



University of Tehran Press

Environmental

Hazards

Management

Home Page: <https://jhsci.ut.ac.ir>



Iranian Hazardology Association
Online ISSN: 2383-0530

Hydrological drought monitoring in the shoor river catchment area using the streamflow drought index (SDI)

Asma Asgharipour Dasht Bozorg¹ | Jafar Morshedi^{2*} | Reza Borna³ | Jebraeil Ghorbanian⁴ | Manochehr Javanmardi⁵

1. Ph.D Student of Climatology, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: asgharipourdb@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Urban Planning, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. E-mail: jafarmorshedi@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: bomareza@iau.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: Ghr1391@gmail.com
5. Assistant Professor, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: m.javanmardi48@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 23 July 2025
Revised: 29 August 2025
Accepted: 01 September 2025
Published: 22 September 2025

Keywords:
Monitoring,
Hydrological drought,
Shoor river catchment area,
Mann-kendall Test,
Index SDI.

ABSTRACT

Objective: Hydrological drought is a part of the natural flow regime, but severe and prolonged events can lead to reduced river flows, limiting human uses and diminishing environmental flow availability. the aim of this study is to assess hydrological drought in the shoor river catchment area using the streamflow drought index (SDI).

Method: In this study, the status of hydrological drought in the shoor river catchment area was assessed using the streamflow drought index (SDI) on monthly and annual scales during the statistical period 1983–2023. for this purpose, annual precipitation data from the Masjedsoleyman synoptic station and annual discharge data from the dasht bozorg hydrometric station in the shoor river catchment area were used. the Mann–Kendall test was also used to determine the trend of discharge variations.

Results: The results of the streamflow trend analysis using the Mann–Kendall test indicated a decreasing trend in basin discharge at a 95% confidence level. the results of the streamflow drought index (SDI) indicate that during the early years of the statistical study period (1983–1999), the dasht bozorg hydrometric station generally experienced either no drought or intermittent mild droughts, and from the year 2000 to the end of the statistical period, the severity of droughts has increased. in general, the final years of the study period were associated with more severe drought conditions.

Conclusions: The results indicate that severe and extreme droughts did not occur at this station during the study period, and in most cases mild drought or no drought conditions prevailed.

Cite this article: Asgharipour Dasht Bozorg, A.; Morshedi, J.; Borna, R.; Ghorbanian, J. & Javanmardi, M. (2025). Hydrological drought monitoring in the shoor river catchment area using the streamflow drought index (SDI). *Environmental Hazards Management*, 12 (2), 95-115. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.399292.888>



© The Author(s). **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.399292.888>

Introduction

Drought is a natural disaster and a periodic climatic anomaly that occurs due to an imbalance in the components of the water balance over a long period, resulting in widespread impacts [1]. the occurrence of various types of drought, influenced by climate change and human activities, poses serious challenges to the management of available water resources [2]. hydrological drought is a phenomenon that negatively affects water resources essential for human societies, agricultural

systems, and ecosystem sustainability. although there is no universal consensus on the definition of drought, hydrological drought is generally referred to as below-normal water availability [3]. hydrological drought occurs with a lag compared to meteorological and agricultural droughts because it takes a longer time for the reduction in precipitation to manifest in components of the hydrological system, such as river flow, soil moisture depletion, or water levels in lakes and reservoirs [4]. therefore, the impact of hydrological drought on different economic and social sectors is completely distinct from one another [5]. given the rise in temperature, decreased precipitation, and climate change, the intensification of drought and the decline of surface and groundwater resources in the shoor river catchment area require thorough study and effective management. assessing streamflow drought in the studied watershed can be utilized to define water resource management goals. therefore, the aim of the present study is to monitor hydrological drought in the shoor river catchment area using the streamflow drought index (SDI).

Method

In this study, in order to investigate the hydrological drought status of the study basin, monthly precipitation and discharge data were required. accordingly, precipitation data on a monthly scale for the synoptic station of masjedsoleyman were obtained from the statistical request website of the iran meteorological organization, and daily discharge data were collected through the basic data provision portal of the iran water resources management company (TEMAB) for the common statistical period of 1983 to 2023. then, the monthly average discharge for the hydrometric station, similar to the meteorological precipitation data, was calculated based on the gregorian months. in this study, after collecting the annual precipitation data of the masjedsoleyman synoptic station and the annual discharge data of the dasht bozorg hydrometric station for the period 1985–2023, and following the removal of outliers, quality control, correction and reconstruction of the data, as well as conducting statistical tests on them, the trend of annual precipitation and discharge variations in the study basin was examined. subsequently, the hydrological drought status of the shoor river basin was assessed using the streamflow drought index (SDI), calculated with the aid of the SDI_INDEX-calculator add-in in the excel environment. for the purpose of examining the discharge trend and calculating the SDI index, data from the dasht bozorg hydrometric station during the statistical period 1983–2023 were used. the daily discharge data of the dasht bozorg hydrometric station, located in the masjedsoleyman hydrologic unit, were obtained from the iran water resources management company, and their accuracy and quality were verified. in this study, the non-parametric mann–kendall test was employed to evaluate discharge variations across the basin using the XLSTAT macro add-in for excel. the results of the non-parametric mann–kendall test indicate the hydrological trend of the basin over the statistical period. using the SDI index, the quantity of surface water resources in the region can be evaluated, and potential riverine droughts can be predicted.

