Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

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

Spatial and Temporal Analysis of Precipitation Concentration and Its Zonation in Mazandaran Province

Mohammad Hossein Nasserzadeh[1]✉ | Ali Reza Karbalaee Doree[2] | Maryam Ghaderi Rastaghi[3]

1. Corresponding author, Department of Geography, Faculty of Geographical Sciences, Khazar University, Tehran, Iran. E-mail: nasserzadeh@khu.ac.ir
2. Department of Geography, Faculty of Geographical Sciences, Khazar University, Tehran, Iran. E-mail: karbalaee@khu.ac.ir
3. Department of Geography, Faculty of Geographical Sciences, Khazar University, Tehran, Iran. E-mail: m.ghaderi6464@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 05 October 2024
Accepted 12 March 2025
Published online 12 March 2025

Keywords:
Precipitation,
PCI (Precipitation Concentration Index),
Mazandaran.

ABSTRACT

Objective: Precipitation concentration denotes the temporal and spatial distribution of precipitation within a watershed, and has a substantial influence on hydrology and water resource management. This study examines the spatial and temporal patterns of precipitation concentrations in Mazandaran Province.

Methods: Precipitation data from eight meteorological stations covering the period from 2002 to 2021 were used, and the Precipitation Concentration Index (PCI) was employed for data analysis.

Results: The findings revealed that the precipitation concentration in this province exhibited significant spatial and temporal variation. The highest PCI values were recorded in the western regions, particularly in Babolsar and Nowshahr, indicating high concentrations of precipitation during specific seasons. Conversely, the eastern region displayed a more uniform precipitation distribution. Seasonal analyses confirmed that spring was the least rainy season and autumn was the wettest. Additionally, Inter-annual variations in PCI indicated an increasing trend at some stations, suggesting a growing concentration of precipitation in recent years. Spatial analysis of PCI patterns also indicated that the southwestern and eastern regions of the province, influenced by topographic factors and distance from the Caspian Sea, experienced relative precipitation concentration during specific months. In contrast, the northern and northwestern regions, which are affected by Mediterranean weather systems and recent climate change, demonstrate an irregular and seasonal distribution of precipitation.

Conclusions: The findings of this study underscore the necessity of considering spatial and temporal variations in precipitation concentrations in the management of water resources and hydrological processes in Mazandaran Province. The observed increasing trend in PCI highlights the need to develop adaptive strategies to address the challenges posed by extreme precipitation events and prolonged dry periods

Cite this article: Nasserzadeh, M.H., Karbalaee Doree, A.R ., & Ghaderi Rastaghi, M. (2025). Spatial and Temporal Analysis of Precipitation Concentration and Its Zonation in Mazandaran Province. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 11 (4), 95-108. http//doi.org/10.61186/jsaeh.11.4.5

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: http//doi.org/10.61186/jsaeh.11.4.5

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Precipitation is one of the most critical climatic elements, playing a vital role in water resource management and environmental planning. The temporal and spatial distribution of precipitation, particularly in regions with complex climates such as Mazandaran Province, is of great importance. Due to its unique geographical location, Mazandaran is influenced by Mediterranean weather systems and diverse topography, resulting in distinct precipitation patterns. This study aims to investigate the spatiotemporal patterns of precipitation concentration in Mazandaran Province using the Precipitation Concentration Index (PCI) to analyze precipitation variability at seasonal and annual scales.

Methods

This research utilized monthly precipitation data from eight meteorological stations in Mazandaran Province over a 20-year period (2002–2021). The Precipitation Concentration Index (PCI) was employed as the primary tool to analyze the temporal and spatial distribution of precipitation. The PCI (Precipitation Concentration Index) is used as an indicator to determine the distribution aspect of rainfall throughout the year. In fact, it can be utilized to extract seasonal or intra-seasonal variations. Additionally, this index enables the classification of precipitation data based on whether it is seasonal or non-seasonal. This index was initially introduced by Oliver (1980). According to Michiels et al. (1992), this index is an indicator of the erosive power of rainfall and demonstrates the relationship between variability and the monthly distribution of precipitation

Results

The results revealed significant spatial and temporal variations in precipitation concentration across Mazandaran Province. The western regions, particularly Babolsar and Nowshahr, exhibited the highest PCI values, indicating intense precipitation concentration during specific seasons. In contrast, the eastern regions experienced more uniform precipitation distribution. Seasonal analysis showed that autumn was the wettest season, while spring was the driest. The study also identified an increasing trend in PCI values at some stations, suggesting a rise in precipitation concentration in recent years, likely due to climatic changes and the intensification of extreme precipitation events.

Conclusion

This study highlights the strong influence of geographical and climatic factors on precipitation patterns in Mazandaran Province. The western regions, influenced by proximity to the Caspian Sea and Mediterranean weather systems, receive higher precipitation and exhibit more seasonal patterns. In contrast, the eastern regions, farther from the sea and less influenced by these systems, experience more uniform precipitation distribution. The increasing trend in precipitation concentration in recent years underscores the impact of climate change and the need for adaptive strategies in water resource management. The findings of this research can significantly contribute to environmental planning and water resource management in Mazandaran Province.

The findings revealed that the precipitation concentration in this province exhibited significant spatial and temporal variation. The highest PCI values were recorded in the western regions, particularly in Babolsar and Nowshahr, indicating high concentrations of precipitation during specific seasons. Conversely, the eastern region displayed a more uniform precipitation

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

distribution. Seasonal analyses confirmed that spring was the least rainy season and autumn was the wettest. Additionally, Inter-annual variations in PCI indicated an increasing trend at some stations, suggesting a growing concentration of precipitation in recent years. Spatial analysis of PCI patterns also indicated that the southwestern and eastern regions of the province, influenced by topographic factors and distance from the Caspian Sea, experienced relative precipitation concentration during specific months. In contrast, the northern and northwestern regions, which are affected by Mediterranean weather systems and recent climate change, demonstrate an irregular and seasonal distribution of precipitation. The findings of this study underscore the necessity of considering spatial and temporal variations in precipitation concentrations in the management of water resources and hydrological processes in Mazandaran Province. The observed increasing trend in PCI highlights the need to develop adaptive strategies to address the challenges posed by extreme precipitation events and prolonged dry periods.

Author Contributions

Mohammad Hossein Nasserzadeh: Conceptualization, Methodology, Supervision, Writing – Review & Editing.
Ali Reza Karbalaee Doree: Data Curation, Formal Analysis, Visualization, Writing – Original Draft.
Maryam Ghaderi Rastaghi: Investigation, Data Collection, Writing – Original Draft, Validation.
All authors contributed to the interpretation of results and approved the final manuscript.

Data Availability Statement

he datasets used and analyzed during this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The precipitation data were obtained from the Iranian Meteorological Organization and are subject to their data-sharing policies.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to the Iranian Meteorological Organization for providing the precipitation data used in this study.

Ethical considerations

This study adheres to ethical research practices. All data used in this research were obtained from publicly available sources or provided by authorized institutions. No human or animal subjects were involved, and thus, no ethical approval was required.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶- ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

واکاوی زمانی–مکانی تمرکز بارش و پهنه بندی آن در استان مازندران

محمد حسین ناصرزاده[۱] ✉ | علیرضا کربلائی درئی[۲] | مریم قادری رستاقی[۳]

۱. نویسنده مسئول، اقلیم شناسی گروه جغرافیا، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: nasserzadeh@khu.ac.ir

۲. اقلیم شناسی گروه جغرافیا، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: karbalaee@khu.ac.ir

۳. آب وهواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: m.ghaderi6464@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

کلیدواژه‌ها:
بارش،
شاخص تمرکز بارش،
مازندران.

چکیده

هدف: تمرکز بارش به معنای توزیع زمانی و مکانی بارش در یک حوضه آبخیز است و تأثیرات قابل توجهی بر روی هیدرولوژی و مدیریت منابع آب دارد. هدف این پژوهش بررسی الگوهای مکانی و زمانی تمرکز بارش در استان مازندران است.

