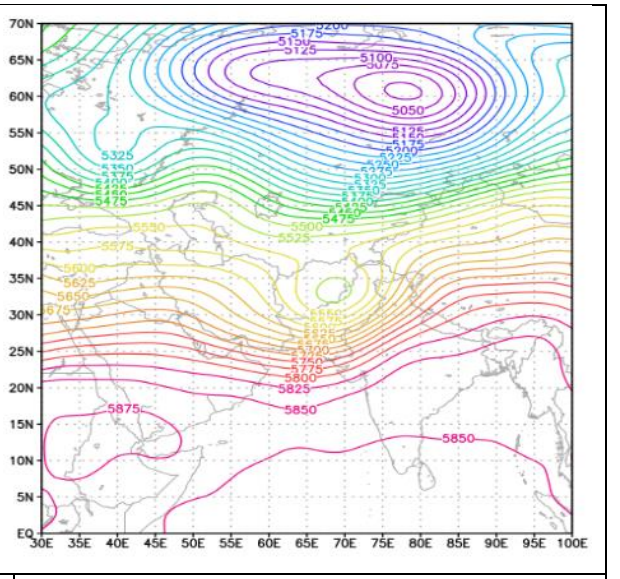
شکل (۳۳) نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۵ فوریه (ساعت ۰۰ UTC) نمایش می‌دهد. در این روز، یک ناوه‌ای در جنوب افغانستان مستقر است که در روز قبل (۴ فوریه) در جنوب غرب این کشور قرار داشته است. شکل ۳۴ نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ UTC، هسته‌ی این ناوه تضعیف شده و سامانه به سمت شرق جابه‌جا شده و در پاکستان مستقر گردیده است. بررسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

این دو نقشه در این روز نشان می‌دهد که محور ناوه در حال عمیق شدن به سمت عرض‌های پایین‌تر است. در این شرایط، حوضه‌ی کابل در جلوی ناوه قرار گرفته است .همچنین، پشته‌ی هند با حرکت واچرخندی (ساعت‌گرد) خود موجب تغذیه‌ی گرما و رطوبت از اقیانوس هند به سمت منطقه شده و در نتیجه، بارش‌های سنگین وسیلابی در حوضه‌ی کابل ایجاد کرده است.

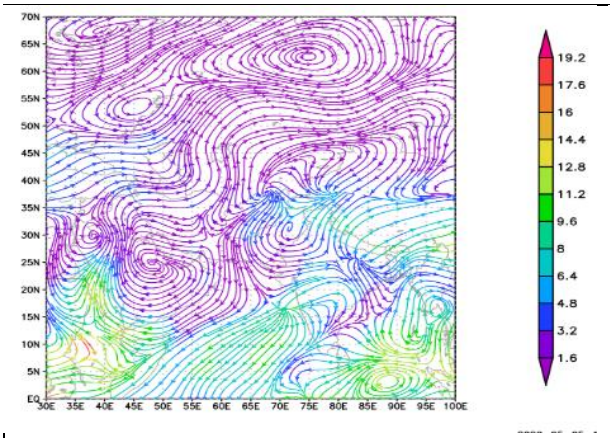


شکل ۳۳. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت UTC ۰۰)

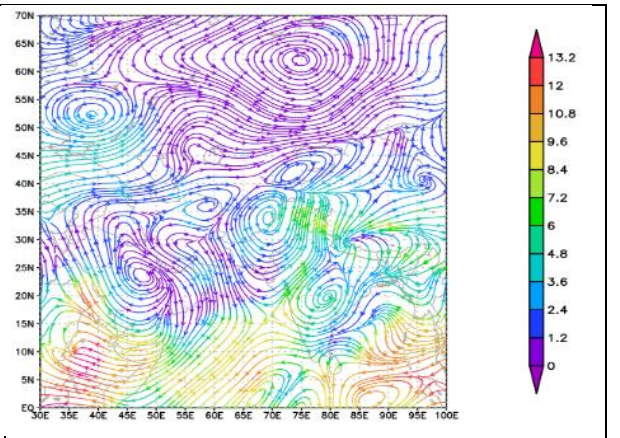


شکل ۳۴. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت UTC ۱۲)

اشکال (۳۵ و ۳۶) نقشه وزش رطوبتی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در ۵ فوریه (ساعت UTC ۰۰) نشان می‌دهد. چرخندی که در ۴ فوریه در جنوب‌غرب افغانستان شکل گرفته بود، به سمت شرق حرکت کرده و در این روز در شرق افغانستان مستقر شده است. همچنین، یک واچرخند در هند قرار دارد که رطوبت اقیانوس هند را به سمت شمال هدایت می‌کند. در ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ، این چرخند تضعیف شده و به سمت شمال جابه‌جا شده است. میزان رطوبت ورودی در منطقه برابر با ۸ گرم بر کیلوگرم است.