Results

The results of the mann-kendall test showed that the most significant downward trends in monthly discharge at the study station occurred in august and September. moreover, the summer, spring, and autumn seasons were identified as the most critical periods in terms of river flow reduction in the hydrological basin of masjedsoleyman. the annual discharge trend over the 40 year statistical period also demonstrated a significant decreasing trend at the 95% confidence level. according to the obtained results, the streamflow drought index (SDI) values indicate that the hydrological conditions of the masjedsoleyman basin experienced mild drought in all months, and in some months, conditions ranged between moderate drought and no drought. overall, the dasht bozorg hydrometric station did not experience severe or extreme drought events during the 40 year study period. from the beginning of the statistical period (1983) up to 1999, the station generally experienced either no drought or intermittent mild droughts. however, from the year 2000 until the end of the study period, the intensity of droughts has increased.

Conclusions

Given the critical importance of water resources in the country, examining hydrogeological droughts is essential for proposing appropriate strategies for the protection and effective management of these

vital water resources. moreover, changes in hydrological parameters of watersheds are influenced by climatic factors and human activities, which can be assessed using various drought indices. considering that the decrease in precipitation in recent years has affected limited water resources, examining the characteristics of drought from a hydrological perspective can play a significant role in high level decision-making for water resource management. therefore, it is recommended that in order to overcome and mitigate the drought crisis in the masjedsoleyman hydrological basin (shoor river catchment area or dasht bozorg basin) in the coming years, measures such as promoting a culture of optimal water use, establishing early warning systems, implementing effective risk management, and carefully planning water resources particularly through storing water in wet years be adopted. these actions can help prevent abnormal and sudden droughts and minimize potential damages.

Ethical Considerations

Compliance with research ethics principles

The authors have followed ethical principles in the conduct and publication of this scientific research, and this has been confirmed by all of them.

Author Contributions

First Author (Student): Contributed to the research design, drafting the manuscript, data collection, analysis, interpretation of information and results, and revision and editing.

Second Author (first thesis supervisor): Contributed to the research design, supervised the study, and reviewed and revised the article.

Third Author (second thesis supervisor): Contributed to the research design, supervised the study, and reviewed and revised the article.

Fourth Author (first thesis advisor): Contributed to the research design, supervised the study, and reviewed and revised the article.

Fifth Author (second thesis advisor): Contributed to the research design, supervised the study, and reviewed and revised the article.

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflicts of interest.

Funding

This research did not receive financial support from any organization.

Plagiarism

Plagiarism of the article “hydrological drought monitoring in the shoor river catchment area using the streamflow drought index (SDI)”, which was obtained from the irandoc system, has been submitted to the journal of environmental hazard management.

Acknowledgements

This article is derived from the Ph.D dissertation in Climatology at islamic azad university ahvaz branch entitled “Investigating the effectiveness and exploitation of saline water resources of khuzestan province under the conditions of climate change and drought (Case Study: Shoor river catchment area)”. the authors hereby express their gratitude to the esteemed reviewers for their valuable scientific and structural comments.

References

- Amini, H., Esmali-Ouri, A., Mostafazadeh, R., Sharari, M., & Zabihi, M. (2019). Hydrological drought response of regulated river flow under the influence of dam reservoir in Ardabil Province. *Earth and Space Physics*, 45(2):473-486. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.272671.1007078> (In Persian)
- Faraji Amoqein, A., Kanooni, A., & Hasanpour Kashani, M. (2024). Investigating meteorological and hydrological drought characteristics and their propagation relationship under the influence of human activities in Ardabil plain. *Journal of Water and Irrigation Management*. <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371936.1141> (In Persian)
- Ma, M., Ren, L., Singh, V. P., Yuan, F., Chen, L., Yang, X., & Liu, Y. (2016). Hydrologic model-based Palmer indices for drought characterization in the Yellow River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk*

- Assessment*, 30(5):1401–1420. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1136-z>
- Moghimipour, Ebrahim, (2021) *River Ecogeomorphology and their flows*, University of Tehran press, ISBN 978-964-03-0119-7.
- Khorooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., & Raoof, M. (2017). Spatiotemporal assessment of the hydrologic river health index variations in Ardabil Province Watersheds. *Journal of Ecohydrology*, 4(2):379-393. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.61475> (In Persian)
- Wang, M., Jiang, Sh., Ren, L., Xu, Ch., Menzel, L., Yuan, F., Xu, Q., Liu, Y., & Yang, X. (2021). Separating the effects of climate change and human activities on drought propagation via a natural and human-impacted catchment comparison method. *Journal of Hydrology*, 603, Part A, 126913. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126913>



شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۴۱۶۸

مدیریت مخاطرات محیطی

سایت نشریه: <https://jhsci.ut.ac.ir>



انتشارات دانشگاه تهران

پایش خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI)

اسماء اصغری پور دشت بزرگ^۱ | جعفر مرشدی^{۲*} | رضا برنا^۳ | جبرائیل قربانیان^۴ | منوچهر جوانمردی^۵

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: asgharipourdb@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه شهرسازی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: jafarmorshedi@gmail.com

۳. دانشیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: bornareza@iaui.ac.ir

۴. استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: Ghr1391@gmail.com

۵. استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: m.javanmardi48@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

کلیدواژه:

آزمون من-کندال،

پایش،

حوضه آبریز رودخانه شور،

خشکسالی هیدرولوژیک،

شاخص SDI.