روش پژوهش: داده‌های بارش هشت ایستگاه هواشناسی در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱ مورد استفاده قرار گرفت و برای تحلیل داده ها از شاخص تمرکز بارش (PCI) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمرکز بارش در این استان تغییرات مکانی و زمانی قابل توجهی را تجربه می‌کند. بالاترین مقادیر PCI در مناطق غربی استان، به‌ویژه بابلسر و نوشهر، مشاهده شده که حاکی از تمرکز شدید بارش در فصول مشخصی است. در مقابل، مناطق شرقی استان توزیع یکنواخت‌تری از بارش را نشان می‌دهند. تحلیل فصلی بارش نیز موید آن است که بهار کم‌بارش‌ترین فصل و پاییز پربارش‌ترین فصل در استان می‌باشد. علاوه بر این، بررسی نوسانات بین‌سالانه PCI حاکی از روند افزایشی در برخی ایستگاه‌هاست که نشان‌دهنده افزایش تمرکز بارش در سال‌های اخیر است. تحلیل الگوهای مکانی PCI نیز نشان می‌دهد که مناطق جنوب غربی و شرقی استان، به دلیل عوامل توپوگرافی و فاصله از دریای خزر، تمرکز نسبی بارش را در ماه‌های خاصی تجربه می‌کنند. در مقابل، مناطق شمالی و شمال غربی استان به دلیل تأثیر سیستم‌های جوی مدیترانه‌ای و تغییرات اقلیمی اخیر، توزیع نامنظم و فصلی بارش را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش بر اهمیت در نظر گرفتن تغییرات مکانی و زمانی تمرکز بارش در مدیریت منابع آب و فرایندهای هیدرولوژیکی استان مازندران تأکید دارد. روند افزایشی PCI نشان می‌دهد که تدوین استراتژی‌های سازگار برای مقابله با چالش‌های ناشی از وقوع رویدادهای شدید بارش و دوره‌های خشک طولانی‌مدت ضروری است.

استناد: ناصرزاده، محمدحسین؛ کربلائی درئی، علیرضا؛ و قادری رستاقی، مریم (۱۴۰۳). واکاوی زمانی–مکانی تمرکز بارش و پهنه بندی آن در استان مازندران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۱ (۴)، ۹۵-۱۰۸. http//doi.org/10.61186/jsaeh.11.4.5

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

مقدمه

بارش به عنوان یک عنصر و متغییر بسیار مهم آب و هوایی (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۴) و همچنین یکی از ارکان اصلی در بررسی های بیلان آب است که اساس برنامه ریزی های منابع طبیعی در هر اقلیمی را تشکیل می دهد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲) با توجه به نقش حیاتی بارش در بین رویدادهای اقلیمی، این پدیده از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تنوع زمانی پدیده بارش به عنوان یک عامل کلیدی مؤثر در عملکرد و ساختار اکوسیستم ها محسوب می شوند، ولی تأثیرات آن ازلحاظ بزرگی و مقیاس به مراتب کمتر از تنوع مکانی آن می باشد (کنپ[1] و همکاران، ۲۰۰۱ ؛ آستین[2] و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۴۱ ؛ کالیز[3] و همکاران، ۲۰۰۸: ۹۶). شایان ذکر است این پدیده در قیاس با سایر پدیده های اقلیمی از پیچیدگی حرکتی بسیار چشمگیرتری برخوردار است (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹: ۴۷؛ حکیم دوست و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹۲). این تغییرات می تواند در بعدهای مکانی و زمانی در اقلیم منطقه رخ دهد.به عبارت دیگر در سطح کره زمین بارش شامل تغییرات مکانی و زمانی زیادی می باشد (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۰). شناخت و شناسایی پراکنش زمانی و مکانی پدیده بارش، ابزاری مفید و سودمند جهت درک چگونگی پراکنش غیریکنواخت برای منابع آب و همچنین پوشش گیاهی در هر منطقه است(غیور و همکاران،۱۳۹۰).

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه تجربی

تحقیقات متعددی در زمینه تأثیر تغییرات اقلیمی بر الگوهای بارش در مناطق مختلف جهان انجام شده است. مارتین–وید[4] (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای بر روی اسپانیا، شاخص تمرکز بارش (PCI) را محاسبه نمود و به بررسی الگوهای مکانی و تغییرات زمانی آن پرداخت. نتایج تحقیق ایشان نشان می‌دهد که بخش شرقی اسپانیا به طور قابل توجهی بالاترین مقادیر شاخص PCI را داراست. این منطقه با تجربه ۲۵ درصد از روزهای بارانی سال و دریافت حدود ۷۰ درصد از کل بارش سالانه، تمرکز بارشی بسیار بالایی را نشان می‌دهد. در مقابل، سایر مناطق اسپانیا الگوی بارشی منظم‌تری را تجربه می‌کنند. ژانگ[5] و همکاران (۲۰۰۸) با بهره‌گیری از آزمون من–کندال و شاخص تمرکز بارش، تغییرات مکانی و زمانی تمرکز بارش در حوضه رودخانه مروارید چین طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در بخش‌های جنوبی و شمالی این حوضه، روند کاهشی در توزیع بارش مشاهده می‌شود. در مقابل، بخش‌های غربی و شرقی حوضه تحت تأثیر جریانات مونسون، شاهد افزایش تمرکز بارش‌های روزانه و به‌ویژه از سال ۱۹۹۰، روند صعودی در توزیع بارش بوده‌اند. دی لوییس[6] و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای بر روی شبه جزیره ایبری اسپانیا، به بررسی شاخص تمرکز بارش (PCI) و شاخص فورنیه اصلاح شده (MFI) پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که علی‌رغم کاهش بارش سالانه در برخی مناطق، تمرکز بارش افزایش یافته است. همچنین، تغییرات مکانی این روندها بسیار متنوع بوده و الگوی فرسایندگی باران در این منطقه، پیچیدگی مکانی قابل توجهی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، کاهش فرسایندگی باران در مناطق نیمه‌خشک شبه جزیره مشاهده شده است، در حالی که افزایش این شاخص عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌مرطوب رخ داده است.

آدگان[7] و همکاران (۲۰۱۲) شاخص تمرکز بارش (PCI) را برای دو منطقه در نیجریه در بازه زمانی ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۱ به‌صورت فصلی و سالانه محاسبه و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که در منطقه اول، ۸۷ درصد از سال‌ها و در منطقه دوم، ۷۱ درصد از سال‌ها در محدوده تمرکز متوسط بارش قرار داشته‌اند. کورتزی[8] و همکاران (۲۰۱۲) با بهره‌گیری از شاخص تمرکز بارش (CI) در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۰، به بررسی پراکندگی و الگوی بارش روزانه در سراسر قاره اروپا پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد

[1] - Knapp and Smithn
[2] - Austin
[3] - Collins
[4] - Martin-Vide
[5] - Zhang
[6] - De Luis
[7] - Adegun
[8] - Cortesi

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

که بیشترین تمرکز بارش‌های فصلی و روزانه در حوضه مدیترانه غربی و همچنین در امتداد سواحل این قاره، به ویژه در فرانسه، رخ داده است. والی[1] و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود، با بهره‌گیری از شاخص PCI، الگوی بارش در ایالت آندراپراش را در بازه زمانی ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰، در مقیاس‌های سالانه و فصلی بررسی نمودند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که توزیع بارش در این منطقه از الگوی نامنظمی پیروی می‌کند. ایزناجی[2] و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی داده‌های بارش طی ۳۸ سال (۱۹۷۶–۲۰۱۳) در نیجریه و استفاده از شاخص تمرکز بارش (PCI)، نشان دادند که بیش از ۹۰ درصد بارش سالانه این کشور در مدت ۶ ماه از سال رخ می‌دهد. میانگین شاخص PCI در اغلب ماه‌های سال بیش از ۰/۷۱۶ بوده است که بیانگر تمرکز قابل توجه بارش در یک دوره زمانی کوتاه‌تر است.