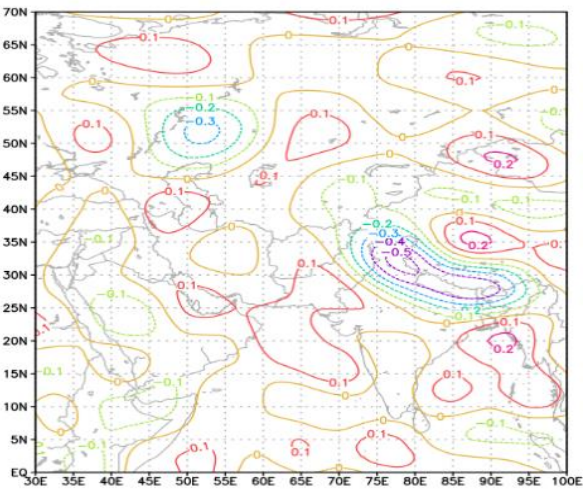
شکل ۳۵. نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت UTC۰۰)



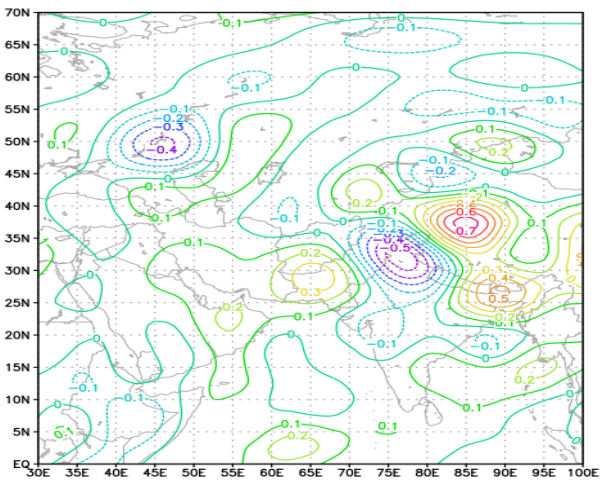
شکل ۳۶. نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت UTC ۱۲)

شکل (۳۷) نقشه‌ی امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در تاریخ ۵ فوریه (ساعت UTC ۰۰) نشان می‌دهد. در این زمان، سامانه‌ی ناپایدار در شمال شرق پاکستان و شمال هند مستقر است. شکل (۳۸) نشان می‌دهد که ۱۲ ساعت بعد، زبانه‌ی این ناپایداری در راستای شمال غربی–جنوب شرقی گسترش یافته و تا شمال شرق هند امتداد پیدا کرده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]



شکل ۳۸. نقشه امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۱۲ UTC)



شکل ۳۷. نقشه امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فوریه ۲۰۱۷ (ساعت ۰۰ UTC)

عامل اصلی بارش سنگین و سیلابی ۵ فوریه ۲۰۱۷ در حوضه‌ی کابل، تأثیر ناوه‌ی شرق مدیترانه و نفوذ هوای سرد از شمال آسیا و قطب شمال به این منطقه بوده است. واچرخند مستقر در هند، رطوبت اقیانوس هند را به سمت شمال هدایت کرده است. در نتیجه، ۶۰ میلی‌متر بارش در ایستگاه قلعه ملک به ثبت رسیده که سرانجام منجر به وقوع سیلاب‌های ویرانگر در منطقه شده است (جدول ۳).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحلیل بارش‌های سنگین و سیلابی در حوضه کابل طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ نشان داد که این رخدادها حاصل تأثیر همزمان سامانه‌های پرفشار و کم‌فشار، ناوه‌های عمیق و انتقال رطوبت از منابع آبی پیرامون مانند دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عمان و اقیانوس هند هستند. در این مطالعه سه الگوی اصلی همدیدی شناسایی شد که هر یک با روزهای نماینده ۲۳ مارس ۲۰۰۹، ۱۷ مارس ۲۰۱۴ و ۵ فوریه ۲۰۱۷ معرفی گردیدند. شدت بارش در این روزها به ترتیب ۳۱، ۵۹ و ۶۰ میلی‌متر ثبت شد و این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده ناوه‌ها، کم‌فشارها و جریان‌های رطوبتی در شکل‌گیری بارش‌های سنگین است.