خشکسالی هیدرولوژیک بخشی از رژیم طبیعی جریان است، اما وقایع شدید و طولانی مدت سبب کاهش جریان آب رودخانه‌ها و محدودیت استفاده‌های انسانی و کاهش جریان محیط زیستی از جریان آب خواهد شد. هدف این تحقیق پایش خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) است. در این پژوهش وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) در مقیاس ماهانه و سالانه طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۸۳ محاسبه شد. برای این کار از آمار داده‌های بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان و دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در حوضه آبریز رودخانه شور استفاده شد. برای تعیین روند تغییرات دبی از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج روند تغییرات دبی سطح حوضه با آزمون من-کندال، نشان‌دهنده کاهش روند دبی سطح حوضه در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد بوده است. همچنین نتایج شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) نشان می‌دهد که در سال‌های ابتدایی دوره آماری تحقیق از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۹ به‌طور معمول ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ فاقد خشکسالی بوده یا خشکسالی‌های متناوب ملایم داشته و از سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره آماری شدت خشکسالی افزایش یافته است. به‌طور کلی سال‌های پایانی دوره با خشکسالی بیشتری همراه است. نتایج بیانگر آن است که در این ایستگاه خشکسالی شدید و بسیار شدید طی دوره آماری بررسی‌شده رخ نداده و در اغلب موارد خشکسالی ملایم و فاقد خشکسالی است.

استناد: اصغری پور دشت بزرگ، اسماء؛ مرشدی، جعفر؛ برنا، رضا؛ قربانیان، جبرائیل و جوانمردی، منوچهر (۱۴۰۴). پایش خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI). مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۲ (۲)، ۹۵-۱۱۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.399292.888>

© نویسندگان ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.399292.888>



مقدمه

خشکسالی^۱، مخاطره‌ای طبیعی و نوعی ناهنجاری اقلیمی دوره‌ای است که در اثر به هم خوردن اجزای بیلان آب در یک دوره زمانی طولانی مدت و با اثرهای گسترده به وقوع می‌پیوندد (Wang et al., 2021). وقوع انواع خشکسالی متأثر از تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی، مدیریت منابع آب موجود را با مشکل مواجه می‌کند (فرجی عموقین و همکاران، ۲۰۲۴). خشکسالی هیدرولوژیکی^۲ پدیده‌ای است که اثرهای منفی بر منابع آب مورد نیاز جامعه بشری، سامانه‌های کشاورزی و پایداری زیست‌بوم دارد. توافق عمومی روی مفهوم خشکسالی وجود ندارد، اما خشکسالی هیدرولوژیکی به آب قابل دسترس کمتر از نرمال اطلاق می‌شود (Ma et al., 2016). خشکسالی هیدرولوژیکی با تأخیر نسبت به خشکسالی‌های اقلیمی و کشاورزی رخ می‌دهد، زیرا زمان طولانی‌تری نیاز است تا این کاهش بارش خود را در اجزای سیستم هیدرولوژیکی از قبیل جریان آب رودخانه‌ها، کاهش رطوبت خاک یا سطح آب دریاچه‌ها و مخازن نشان دهد (امینی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین تأثیر خشکسالی هیدرولوژیکی در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی کاملاً متمایز از یکدیگر است (خروشی عیسی‌لو و همکاران، ۱۳۹۶).

شاخص‌های خشکسالی معیاری برای تحلیل کمیت، شدت و شروع دوره‌های خشکسالی فراهم می‌کنند، از این‌رو پرکاربردترین روش برای پایش وضعیت خشکسالی محسوب می‌شوند (Tabari et al., 2013). نالباتیس و ساکاریس (۲۰۰۹)، شاخص خشکسالی جریان سطحی^۳ (SDI) را به‌منظور پایش زمان و شدت خشکسالی هیدرولوژیکی بر مبنای داده‌های حجم تجمعی جریان سطحی، پیشنهاد کردند. محاسبه SDI مشابه با شاخص بارش استاندارد شده^۴ (SPI) است (Mishra et al., 2005).