نظرنژاد[3] و همکاران (۲۰۱۸) با هدف بررسی الگوی تمرکز بارش در استان آذربایجان غربی، داده‌های بارش ۶۶ ایستگاه باران‌سنجی را در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۲ مورد تحلیل قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که شاخص تمرکز بارش (PCI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده ۱۲ تا ۲۲ متغیر بوده است. براساس این نتایج، توزیع بارش در ۷۹ درصد ایستگاه‌ها به صورت فصلی، در ۲۰ درصد ایستگاه‌ها به صورت نسبتاً فصلی و تنها در یک ایستگاه به صورت کاملاً فصلی بوده است. محمد[4] و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه دوره آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۸، به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر نوسانات بارش در حوضه آبریز نیل پرداختند. آن‌ها از شاخص‌های ضریب تغییرات (CV)، آزمون من–کندال (MK) و شاخص تمرکز بارش (PCI) برای ارزیابی تغییرات بارش در این منطقه استفاده کردند. نتایج حاصل از شاخص PCI نشان داد که به طور متوسط، ۸۹/۹ درصد سال‌ها شاهد افزایش تمرکز بارش بوده و حوضه آبریز نیل در طول دوره مطالعه، دوره‌های خشکسالی متوالی را تجربه کرده است. همچنین، ارتباط معناداری بین وقوع خشکسالی‌های شدید و پدیده النینو جنوبی مشاهده شد.

اشرفی و همکاران (۲۰۲۴) با هدف بررسی یکنواختی توزیع زمانی بارش در آینده نزدیک، از پنج مدل اقلیمی شامل GFDL-ESM4، MPI-ESM1-2-HR، IPSL-CM6A-LR، MRI-ESM2 و UKESM1-0-LL به همراه داده‌های ۹۵ ایستگاه سینوپتیک استفاده کرده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در آینده نزدیک، مناطق شمالی ایران شاهد افزایش یکنواختی بارش و مناطق جنوبی با تمرکز بیشتر بارش در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر مواجه خواهند شد. میرزایی حسنلو و همکاران (۱۳۹۹) با هدف بررسی الگوی مکانی تمرکز بارش در استان آذربایجان غربی، به ارزیابی شاخص‌های تمرکز بارش وزانه (CI) و ماهانه (PCI) در ایستگاه‌های باران‌سنجی پرداختند. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه، ایستگاه آلاسقل در جنوب شرقی و ایستگاه‌های بدوی، سیاه‌چشمه و رازی در غرب استان، بر اساس شاخص CI، دارای توزیع یکنواخت‌تری از بارش بودند. در مقابل، در مقیاس ماهانه و بر اساس شاخص PCI، مناطق شمالی و شمال غربی استان، توزیع یکنواخت‌تری از بارش را نشان دادند. مطالعه روشنی و همکاران (۱۳۹۹) بر روی الگوهای بارش استان گلستان نشان داد که تغییرات مکانی و زمانی بارش در این استان، با استفاده از شاخص‌های PCI و SI قابل تحلیل است. در این مطالعه، ۴۱ ایستگاه باران‌سنجی به مدت ۳۸ سال مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که ایستگاه چات با شاخص فصلی ۷۹ درصد و ایستگاه شصت کلاته با شاخص ۴۷ درصد، به ترتیب بیشترین و کمترین تنوع فصلی در بارش را نشان می‌دهند.

در سواحل جنوبی دریای خزر (دریای مازندران) بارش به عنوان یکی از مهمترین عناصر اقلیمی و پدیده جوی از توزیع زمانی و مکانی پیچیده و منحصر بفردی در این منطقه برخوردار است. موقعیت جغرافیا به خصوص قرارگیری آن در قسمت جنوبی دریای خزر، استقرار رشته کوه های مرتفع و همچنین توپوگرافی پیچیده به همراه جابجایی مداوم پشته ها و ناوه های امواج غربی بر روی منطقه موردمطالعه بروز چنین پیچیدگی را در ساختار بارش منطقه ای در پی داشته است. در این میان وقوع بارشهای شدید از خصوصیات ذاتی اقلیم سواحل جنوبی دریای خزر (مازندران) به شمار می رود (حکیم دوست و همکاران، ۱۳۹۶). این ویژگی اقلیمی به رغم مزایای زیاد، چالش‌های قابل توجهی را نیز به همراه دارد. بررسی تمرکز بارش در این استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار

[1] - Valli
[2] - Ezenwaji
[3] - Nazarnejad
[4] - Mohamed

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

است.

روش شناسی پژوهش

۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

به منظور تغییر الگوی زمانی بارش سالانه و فصلی، از داده‌های بارش ماهانه هشت ایستگاه منتخب استان مازندران در یک دوره آماری ۲۰ ساله از سال ۲۰۲۱-۲۰۰۲ برای منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. دلیل انتخاب تعداد کم ایستگاه‌ها، تا حدودی کامل بودن آمار ۷ ایستگاه منتخب طی ۲۰ سال دوره آماری می‌باشد. جدول (۱) موقعیت و ایستگاه‌های باران سنجی منتخب در استان مازندران را نشان می‌دهد. در این پژوهش از آمار ایستگاه‌های هواشناسی برای برآورد بارش فصلی و سالانه به منظور محاسبه شاخص PCI استفاده شده است که مشخصات ایستگاه‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه های منتخبی منطقه موردمطالعه

تعداد	ایستگاه	سال تاسیس	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
۱	آمل	۱۳۷۹	۵۲/۳۸	۳۶/۴۷	۲۳/۷
۲	بابلسر	۱۳۲۸	۵۲/۶۵	۳۶/۷۰	- ۲۱
۳	ساری	۱۳۷۸	۵۲/۹۹	۳۶/۵۴	۲۳
۴	سیاه بیشه	۱۳۷۷	۵۱/۳۰	۳۶/۲۳	۱۸۵۵/۴
۵	قراخیل	۱۳۶۲	۵۲/۷۷	۳۶/۴۵	۱۴/۷
۶	نوشهر	۱۳۶۴	۳۶/۶۶	۵۱/۴۷	-۲۰/۹
۷	رامسر	۱۳۳۱	۳۶/۹	۵۰/۶۸	-۲۰
۸	کیاسر	۲۰۰۲	۳۶/۲۵	۵۳/۵۵	۱۲۹۴/۳

۲. داده‌ها و روش کار

شاخص PCI به عنوان شاخصی برای مشخص نمودن جنبه توزیع زمان بارش در طول سال مورد استفاده قرار می گیرد و در واقعه با استفاده از آن می توان تغییرات بین فصلی و یا درون فصلی را استخراج کرد. همچنین این شاخص امکان طبقه بندی داده‌های بارش بر اساس فصلی بودن یا نبودن را فراهم می کند (میرزایی حسنلو و همکاران، ۱۳۹۹: ۴۷). این نمایه در ابتدا توسط (الیور، ۱۹۸۰) ارائه شد. به باور (میکائیلس[1] و همکاران، ۱۹۹۲) این نمایه، شاخصی از توان فرسایش بارش می‌باشد و ارتباط بین تغییرپذیری و توزیع ماهانه‌ی بارش را نشان می‌دهد. این شاخص در مقیاسه سالانه و فصلی با توجه به اطلاعات بارش‌های ماهانه برای مقیاس سالانه از رابطه (۱) و برای مقیاس فصلی از رابطه (۲) محاسبه شد. نسخه‌ی اصلاح شده‌ی آن‌ها به شرح زیر است:

$$\mathrm{PCI}_{annual} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{\left[\sum_{i=1}^{12} p_i\right]^2}$$ رابطه (۱)

$$\mathrm{PCI}_{seasonal} = 25 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{\left[\sum_{i=1}^{12} p_i\right]^2}$$ رابطه (۲)

که در آن p_i مقدار بارش در ماه i ام است که برای هر کدام از یافته‌های مکانی برای هر سال طی بازه زمانی مورد واکاوی محاسبه می‌شود. به طور کلی هر چه میزان بارش سالانه کمتر باشد، بارش ماهانه تغییرات بیشتری را از خود نشان می‌دهد. بنابراین به تبع آن نیز هر چقدر میزان نمایه بیشتر باشد، میزان بارش ماهانه تغییرات بیشتری را از خود نشان می‌دهد. به بیانی دیگر می‌توان گفت سهم بیشتری از بارش سالانه در طول بسامد کمی از رخدادهای بارشی رخنمود خواهد داشت. مقادیر نمایه بین ۸/۳ تا ۱۰۰ متفاوت است. جهت برآورد شاخص تمرکز بارش بین فصلی در فصول مختلف نیز از معادله زیر بهره گرفته شد.