نتایج پژوهش بیانگر آن است که شناسایی و پایش این الگوها چند روز پیش از وقوع می‌تواند زمینه‌ساز پیش‌بینی دقیق‌تر و کاهش خسارات جانی و مالی از طریق هشدار به‌موقع و مدیریت منابع آب باشد. اهمیت این موضوع به‌ویژه در حوضه کوهستانی و آسیب‌پذیر کابل که فاقد زیرساخت‌های مناسب برای مقابله با سیلاب است، دوچندان می‌شود.

مقایسه نتایج با مطالعات مشابه جهانی و منطقه‌ای نشان داد که یافته‌های این تحقیق با پژوهش‌های مناطق کوهستانی مدیترانه و آلپ (روبرت و همکاران، ۱۹۹۸؛ کریچاک و همکاران، ۲۰۰۰) و همچنین شرق آسیا (زَنگ و همکاران، ۲۰۱۴) همخوانی دارد. در ایران نیز نقش ناوه‌های مدیترانه‌ای و کم‌فشارهای سودانی (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶) مشابهت‌هایی با شرایط کابل نشان می‌دهد، هرچند در افغانستان نفوذ هوای سرد سیبری و واچرخند هند اهمیت بیشتری دارد. در عین حال، پژوهش‌های اخیر (کریم‌الله و همکاران، ۲۰۲۴) نیز بر اهمیت سامانه‌های همدیدی تأکید داشته‌اند، اما تمایز این مطالعه در به‌کارگیری تحلیل خوشه‌ای و شناسایی روزهای نماینده است که امکان استخراج دقیق‌تر الگوهای خاص را فراهم ساخته است.

از نقاط قوت این پژوهش می‌توان به بهره‌گیری از داده‌های ترکیبی زمینی و بازتحلیل جهانی، به‌کارگیری رویکرد محیطی–گردشی برای پیوند دادن داده‌های محلی با سامانه‌های جوی بزرگ‌مقیاس، و تمرکز بر منطقه‌ای کمتر مطالعه‌شده و آسیب‌پذیر اشاره کرد. با این حال، محدودیت‌های مهمی نیز وجود داشته است؛ از جمله پراکندگی اندک ایستگاه‌های باران‌سنجی، کوتاهی سری‌های آماری و گسستگی داده‌ها. افزون بر این، تکیه بر داده‌های بازتحلیل NCEP/NCAR با وجود اعتبار جهانی، در مقیاس

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

محلی با عدم قطعیت همراه است. کمبود ایستگاه‌های هیدرولوژیک منظم در مناطق مرتفع و نیز ناتوانی در بررسی جامع تأثیر تغییر اقلیم به دلیل محدودیت طول دوره آماری از دیگر چالش‌های این مطالعه به شمار می‌رود.

بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در آینده شبکه ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرولوژیک در افغانستان توسعه یابد تا پایداری و دقت داده‌ها افزایش یابد. همچنین استفاده از مدل‌های پیش‌بینی عددی و ریزمقیاس‌سازی اقلیمی می‌تواند امکان بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سنگین آتی را فراهم کند. ترکیب تحلیل خوشه‌ای با روش‌های آماری و مکانی دیگر همچون Moran یا تحلیل موجک نیز می‌تواند دقت شناسایی الگوها را ارتقا دهد. افزون بر این، استقرار سامانه‌های هشدار سریع سیلاب بر پایه نتایج چنین مطالعاتی در سطح ملی و محلی، گامی مؤثر در کاهش خسارات خواهد بود.

در نهایت، این پژوهش با تلفیق داده‌ها و رویکردهای محلی و جهانی توانست به درک روشن‌تری از سازوکارهای همدیدی بارش‌های سنگین در افغانستان دست یابد و بستری علمی برای مدیریت ریسک و سیاست‌گذاری‌های آتی فراهم آورد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان در انجام و انتشار این پژوهش علمی، اصول اخلاقی را رعایت کرده‌اند و این امر مورد تأیید آنهاست.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله.