پژوهش‌های گوناگونی در داخل و خارج درباره کاربرد شاخص‌های خشکسالی انجام گرفته است. مصباح‌زاده و سلیمانی ساردو (۲۰۱۸)، روند زمانی خشکسالی هیدرولوژیک و هواشناسی را با استفاده از SPI و شاخص جریان‌های رودخانه‌ای SDI در حوضه کرخه بررسی کردند و نتیجه گرفتند که زمان وقوع خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی ۹۹ درصد معنی‌دار و در دامنه ۴۸ ماهه حداکثر است. خشکسالی در منطقه، اثر خود را با تأخیر ۱ تا ۲ ماه بر آب سطحی نشان داد. در تحقیق دیگری با ارزیابی وقوع خشکسالی جریان در حوضه رودخانه نام‌فونگ در شمال شرقی تایلند، شرایط وقوع آن در تحت سناریوهای اقلیمی در آینده پیش‌بینی شد. براساس شاخص شش‌ماهه، احتمال وقوع خشکسالی‌ها در آینده نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۳۱) با فراوانی تجمعی ۹۷/۵ درصد خواهد بود (Pandhumas et al., 2020). حسن و همکاران (۲۰۲۱) با تبیین الگوی مکانی شاخص SDI در مقیاس‌های زمانی مختلف در شبه‌جزیره مالزی نتیجه گرفتند که خشکسالی‌های کوتاه‌مدت در بیشتر مناطق اتفاق افتاده است که با شدت به‌نسبت زیاد در شمال شرق و جنوب شرق شبه‌جزیره مالزی مشاهده شد. در پژوهشی با استفاده از شاخص SDI در منطقه نلیحان^۵ نتیجه گرفتند که خشکسالی‌های خفیف در سال‌های گذشته وقوع بیشتری داشته‌اند، اما تعداد خشکسالی‌های متوسط و شدید به‌تدریج افزایش یافته است (Erogluer & Apaydin, 2022). پژوهشگران در حوضه سوان در پاکستان از شاخص SPI و SDI برای تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی و از تحلیل رگرسیون، تحلیل روند با استفاده از آزمون من-کندال و میانگین متحرک برای بررسی ارتباط بین انواع خشکسالی استفاده کردند؛ آنها به این نتیجه دست یافتند که ارتباطی قوی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی وجود دارد که در مقیاس زمانی و مکانی متفاوت است (Sarwar et al., 2022). در پژوهش دیگری از شاخص‌های SPEI، RDI و SDI برای پایش خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در منطقه دلتای مکنون ویتنام با استفاده از نرم‌افزار DrinC استفاده شد. نتایج نشان داد که این شاخص‌ها می‌توانند به درک تفاوت بین خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی منطقه‌ای کمک کنند و برای پیش‌بینی میان‌مدت و بلندمدت خشکسالی و برنامه‌ریزی مدیران کاربرد دارند (Minh et al., 2024). طبری و همکاران (۱۳۹۲) خشکسالی هیدرولوژیکی را با استفاده از شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی SDI در شمال غرب ایران ارزیابی کردند و دریافتند که بیشتر ایستگاه‌ها از خشکسالی شدید رنج می‌برند. سهیلی و همکاران (۱۳۹۶) از شاخص‌های خشکسالی SDI و SPI و همچنین آزمون ناپارامتری من-کندال اصلاح‌شده برای بررسی و