[1] - Michiels

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

رابطه (۳)

$$PCI_{seasonal} = 100 * \frac{sum(winter^2 + spring^2 + summer^2 + autumn^2)}{Total\ yearly\ precipitation^2}$$

شاخص تمرکز بارش (PCI) می‌تواند مقادیری بین ۸/۳ تا ۱۰۰ داشته باشد. بر اساس طبقه‌بندی اولیور (۱۹۸۰)، این شاخص به ما کمک می‌کند تا الگوی توزیع بارش در طول سال را بهتر درک کنیم. به طور کلی اگر شاخص بین ۸/۳ تا ۱۰ باشد نشان‌دهنده توزیع یکنواخت بارش در طول سال است، به این معنی که بارش تقریباً به طور مساوی در تمام ماه‌ها رخ می‌دهد. اگر شاخص بین ۱۰ تا ۱۵ باشد نشان‌دهنده تمرکز نسبی بارش در برخی ماه‌های خاص است. اگر شاخص بین ۱۵ تا ۲۰ باشد بیانگر توزیع نامنظم و فصلی بارش است، به این معنی که بارش بیشتر در فصول خاصی متمرکز شده است. اگر شاخص بیش از ۲۰ باشد نشان‌دهنده تغییرات شدید و نامنظمی در میزان بارش ماهانه است. در این حالت، بارش به شدت در برخی ماه‌ها متمرکز شده و در ماه‌های دیگر بسیار کم است. به عبارت دیگر، هرچه مقدار شاخص PCI بیشتر باشد، تمرکز بارش در ماه‌های خاصی بیشتر بوده و نوسانات بارش بین ماه‌های مختلف نیز بیشتر خواهد بود (دارندو پژوه، ۲۰۲۲؛ دی لوییس[1] و همکاران، ۲۰۱۱)

یافته‌های پژوهش

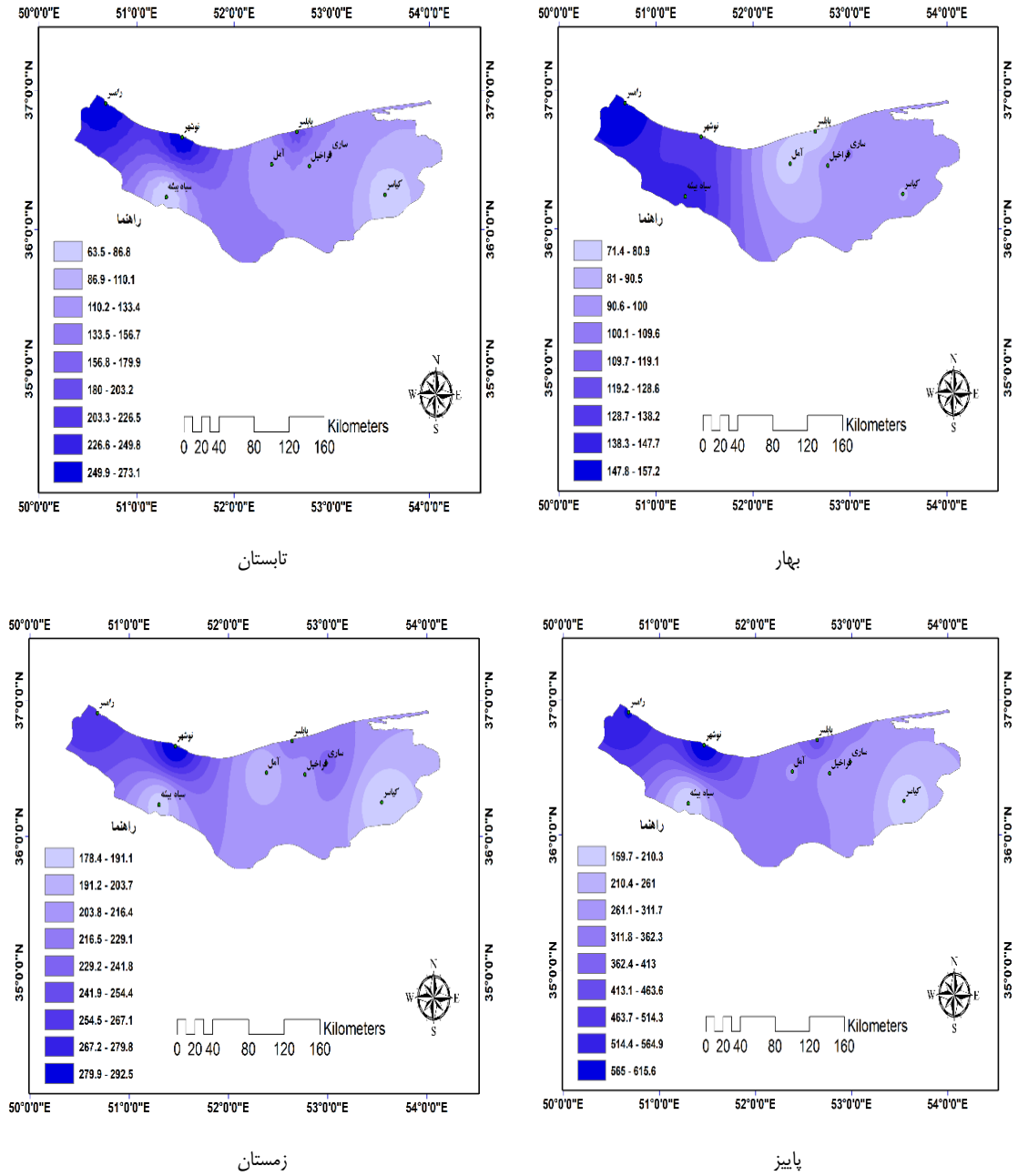
۱. واکاوی مکانی بارش استان مازندران

شاخص تمرکز بارش (PCI) به عنوان شاخصی برای سنجش تمرکز و پراکندگی بارش در مقیاس‌های سالانه و فصلی معرفی شده است. برای محاسبه این شاخص، مجموع بارش هر سال یا هر فصل مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل (۱) توزیع مکانی مجموع بارش فصلی را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار بارش در مناطق غربی استان مازندران، به ویژه بندر انزلی، مشاهده می‌شود و کمترین مقدار بارش در مناطق جنوب شرقی استان متمرکز است. فصل بهار کمترین میزان بارش را در استان به خود اختصاص می‌دهد، به طوری که بیشترین مقدار بارش حدود ۱۶۰ میلی‌متر است. کمترین مقدار بارش در این فصل در ایستگاه‌های آمل و کیاسر با حدود ۷۱ میلی‌متر رخ می‌دهد. در فصل تابستان، میزان بارش در مناطق غربی مانند انزلی به ۲۷۳ میلی‌متر می‌رسد که نشان‌دهنده افزایش قابل توجهی نسبت به بهار است. کمترین میزان بارش تابستانه در ایستگاه‌های سیاه بیشه و کیاسر گزارش شده است. فصل پاییز بیشترین میزان مجموع بارش را در استان مازندران دارد. به عنوان مثال، در بندر انزلی و نوشهر، مقدار بارش به حدود ۶۱۷ میلی‌متر می‌رسد. در فصل زمستان، میزان بارش نسبت به پاییز کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. در ادامه، به بررسی یکنواختی بارش در استان مازندران در مقیاس‌های بین‌فصلی، فصلی و سالانه پرداخته می‌شود.