نویسندگان دوم، سوم و چهارم: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر از حمایت مالی هیچ سازمان و یا موسسه‌ای برخوردار نبوده است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

References

Ahmadi, M., & Hosseini, S. (2023). Synoptic analysis of heavy rainfall patterns in southwestern Iran: The role of Mediterranean troughs. *Journal of Atmospheric Sciences*, 80(5), 1123-1135. https://doi.org/10.1175/JAS-D-22-0156.1

Asadi, M., & Jafari, H. (2023). Synoptic analysis of torrential rainfall in western Iran using NCEP/NCAR data. *Quarterly Journal of Atmospheric and Climate Sciences*, 13(3), 23–38. [In Persian]

Chen, L., & Zhang, Y. (2019). Synoptic-scale atmospheric patterns associated with flash floods in East Asia. *Natural Hazards*, 95(2), 345-360. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3478-9

Darand, M., & Dostkamyan, Z. (2017). Synoptic analysis of heavy precipitation events in the Zagros Mountains, Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129(6), 615-628. https://doi.org/10.1007/s00703-017-0512-4

Dehghan, S., Gandamkar, A., & Abbasi, A. (2024). Synoptic pattern analysis of two extreme rainfall events in the Zayandeh Rud Dam basin. *Geography and Environmental Studies, 12*(48), [In Persian] https://journals.iau.ir/article_703267.html

Ebrahimi, R., & Safari, B. (2022). Identification of synoptic patterns of heavy precipitation in mountainous basins of Iran. *Journal of Climate Research*, 7(2), 15–29. [In Persian]

Farajzadeh, M., & Karimi, N. (2016). Synoptic climatology of extreme rainfall in Tehran: A case study of 2015 floods. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55(8), 1719-1732. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0289.1

González, P., & López, R. (2023). Heavy rainfall and flooding in the Mediterranean: Synoptic patterns and forecasting challenges. *Atmospheric Research*, 280, 106-120. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106120

Hasanzai, F. H. (2022). Assessment and analysis of the impacts of climate change on water resources in five river basins of Afghanistan. Master's Thesis, Physical Climatology, Faculty of Physics, Yazd University. [In Persian]. https://ganj.irandoc.ac.ir/

Hedayat, S. J., Ebrahimi Khousfi, M., Omidvar, K., & Sharifi Pichon, M. (2024). Investigation of factors affecting surface and groundwater resources using satellite products (Case study: Kabul, Afghanistan). *Journal of Water and Sustainable Development, 11*(1), 13–24. [In Persian] https://jwsd.um.ac.ir/article_45256.html

Hosseinzadeh, S., & Rezaei, H. (2024). Investigation of the role of Mediterranean troughs in flood precipitation in southern Iran. *Applied Meteorology Quarterly*, 11(1), 33–48. [In Persian]

Janjab Qabadi, G., Mofidi, A., & Zarrin, A. (2011). Identification of synoptic patterns of heavy winter rainfall in the southern shores of the Caspian Sea. *Geography and Environmental Planning, 22*(2), *23-40.* [In Persian] https://profdoc.um.ac.ir/

Javan, K., & Mousavi, S. (2020). Synoptic patterns of torrential rains in northwestern Iran: A cluster analysis approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 141(3), 987-1001. https://doi.org/10.1007/s00704-020-03245-7

Karimi, A., & Pourmohammadi, R. (2023). Synoptic and dynamic analysis of widespread rainfall in southwestern Iran. *Geography and Natural Hazards Journal*, 12(4), 55–70. [In Persian]

Karimullah, B., Ihsanullah, I., & Shamsurahman, Z. (2024). Climate change and its impact on water resources and groundwater in Afghanistan. *Nangarhar University International Journal of Bioscience*. e-ISSN: 2957-9988. https://doi.org/10.29258/IJB/2024-V7-1/1-10

Khan, A., & Patel, R. (2021). Synoptic drivers of monsoon-related floods in South Asia: A case study of 2020. *Journal of Hydrometeorology*, 22(6), 1455-1470. https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0213.1

Krichak, S. O., Tsidulko, M., & Alpert, P. (2000). Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the eastern Mediterranean.Theoretical and Applied Climatology, 65(3-4), 215-229. https://doi.org/10.1007/s007040070045