1. Drought

2. Hydrological drought

3. Streamflow Drought Index

4. Standardized Precipitation Index

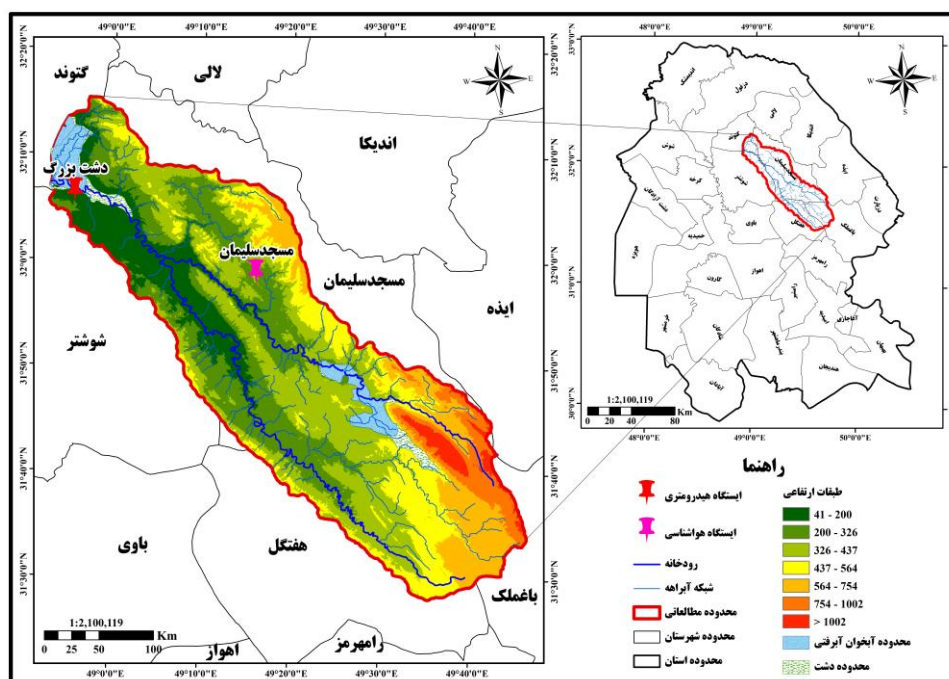
5. Nallihan

تحلیل روند استفاده کردند و نتیجه گرفتند که هر دو خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی روند افزایشی داشته‌اند. حیدری مطلق و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی روند خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص SDI در حوضه آبریز رودخانه الشتر پرداختند. نتایج نشان داد که شدت خشکسالی رخ داده در طول ۲۱ سال آبی در چهار رده فاقد خشکسالی، ملایم، متوسط و شدید قرار داشته و همچنین بیشتر خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در طول دوره تحت بررسی با شدت ملایم به وقوع پیوسته است. مقایسه شاخص SDI با دوره‌های ۳، ۶ و ۹ ماهه و سالانه، شدت‌های خشکسالی متفاوتی نشان دادند؛ به‌طوری که SDI ۹ ماهه خشکسالی رخ داده بیشتری را نسبت به بقیه دوره‌ها نشان می‌دهد. از این رو ۱۳ سال از دوره ۲۱ ساله، رودخانه با خشکسالی مواجه بوده است. جهانگیر و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی وضعیت خشکسالی استان کرمانشاه با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه (SDI) پرداختند. نتیجه شاخص جریان رودخانه‌ای (SDI) نشان داد که در ایستگاه‌های توتشامی، شاه‌گذر، آران غرب، دوآب، پل چهر، خرس‌آباد، دوآب مرک و قورباغستان، ترسالی از سال ۱۳۶۳ شروع شده و تا سال ۱۳۷۷ ادامه داشته است و شروع خشکسالی در ایستگاه‌های توتشامی، آران غرب، پلچهر، خرس‌آباد، دوآب مرک و قورباغستان از سال ۱۳۷۷ بوده که تا سال‌های اخیر (۱۳۹۰) ادامه داشته است. پرچی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی تغییرات مکانی خشکسالی هیدرولوژیک جریان در مقیاس‌های مختلف زمانی در رودخانه‌های استان اردبیل پرداختند. مقادیر SDI یک‌ماهه نشان داد که خشکسالی در رودخانه‌های کم‌آب بیشتر اتفاق افتاده است؛ درحالی که بیشتر ایستگاه‌های پرآب و کم‌آب، دوره‌های ترسالی شدید داشته‌اند. مقادیر SDI سالانه در بیشتر ایستگاه‌ها در دامنه $-1 \leq SDI \leq 5$ قرار داشته که بیانگر وقوع خشکسالی ملایم است. تغییرات مکانی مقادیر SDI نشان داد که تغییرات مکانی در مقیاس یک‌ماهه کاملاً متفاوت با مقیاس سالانه است. صلاحی و وطن‌پرست قلعه‌جوق (۱۴۰۳) به بررسی پایش خشکسالی کشاورزی در حوضه آبریز رودخانه ارس با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی پرداختند. نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص هواشناسی و شاخص‌های ماهواره‌ای نشان داد که شاخص SPI بیشترین همبستگی را با شاخص VCI دارد. این شاخص بر مبنای معیارهای صحت‌سنجی هم دقت زیادی نسبت به شاخص‌های دیگر داشت که نشان‌دهنده توانایی آن در پایش خشکسالی کشاورزی است. احراری و رجا (۱۴۰۴) به بررسی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در دشت مهاباد پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص ۱۲ ماهه در پایش دوره‌های خشکسالی و ترسالی مناسب‌ترین مقیاس برای همه شاخص‌های خشکسالی است. بررسی‌ها نشان داد که شاخص RDI روند مشابهی مانند شاخص SPEI دارد. تغییرات شاخص SDI در طول دوره آماری نیز روند مشابهی با شاخص SPEI نشان داد. با توجه به آسیب‌های ناشی از رخداد خشکسالی و با عنایت به پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه، هنوز تحقیقات بیشتر در زمینه خشکسالی در مناطق مختلف کشور ضرورت دارد. با توجه به افزایش دما، کاهش بارش و نیز تغییرات اقلیمی، تشدید خشکسالی و افت آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه شور نیازمند پژوهش و مدیریت است. ارزیابی خشکسالی جریان در حوضه آبریز مطالعاتی می‌تواند در تعیین اهداف مدیریت منابع آب استفاده شود. بنابراین، هدف پژوهش حاضر پایش خشکسالی هیدرولوژیک حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری

واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) در قسمت مرکزی استان خوزستان و جنوب حوضه آبریز کارون در محدوده طول جغرافیایی $49^{\circ}00'$ تا $49^{\circ}48'$ شرقی و عرض جغرافیایی $31^{\circ}28'$ تا $32^{\circ}10'$ شمالی واقع شده است. وسعت این حوضه $2762/2$ کیلومتر مربع است که $4/11$ درصد از وسعت حوضه آبریز کارون بزرگ و $4/37$ درصد از وسعت استان خوزستان را در بر می‌گیرد. برای بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه آبریز رودخانه شور از داده‌های بارندگی ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان و داده‌های دبی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ با طول دوره آماری مشترک ۲۰۲۳-۱۹۸۳ استفاده شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مطالعاتی واقع در حوضه آبریز رودخانه شور را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مطالعاتی واقع در حوضه آبریز رودخانه شور