[1] - De Luis

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]



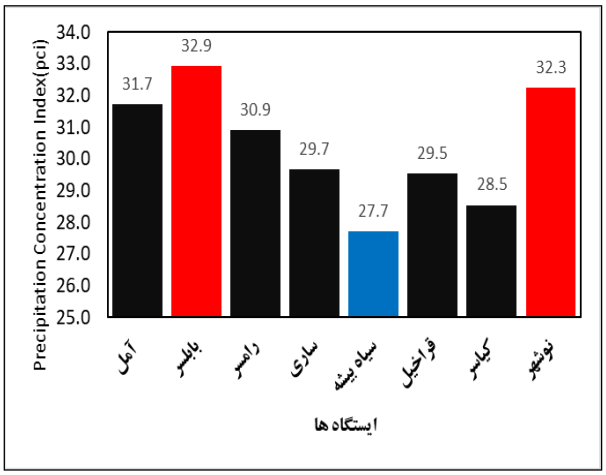
شکل ۱. مجموع بارش استان مازندران به صورت فصلی

۲. شاخص تمرکز بارش در وضعیت درون فصلی

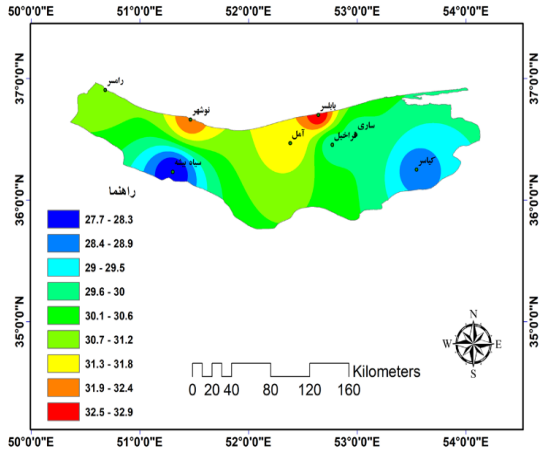
شکل (۲) شاخص تمرکز بارش را به صورت درون فصلی در ایستگاه های مورد مطالعه در استان مازندران نشان می دهد. با توجه به شکل ایستگاه‌های بابلسر و نوشهر با داشتن بالاترین مقادیر PCI (۳۲/۹ و ۳۲/۳) نشان می‌دهند که تمرکز بارش در این ایستگاه‌ها به شدت در فصول خاصی رخ می‌دهد. به عبارت دیگر، این ایستگاه‌ها فصول خشک و مرطوب بسیار مشخصی دارند و بارش در آن‌ها به شدت نوسان می‌کند. ایستگاه سیاه بیشه نیز با کمترین مقدار PCI، توزیع بارش در این ایستگاه نسبتاً یکنواخت‌تر است و تمرکز بارش در فصول خاصی به شدت مشاهده نمی‌شود. مقادیر شاخص PCI ایستگاه‌های رامسر، ساری، قراخیل و کیاسر نیز نشان‌دهنده تمرکز نسبی بارش در فصول خاصی است. با این حال، این تمرکز به اندازه ایستگاه‌های بابلسر و نوشهر شدید نیست. شکل (۳) پراکنش مکانی شاخص تمرکز بارش (PCI) را در استان مازندران به صورت درون‌فصلی نشان می‌دهد. همانطور

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

که بیان شد، شاخص PCI بالای ۲۰ نشان‌دهنده نوسانات شدید بارش در طول یک فصل و تمرکز بارش در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت در یک ایستگاه است. بر اساس نتایج حاصل از این شکل، ایستگاه‌های بابلسر و نوشهر دارای بالاترین مقادیر شاخص PCI هستند که نشان‌دهنده تمرکز شدید بارش در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت در این ایستگاه‌ها است. این بدان معناست که در این ایستگاه‌ها، بارش به جای اینکه به طور یکنواخت در طول فصل توزیع شود، در دوره‌های زمانی کوتاه و شدیدی رخ می‌دهد. به نظر می رسد این الگوی بارشی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند موقعیت جغرافیایی ایستگاه، توپوگرافی منطقه و تأثیر سیستم‌های جوی گذرا باشد.



شکل ۲. نمودار شاخص PCI درون فصلی استان مازندران



شکل ۳. نقشه پراکندگی PCI درون فصلی استان مازندران

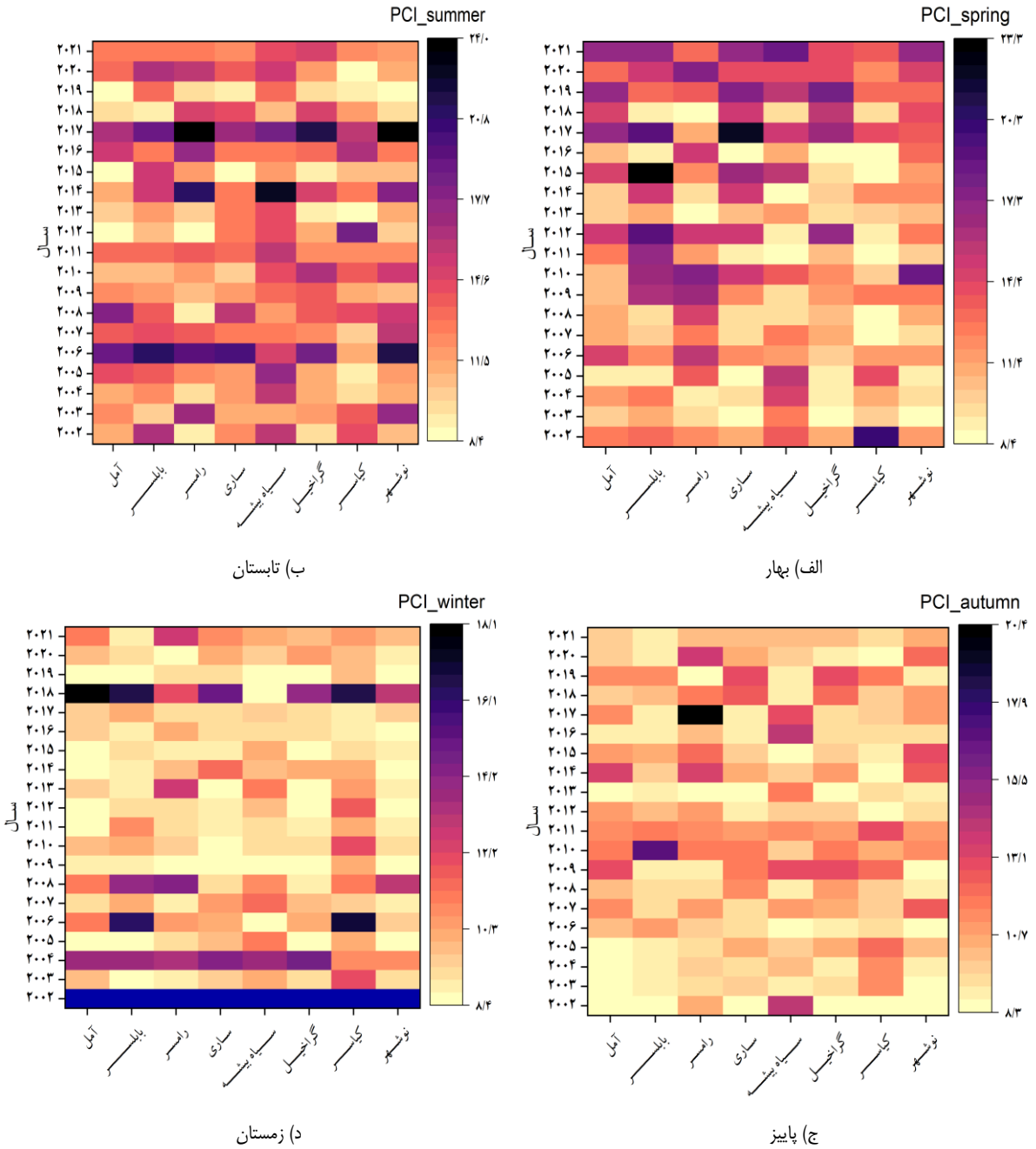
۳. شاخص تمرکز بارش در وضعیت بین فصلی

نتایج شاخص PCI به صورت بین فصلی طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه (۲۰۲۱-۲۰۰۲) در ایستگاه‌های آمل، بابلسر، رامسر، ساری، سیاه بیشه، گراخیل، کیاسر و نوشهر در شکل (۹-۵) نشان داده شده است. با نگاه اجمالی به شکل (۴) می‌توان به خوبی دریافت که شاخص PCI در فصل بهار بین(۸/۴ تا ۲۳/۳ درصد) که نشان‌دهنده الگوی یکنواخت تا کاملاً فصلی می‌باشد در نوسان بوده است. طبق شکل، در فصل بهار بیش‌ترین مقدار مربوط به ایستگاه‌های ساری در سال ۲۰۱۷ و ایستگاه بابلسر در سال ۲۰۱۵ که دارای الگوی کاملا فصلی بوده‌اند می‌باشد. در این فصل با توجه به شکل چنین استباط می‌شود که الگوی غالب الگوی فصلی می‌باشد زیرا دارای توزیع بیشتر بین سال‌های آماری بین تمام ایستگاه‌ها بوده است. شاخص PCI فصل تابستان نیز بین (۸/۴ تا ۲۴ درصد) در نوسان بوده است. بیش‌ترین مقدار شاخص در ایستگاه‌های نوشهر و رامسر در سال ۲۰۱۷ و سیاه بیشه ۲۰۱۵ با الگوی کاملاً فصلی می‌باشند.