Mestarshed, M. (2013). Identifying rainfall and temperature characteristics in Afghanistan (Master's thesis). Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran. [In Persian]. https://ganj.irandoc.ac.ir/

Masoudian, H., & Kaviani, M. (2008). *Applied Climatology*. SAMT Publications. [In Persian]

Masoudian, H. (2006). *Principles of Synoptic Climatology*. University of Kharazmi Press. [In Persian]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]

Mestarshed, M. (2014). The climatic characteristics of Afghanistan's rainfall. *Geographical Research Quarterly, 29*(3), 191–202. [In Persian]. https://georesearch.ir/

Mofidi, A., & Sadeghi, S. (2015). Synoptic analysis of extreme precipitation systems in southwestern Iran: The role of Sudanese low pressure. *Journal of Earth System Science*, 124(7), 1489-1503. https://doi.org/10.1007/s12040-015-0612-3

Nasrati, R. (2018). Study of the recent half-century drought in the country. *General Information and Communications Department, Academy of Sciences, Kabul, Afghanistan*, 41–48 and 79–88. [In Persian]. https://scholar.google.com/scholar

Omidvar, K., & Khosravi, Y. (2010). Examination of changes in some climatic elements on the northern coasts of the Persian Gulf using the Kendall test. *Journal of Geography and Environmental Planning, 21*(2), 38. [In Persian]. https://ensani.ir/fa/article/231183

Omidvar, K., Mahmoudabadi, M., Shams, P., & Amiri Esfandiqeh, M. (2020). Synoptic analysis of the effects of cyclonic movements on flash floods in Kerman province. *Spatial Analysis of Environmental Hazards Journal, 7*(3). [In Persian]

Rahmati, J., Darmel, M. B., Ullah, S., & Ghaforzai, A. (2024). Impacts of climate change on groundwater resources in Afghanistan: A case study of Kandahar Province. *Nangarhar University International Journal of Bioscience*. https://doi.org/10.29258/IJB/2024-V7-1/11-20

Robert, P. H., Donald, T. J., & Joseph, B. C. (1998). Investigation of upper-air conditions occurring with heavy summer rain in Utah. International Journal of Climatology, 18(7), 701-723. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199807)18:7<701::AID-JOC295>3.0.CO;2-X

Rahimi, D., & Azizi, G. (2024). Synoptic and thermodynamic analysis of flash floods in central Iran: Case study of 2023 events. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24(3), 789-805. https://doi.org/10.5194/nhess-24-789-2024

Salehi, F. A. (2022). Synoptic analysis of heavy snowfalls in Afghanistan (Master's thesis). Department of Geography, Climatology Major, Yazd University. [In Persian] https://ganj.irandoc.ac.ir/

Sharafat, A. (2020). Study of synoptic patterns of maximum daily rainfall in Kabul Province (Master's thesis). Department of Geography, Climatology Major, Yazd University. [In Persian] https://ganj.irandoc.ac.ir/

Safi, A. G., & Rasikh, K. (2024). Climate change effects on the rivers of Afghanistan. *Nangarhar University International Journal of Bioscience*. e-ISSN: 2957-9988. https://doi.org/10.29258/IJB/2024-V7-1/21-30

Seydi Shahvandi, M., Omidvar, K., Mozaffari, G., & Mazidi, A. (2023). Synoptic analysis of the impact of climate change on snow cover characteristics in the Central Zagros in relation to atmospheric circulation patterns. *Climatology Research Journal, 52*, 1. [In Persian]

Smith, J., & Brown, T. (2022). Global patterns of extreme precipitation: A synoptic perspective. *Climate Dynamics*, 58(4), 1235-1250. https://doi.org/10.1007/s00382-021-05987-3

Yamani, M., & Jafari, G. (2023). Synoptic analysis of flood-inducing rainfall in the Kabul Basin: Insights from 2022 events. *Hydrological Sciences Journal*, 68(5), 678-692. https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2183456

Zhang, K., Pan, S., Cao, L., Wang, Y., Zhao, Y., & Zhang, W. (2014). Spatial distribution and temporal trends in precipitation extremes over the Hengduan Mountains region, China, from 1961 to 2012. Quaternary International, 349, 346-356. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.027

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.5.6]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.3]