روش پژوهش

در این تحقیق به منظور بررسی وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک حوضه آبریز مدنظر، به داده‌های ماهانه بارش و دبی نیاز است. بدین منظور از آمار ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان و ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ حوضه استفاده شد. داده بارش در مقیاس زمانی ماهانه برای ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی از سایت درخواست آمار مربوط به سازمان هواشناسی کل کشور^۱ و داده‌های دبی در مقیاس روزانه از طریق پورتال ارائه آمار پایه مربوط به شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب^۲) طی سال‌های آماری مشترک (۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳) تهیه شد. آن‌گاه میانگین ماهانه دبی برای ایستگاه هیدرومتری همانند داده‌های هواشناسی بارش براساس ماه‌های میلادی به دست آمد. در این پژوهش بعد از جمع‌آوری داده‌های بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان و دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۲۳ و پس از حذف داده‌های پرت، کنترل کیفی، اصلاح و بازسازی داده‌ها و اجرای آزمون‌های آماری روی داده‌ها، روند تغییرات بارش و دبی سالانه حوضه یادشده بررسی شد. سپس وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) و به کمک افزونه SDI_INDEX-calculator در محیط اکسل محاسبه شد. به منظور بررسی روند دبی و محاسبه شاخص SDI از آمار ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ استفاده شد. داده‌های دبی روزانه برای ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ واقع در واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان، از شرکت مدیریت منابع آب ایران تهیه شد و صحت‌سنجی و کنترل کیفیت داده‌ها صورت گرفت. در این پژوهش از آزمون ناپارامتری من-کندال برای ارزیابی تغییرات دبی سطح حوضه به کمک افزونه ماکرواکسل XLSTAT استفاده شد. نتایج آزمون ناپارامتری من-کندال نشان‌دهنده روند هیدرولوژیکی حوضه در طی دوره آماری است. به کمک شاخص SDI می‌توان کمیت منابع آب‌های سطحی در منطقه را ارزیابی و خشکسالی‌های احتمالی رودخانه را پیش‌بینی کرد. در ادامه به معرفی شاخص‌های مدنظر پرداخته شده است.

1. <https://Data.irimo.ir>

2. https://stu.wrm.ir/tbl_amarrequests_add.asp

آزمون ناپارامتری من-کندال

روش من-کندال توسط سازمان جهانی هواشناسی برای بررسی تصادفی بودن و روند سری زمانی داده‌های محیطی توسط یو و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۲ پیشنهاد شده است. از این روش به‌طور گسترده برای تشخیص روند داده‌های ناپارامتریک استفاده می‌شود (Guhathakurta et al., 2010). روش من-کندال ابتدا توسط من^۲ (۱۹۴۵) ارائه شد و سپس توسط کندال^۳ (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. این آزمون بر دو فرض صفر و یک استوار است (H_0 : داده‌ها دارای روند نیستند. H_1 : داده‌ها دارای روند هستند). فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و نبود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. آماره S آزمون من-کندال نشان‌دهنده اختلاف بین هر یک از مشاهدات با همه مشاهدات پس از آن براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود. محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به‌شرح زیر است:

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

که n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به‌ترتیب داده‌های زام و k ام سری هستند. تابع علامت sgn نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۲}$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S توسط رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{رابطه ۳}$$

که n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آنها دست‌کم یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) است. درنهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود.

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

در یک آزمون دودامنه‌ای برای روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad \text{رابطه ۵}$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α است که با توجه به دودامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده شده است. اگر آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (Araghinejad, 2013).

خشکسالی هیدرولوژیک (خشکسالی جریان رودخانه‌ای SDI)

شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) توسط نالبانتیس در سال ۲۰۰۸ ارائه شد و سپس در سال ۲۰۰۹ توسط نالبانتیس و ساکاریس برای مشخص کردن خشکسالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد. شاخص SDI با استفاده از داده‌های دبی رودخانه طبق رابطه ۶ تعریف می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۹۸):

$$SDI = V_{j,K} - V_K / S_K \quad i=1,2, \quad K=1,2,3,4 \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن $V_{j,K}$ با استفاده از رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

$$V_{j,k} = \int_{i=1}^{3k} Q_{i,j} \quad j=1,2, \quad 12 \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن، i سال هیدرولوژیکی، j ماه (برای ماه مهر $j=1$ و برای ماه شهریور $j=12$)، k دوره زمانی، Q مقادیر حجمی جریان سطحی ماهانه، V مقادیر حجمی جریان تجمعی و پارامترهای V_k و S_k به ترتیب میانگین و انحراف معیار سری داده‌های تجمعی دبی هستند. در جدول ۱ طبقه‌بندی حالت‌های خشکسالی هیدرولوژیک با شاخص SDI ارائه شده است که مبنای طبقه‌بندی و تعیین شدت خشکسالی در این تحقیق است.