در این فصل تقریباً شاهد الگوی نسبتاً فصلی تا فصلی در تمامی ایستگاه‌های منتخب در طول سال‌های آماری شاهد هستیم و درواقع الگوی غالب الگوی فصلی می‌باشد (شکل۴ الف). در فصل پاییز مقدار PCI بین (۸/۳ تا ۲۰/۴ درصد) می‌باشد که نشان‌دهنده کاهش مقدار PCI فصل پاییز نسبت به دو فصل بهار و تابستان می‌باشد. در این فصل به جز ایستگاه رامسر که دارای بالاترین مقدار PCI (۲۰/۴) در سال ۲۰۱۷ می‌باشد در بقیه ایستگاه‌ها با مقدار پایین PCI و درواقع الگوی یکنواخت تا نسبتاً فصلی روبرو است (شکل ۴ ب و ج). در فصل زمستان مقدار PCI بین (۸/۴ تا ۱۸/۱ درصد) متغییر می‌باشد. توزیع شاخص PCI در فصل زمستان گویای آن است که، بیش‌ترین مقدار مربوط به ایستگاه آمل با (۱۸/۱ درصد) دارای الگوی فصلی بوده است. در این فصل تقریباً اکثر ایستگاه‌ها تنها سال‌های ۲۰۱۸ ، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ دارای الگوی نسبتاً فصلی می‌باشند اما در بقیه‌ی سال‌های آماری الگوی یکنواخت تا نسبتاً فصلی حاکیمت داشته است (شکل ۴ د). به طوری کلی می‌توان چنین استنباط کرد که فصول بهار و تابستان دارای الگوی تقریباً یکسان از نظر توزیع شاخص PCI می‌باشند همچنین دو فصل پاییز و زمستان نیز دارای الگوی یکسان از نظر

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

شاخص PCI می‌باشند. همچنین فصل تابستان از نظر الگوی توزیع شاخص دارای بیشترین درصد توزیع فصلی شاخص PCI و فصل پاییز دارای بیش‌ترین توزیع یکنواخت بودند.



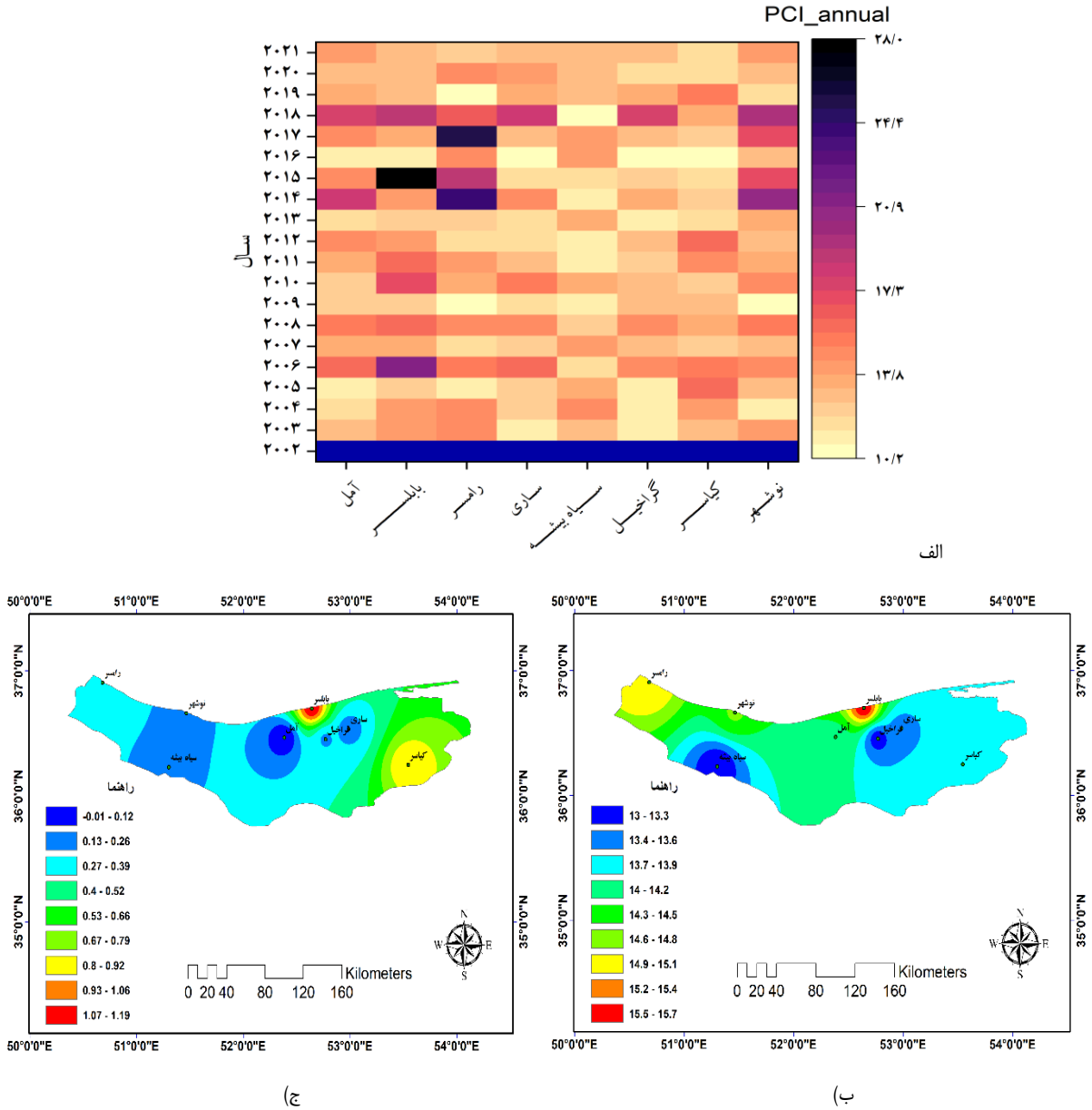
شکل ۴. نمودار تغییرات زمانی شاخص PCI استان مازندران در مقیاس فصلی

۴. شاخص تمرکز بارش در وضعیت سالانه

شکل (۵ الف) میانگین مجموع سالانه شاخص PCI در استان مازندران را طی دوره آماری مورد بررسی نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، شاخص PCI در بازه ۱۰/۲ تا ۲۸ درصد نوسان داشته است. بیشترین مقدار سالانه PCI مربوط به ایستگاه بابلسر با ۲۸ درصد در سال ۲۰۱۵ و پس از آن ایستگاه رامسر با حدود ۲۴ درصد در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ بوده است که نشان‌دهنده یک الگوی فصلی مشخص در این ایستگاه‌ها است. در سایر سال‌ها و ایستگاه‌ها نیز به‌طور کلی الگوی فصلی در شاخص PCI مشاهده

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

می‌شود.با توجه به شکل همانطور که مشاهده می شود بی نظمی بارش در سال های اخیر بیشتر شده است. شکل (۵ ب) پراکنش مکانی شاخص تمرکز بارش (PCI) در استان مازندران را نشان می‌دهد. بر اساس طبقه‌بندی اولیور، نواحی جنوب غربی و شرقی استان با مقادیر PCI بین ۱۰ تا ۱۵، تمرکز نسبی بارش در برخی ماه‌های خاص را نشان می‌دهند. این امر به نظر می رسد به دلیل تأثیر توپوگرافی منطقه و همچنین فاصله از دریای خزر است. در نواحی شمالی و شمال غربی استان، مقادیر PCI بالاتر از ۱۵، بیانگر توزیع نامنظم و فصلی بارش است که به نظر می رسد به دلیل تأثیرات سیستم‌های بارشی مدیترانه‌ای و همچنین تغییرات اقلیمی اخیر باشد. تحلیل روند زمانی شاخص PCI در ایستگاه‌های رامسر، بابلسر، کیاسر، نوشهر، سیاه بیشه، آمل، قراخیل و ساری نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌ها، شیب خط رگرسیون شاخص PCI افزایشی بوده است (شکل ۵ ج). این امر نشان‌دهنده افزایش تمرکز بارش در برخی ماه‌های خاص و نامنظمی بیشتر در الگوی بارش در سال‌های اخیر است. این روند می‌تواند به تغییرات اقلیمی، از جمله افزایش شدت و فراوانی رویدادهای بارشی شدید، مرتبط باشد.



شکل ۵. الف) شاخص تمرکز بارش در ایستگاه های مورد مطالعه در وضعیت سالانه ب) پراکندگی مکانی شاخص تمرکز بارش در استان مازندران ج) روند تغییرات سالانه شاخص تمرکز بارش در استان مازندران

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده تغییرات قابل توجه مکانی و زمانی در تمرکز بارش در استان مازندران است که با پژوهش‌های پیشین در مورد الگوهای بارش در شمال ایران همخوانی دارد. مقادیر بالاتر شاخص تمرکز بارش (PCI) در مناطق غربی، به ویژه بابلسر و نوشهر، با مطالعات میرزایی حسنلو و همکاران (۱۳۹۹) و روشنی و همکاران (۱۳۹۹) همسو است که افزایش تمرکز بارش در مناطق ساحلی تحت تأثیر دریای خزر را گزارش کرده‌اند. این مناطق به دلیل تعامل سیستم‌های جوی مدیترانه‌ای و توپوگرافی محلی، بارش‌های فصلی شدیدی را تجربه می‌کنند که منجر به فصول مرطوب و خشک مشخص می‌شود. در مقابل، مناطق شرقی استان توزیع یکنواخت‌تری از بارش را نشان دادند که مشابه یافته‌های اسدی رحیم‌بیگی و همکاران (۱۴۰۰) است که تأثیر فاصله از دریای خزر و موانع توپوگرافی را در تعدیل الگوهای بارش بسیار مهم دانسته‌اند. افزایش مقادیر شاخص (PCI) در سال‌های اخیر نشان‌دهنده تغییر به سمت رویدادهای بارشی متمرکز و شدیدتر است، روندی که در مطالعات دارندو و پژوه (۱۴۰۱) و اشرفی و همکاران (۱۴۰۳) نیز گزارش شده است. این پدیده به احتمال زیاد با تغییرات اقلیمی جهانی مرتبط است که باعث تشدید extremes هیدرولوژیکی در شمال ایران شده است. تحلیل فصلی که نشان‌دهنده پاییز به عنوان پرباران‌ترین فصل و بهار به عنوان کم‌بارش‌ترین فصل است، با کار حکیم‌دوست و همکاران (۱۳۹۶) همخوانی دارد که نقش بارش‌های پاییزی را در شکل‌دهی به رژیم هیدرولوژیکی مازندران مورد تأکید قرار داده‌اند. این یافته‌ها بر ضرورت تدوین استراتژی‌های سازگار برای مدیریت منابع آب به منظور مقابله با چالش‌های ناشی از الگوهای نامنظم بارش، به ویژه در چارچوب تغییرات اقلیمی، تأکید می‌کنند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف بررسی زمانی تمرکز بارش و پهنه بندی آن در استان مازندران در ۸ ایستگاه شامل: بابلسر، رامسر، آمل، نوشهر، ساری، قراخیل، سیاه بیشه و کیاسر در مقیاس های سالانه و فصلی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. شاخص تمرکز بارش (PCI) به عنوان شاخصی از تمرکز و پراکندگی باران در مقیاس سالانه و فصلی برای بررسی وضعیت یکنواختی بارش در طول سال از شاخص تمرکز استفاده شد که نتایج آن برای ایستگاه های مورد مطالعه در استان مازندران در مقیاس سالانه و فصلی طی بازه زمانی ۲۰ ساله از سال ۲۰۲۱-۲۰۰۲ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که الگوهای بارشی در استان مازندران به شدت تحت تأثیر عوامل جغرافیایی و اقلیمی قرار دارند. مناطق غربی استان به دلیل نزدیکی به دریای خزر و تأثیر سیستم‌های جوی مدیترانه‌ای، بارش بیشتری را دریافت می‌کنند و الگوی بارشی در این مناطق فصلی‌تر است. در مقابل، مناطق شرقی استان به دلیل فاصله بیشتر از دریا و تأثیر کمتر سیستم‌های جوی، بارش کمتری دارند و الگوی بارشی در این مناطق یکنواخت‌تر است. بیشترین میزان بارش در مناطق غربی استان، به ویژه بندر انزلی، متمرکز شده است و فصل پاییز پرباران‌ترین فصل سال است. در مقابل، فصل بهار کمترین میزان بارش را به خود اختصاص می‌دهد. ایستگاه‌های بابلسر و نوشهر بیشترین تمرکز بارش را در فصول خاص نشان می‌دهند، به این معنی که این ایستگاه‌ها فصول خشک و مرطوب بسیار مشخصی دارند.بررسی شاخص تمرکز بارش در بین فصول نشان داد شاخص PCI در فصول مختلف سال نوسانات قابل توجهی دارد. به طور کلی، فصول بهار و تابستان الگوی مشابهی از نظر توزیع شاخص PCI نشان می‌دهند، در حالی که فصول پاییز و زمستان نیز الگوی مشابهی دارند. تحلیل روند زمانی شاخص PCI نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌ها، تمرکز بارش در برخی ماه‌های خاص افزایش یافته است. این امر نشان‌دهنده نامنظمی بیشتر در الگوی بارش در سال‌های اخیر است که می‌تواند به تغییرات اقلیمی مرتبط باشد. به عبارت دیگر تحلیل روندهای زمانی شاخص PCI نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، تمرکز بارش در برخی سال های خاص افزایش یافته است. این امر ممکن است به دلیل تغییرات اقلیمی و افزایش شدت و فراوانی رویدادهای بارشی شدید باشد. نتایج این پژوهش با مطالعات قبلی (روشنی و همکاران، ۱۳۹۹؛ اسدی رحیم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰؛ اشرفی و همکاران، ۲۰۲۴) همخوانی دارد که نشان‌دهنده افزایش شدت رویدادهای بارشی شدید در مناطق شمالی ایران است. به نظر می رسد عوامل مختلفی مانند موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، و تأثیر سیستم‌های جوی گذرا بر الگوهای بارشی در استان مازندران مؤثر هستند. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استان

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

مازندران با چالش‌های قابل توجهی در زمینه مدیریت منابع آب مواجه است. نوسانات شدید بارش، تمرکز بارش در فصول خاص و افزایش نامنظمی در الگوی بارش در سال‌های اخیر، نیاز به اتخاذ تدابیر مناسب برای مدیریت پایدار منابع آب را ضروری می‌سازد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه مطابق با شیوه‌های پژوهش اخلاقی انجام شده است. تمام داده‌های استفاده شده در این تحقیق از منابع عمومی در دسترس یا توسط مؤسسات مجاز تأمین شده‌اند. هیچ انسانی یا حیوانی در این مطالعه درگیر نبود و بنابراین نیازی به اخذ تأییدیه اخلاقی نبود.

مشارکت نویسندگان

همه‌ی نویسندگان در تفسیر نتایج همکاری کرده و نسخه نهایی مقاله را تأیید کردند. نویسنده اول: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

نویسنده دوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مدیریت داده، تحلیل رسمی، بصری‌سازی، نوشتن.

نویسنده سوم : تحقیق، جمع‌آوری داده، نوشتن.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی از هیچ نهاد تأمین مالی در بخش‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است..

سپاسگزاری

نویسندگان از سازمان هواشناسی ایران به خاطر ارائه داده‌های بارش استفاده شده در این مطالعه قدردانی می‌کنند.

منابع

اسدی رحیم‌بیگی، نرگس؛ زرین، آذر؛ مفیدی، عباس؛ و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۴۰۰). تحلیل پراکنش فصلی بارش‌های فرین در ایران با استفاده از پایگاه AgERA5. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۲ (۱۱)، ۲۷۲۳-۲۷۳۷. https://doi.org/10.22059/ijswr.2021.333263.669118

جهانبخش اصل، سعید؛ ابطحی، وحیده؛ قربانی، محمدعلی؛ تدینی، معصومه؛ و والایی، اکرم (۱۳۹۴). بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه ای. *فضای جغرافیایی*، ۱۵ (۵۰)، ۵۹-۸۱.