جدول ۱. طبقه‌بندی حالت‌های خشکسالی هیدرولوژیک با شاخص SDI (Nalbantis & Tsakiris, 2009)

مقیاس شاخص SDI	طبقات شدت خشکسالی	ردیف
$0 \leq \text{SDI}$	فاقد خشکسالی	۱
$-1 \leq \text{SDI} < 0$	خشکسالی ملایم	۲
$-1.5 \leq \text{SDI} < -1$	خشکسالی متوسط	۳
$-2 \leq \text{SDI} < -1.5$	خشکسالی شدید	۴
$\text{SDI} < -2$	خشکسالی بسیار شدید	۵

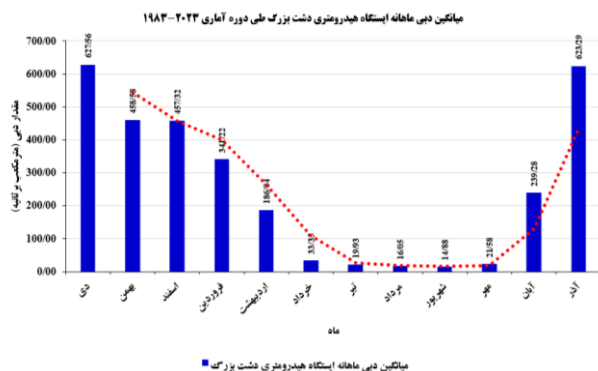
یافته‌های پژوهش

آبدهی واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ)

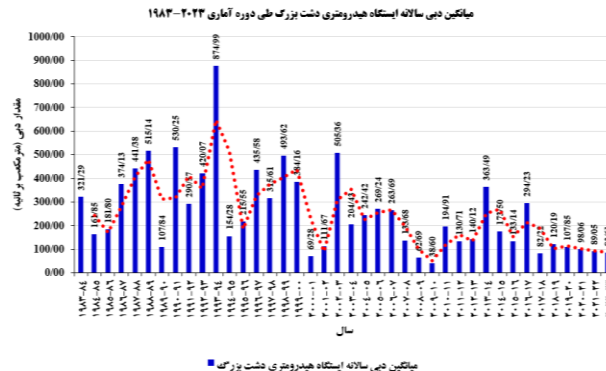
در این پژوهش ابتدا با استفاده از داده‌های ماهانه و سالانه دبی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳، میانگین و انحراف معیار ماهانه و سالانه دبی محاسبه شد. جدول ۲ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهد. در شکل ۲ نمودار میانگین دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ را طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ نشان می‌دهد. طبق جدول ۲ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ میانگین دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ ۲۵۳/۲۶ متر مکعب بر ثانیه و انحراف معیار سالانه این ایستگاه ۱۷۵/۷ است. براساس شکل ۲ در طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳، بیشترین دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در سال ۱۹۹۳-۹۴ (۸۷۴/۹۹ متر مکعب بر ثانیه) و کمترین دبی سالانه این ایستگاه در سال ۲۰۰۹-۱۰ (۳۸/۶۰ متر مکعب بر ثانیه) بوده است. براساس جدول ۲ اوج دبی در ماه‌های دی (۶۲۷/۵۶ متر مکعب بر ثانیه)، آذر (۶۲۳/۲۹ متر مکعب بر ثانیه)، بهمن (۴۵۸/۵۸ متر مکعب بر ثانیه) و اسفند (۴۵۷/۳۲ متر مکعب بر ثانیه) رخ داده و حداقل شدت دبی در ماه‌های دی و آذر است. بعد از این ماه‌ها دبی کاهش می‌یابد. حداقل دبی در ماه‌های شهریور (۱۴/۸۸ متر مکعب بر ثانیه)، مرداد (۱۶/۰۵ متر مکعب بر ثانیه)، تیر (۱۹/۹۳ متر مکعب بر ثانیه)، مهر (۲۱/۵۸ متر مکعب بر ثانیه) و خرداد (۳۳/۳۵ متر مکعب بر ثانیه) رخ می‌دهد. در شکل ۳ نمودار میانگین دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ ترسیم شده است. براساس این نمودار بیشترین دبی در دی‌ماه و کمترین دبی در شهریورماه است.

جدول ۲. دبی ماهانه و سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

سال آبی ۱۹۸۳-۲۰۲۳	میانگین سالانه	ماه	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
میانگین	۲۵۳/۳	خرداد	۳۳/۴	۱۸۶	۳۴۱/۲	۴۵۷/۳	۴۵۸/۶	۶۲۷/۶
		آذر	۶۲۳/۳	۲۳۹/۳	۲۱/۶	۱۴/۹	۱۶/۱	۱۹/۹
		خرداد	۳۶/۸	۳۵۱/۸	۳۷۰/۲	۴۸۲/۹	۴۵۷/۴	۶۴۷/۱
انحراف معیار	۱۷۵/۷	خرداد	۶۶۰/۳	۳۴۴/۴	۳۵/۳	۸/۱	۱۰/۲	۱۴
		آذر	۳۴۴/۴	۳۴۴/۴	۳۵/۳	۸/۱	۱۰/۲	۱۴
		خرداد	۳۶/۸	۳۵۱/۸	۳۷۰/۲	۴۸۲/۹	۴۵۷/۴	۶۴۷/۱