حکیم دوست، سید یاسر؛ پورزیدی، علی محمد؛ و گرامی، محمد صالح (۱۳۹۶). تحلیل مکانی بارش - رگباری استان مازندران در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۲۶(۱۰۲)، ۱۹۱-۲۰۳. https://doi.org/10.22131/sepehr.2017.27477

روشنی، حمیده؛ مصطفی زاده، رئوف؛ اسمعلی عوری، اباذر؛ و ذبیحی، محسن (۱۳۹۹). تغییرات مکانی و زمانی الگوی وقوع بارش با استفاده از شاخص‌های PCI و SI در استان گلستان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۷ (۴) ، ۱۸۷-۲۰۴

علیجانی، بهلول؛ دوستکامیان، مهدی؛ اشرفی، سعیده؛ و شاکری، فهیمه (۱۳۹۴). بررسی تغییرات الگوهای خود همبستگی فضایی درون دهه‌ای بارش ایران طی نیم قرن اخیر. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*، ۵ (۱۴)، ۷۱-۸. https://doi.org/10.22111/gaij.2015.1914

غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ آزادی، مجید؛ و نوری، حمید (۱۳۹۰). تحلیل زمانی و مکانی رویدادهای بارشی سواحل جنوبی خزر، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۵(۱۰۰)، ۲.

محمدی، بختیار؛ و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش های سنگین ایران مطالعه ی موردی: آبان ماه ۱۳۷۳، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۸ (۱۹)، ۷۰-۴۷.

میرزایی حسنلو، ایوب؛ عبقری، هیرادی؛ و عرفانیان، مهدی (۱۳۹۹). توزیع مکانی شاخص‌های تمرکز بارش روزانه و ماهانه در ایستگاه‌های

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

باران سنجی استان آذربایجان غربی، *نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری*، ۸ (۳۰)، ۵۶-۴۴.

میرزایی، نبی؛ حسین قلی زاده، محمد؛ دارند، محمد (۱۳۹۶). *واکاوی ارتباط تاوایی نسبی با بارشبر روی گستره ایران*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

References

Adegun, O., Balogun, I., & Adeaga, O. (2012). Precipitation concentrations in Owerri and Enugu. *Special publication of the nigerian association of hydrological sciences*, 383-391.

Austin, A. T., Yahdjian, L., Stark, J. M., Belnap, J., Porporato, A., Norton, U., ... & Schaeffer, S. M. (2004). Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia*, 141, 221-235. https://doi.org/10.1007/s00442-004-1519-1PMid:14986096

Collins, S. L., Sinsabaugh, R. L., Crenshaw, C., Green, L., Porras-Alfaro, A., Stursova, M., & Zeglin, L. H. (2008). Pulse dynamics and microbial processes in aridland ecosystems. *Journal of Ecology*, 96(3), 413-420. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01362.x

Cortesi, N., González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & Martin-Vide, J. (2012). Daily precipitation concentration across Europe 1971-2010. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(9), 2799-2810. https://doi.org/10.5194/nhess-12-2799-2012

De Luis, M., González-Hidalgo, J. C., & Longares, L. A. (2010). Is rainfall erosivity increasing in the Mediterranean Iberian Peninsula?. *Land degradation & development*, 21(2), 139-144. https://doi.org/10.1002/ldr.918

De Luis, M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & Longares, L. A. (2011). Precipitation concentration changes in Spain 1946-2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(5), 1259-1265. https://doi.org/10.5194/nhess-11-1259-2011

Ezenwaji, E., Nzoiwu, C., & Chima, G. (2017). Analysis of precipitation concentration index (PCI) for Awka urban area, Nigeria. *Hydrology: Current Research*, 8(4), 1-6.

Knapp, A. K., & Smith, M. D. (2001). Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production. *Science*, 291 (5503), 481-484. https://doi.org/10.1126/science.291.5503.481PMid:11161201

Martin-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(8), 959-971. https://doi.org/10.1002/joc.1030

Michiels, P., Gabriels, D., & Hartmann, R. (1992). *Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing the monthly rainfall distribution in Spain*. Catena, 19(1), 43-58. https://doi.org/10.1016/0341-8162(92)90016-5

Mohamed, M. A., El Afandi, G. S., & El-Mahdy, M. E. S. (2022). Impact of climate change on rainfall variability in the Blue Nile basin. *Alexandria Engineering Journal*, 61(4), 3265-3275. https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.056

Nazarnejad, H., Shahhossein, T., & Asadzadeh, F. (2018). Spatiotemporal Variations of the Rainfall Erosion in West Azerbaijan Province. *Geography and Environmental Sustainability*, 8(2), 89-99.

Oliver, J. E. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geographer*. 32, 300-309. https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1980.00300.x

Valli, M., Sree, K. S., & Krishna, I. V. M. (2013). Analysis of precipitation concentration index and rainfall prediction in various agro-climatic zones of Andhra Pradesh, India. *Int Res J Environ Sci*, 2(5), 53-61.

Zhang, Q., Xu, C. Y., Gemmer, M., Chen, Y. D., & Liu, C. (2009). Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23, 377-385. https://doi.org/10.1007/s00477-008-0225-7

Darand, M., & Pazhoh, F. (2022). Spatiotemporal changes in precipitation concentration over Iran during 1962-2019. *Climatic Change*, 173(3), 25. https://doi.org/10.1007/s10584-022-03421-z

Ashrafi, S., Karbalaee, A.R. & Kamangar, M. (2024). Projections patterns of precipitation concentration under climate change scenarios. *Nat Hazards*, 120, 4775-4788 https://doi.org/10.1007/s11069-024-06403-9

Alijani, D. B. , Doostkamian, M. , Ashrafi, S. and Shakeri, F. (2015). Review the Changes of Spatial Autocorrelation Patterns Within a Decade of Precipitation Over the Last Half-Century in Iran. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 5(14), 71-88. https://doi.org/10.22111/gaij.2015.1914 (in Persian).

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]

Asadi Rahim-Begi, N. , Zarrin, A. , Modfidi, A. and Dadashi-Roudbari, A. (2022). Seasonal Distribution Analysis of Extreme Precipitation in Iran using AgERA5 dataset. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(11), 2723-2737. https://doi.org/10.22059/ijswr.2021.333263.669118 (in Persian)

Gayoor, H. A., Massoudian, S. A., Azadi, M., & Noori, H. (2011). Temporal and spatial analysis of precipitation events in the southern coasts of the Caspian Sea. *Geographical Research journal*, 25(100), 2-20. (in Persian)

Hakimdoust, S.Y., Mohammad Pourzeidi, A., & Gerami, M.S. (2017). showers spatial analysis system in the province mazandaran in geographic information system (gis). *geographical data*, 26(102), 191-203. (in Persian).

Jahangir-Asl, S., Abtahi, V., Ghorbani, M. A., Tadini, M., & Valaei, A. (2015). Temporal and Spatial Distribution of Rainfall in Tabriz County Using Hierarchical Cluster Analysis. *Geographical Space*, 15(50), 59-81. (in Persian)

Mirzaei, N., Hossein-Qolizadeh, M., & Darand, M. (2017). *Analysis of the relationship between relative vorticity and precipitation over Iran*. Master's thesis, University of Kurdistan, Faculty of Natural Resources. (in Persian)

Mirzayi Hasanlo, A. , Abghari, H. & Erfanian, M. (2020). Spatial Distribution of Daily and Monthly Rainfall Concentration Indicators in Rain Gauge Stations of West Azerbaijan Province. *Extension and Development of Watershed Managemen*t, 8(30), 44-56. (in Persian)

mohamadei, B. and masodeian, A. (2010). Dr. B. Mohammadi Dr. S. A. Massodiyan Department of Geography Department of Geography Kordestan University Isfahan University Synoptic Analysis of Heavy Precipitation Events in Iran. *Geography and Development*, 8(19), 47-70. https://doi.org/10.22111/gdij.2010.1108 (in Persian)

Roshani, H., Mostafazadeh, R., Esmali-Ouri, A., Zabihi, M. (2021). Spatiotemporal variation of precipitation using PCI and SI indices in Golestan province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7 (4),187-204. (in Persian)

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2025-04-30]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.4.5]