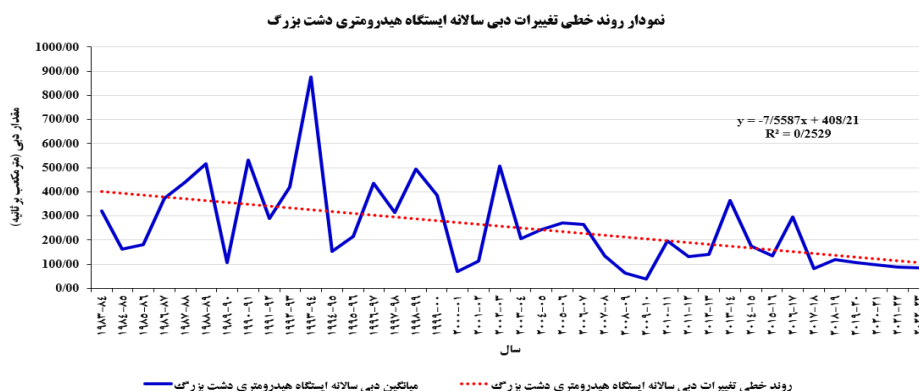
شکل ۳. نمودار میانگین دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳



شکل ۲. نمودار میانگین دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

تحلیل روند دبی واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ)

برای بررسی روند تغییرات دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۸۳-۲۰۲۳) نمودار روند خطی سالانه ترسیم شد. به طور کلی نتایج بررسی روند دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۸۳-۲۰۲۳) نشان دهنده روند خطی نزولی دبی در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در دوره زمانی مدنظر است. در این حالت شیب خط روند منفی است که نتایج در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴. نمودار روند خطی تغییرات دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

در جدول‌های ۳ و ۴ نتایج بررسی روند جریان دبی رودخانه‌های حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) با استفاده از مقدار Z آزمون من-کندال نشان داده شده است. سری‌ها شامل دوازده سری ماهانه، چهار سری فصلی و یک سری سالانه است. برای ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ که دارای آمار دبی رودخانه به مدت ۴۰ سال بود، پس از حذف اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار، روند تغییرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شد. بررسی روند تغییرات آزمون من-کندال نشان می‌دهد که شدیدترین روند تغییرات نزولی ماهانه در ایستگاه تحت بررسی در شهرپور و مرداد است که به ترتیب Z برابر با ۳/۵۵ و ۳/۴۶- است.

جدول ۳. نتایج آزمون من-کندال (Z) برای دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

نام ایستگاه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	سالانه
	-۱/۳۳*	-۱/۹۲*	-۱/۸۵*	-۱/۹۷*	-۲/۱۲*	-۲/۳۰*	
ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ	تیر	مرداد	شهرپور	مهر	آبان	آذر	۳/۵۸*
	-۲/۳۹*	-۳/۴۶*	-۳/۵۵*	-۲/۹۲*	-۲/۲۵*	-۰/۹۲	

* نشان دهنده معنی‌دار بودن آزمون تعیین روند در سطح ۹۵ درصد است.

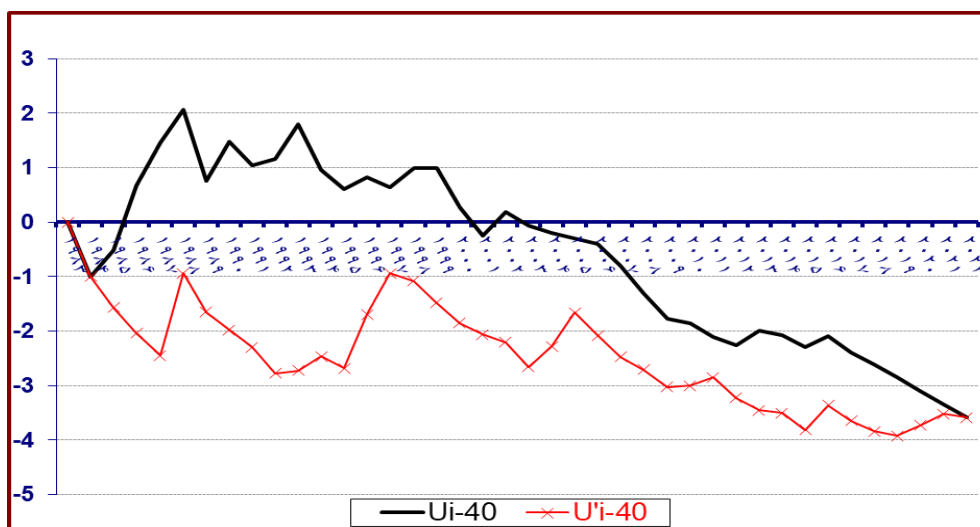
همان گونه که از جدول ۳ استنباط می شود، روند نزولی جریان آب در رودخانه های حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) وجود دارد. براساس آزمون های من-کندال، روند تغییرات در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ دارای تغییرات نزولی معنی داری است. همان طور که از جدول ۴ استنباط می شود تابستان (Z) برابر با $-۳/۶۸$ ، بهار (Z) برابر با $-۳/۰۲$ و پاییز (Z) برابر با $-۲/۰۶$ بحرانی ترین فصل ها از نظر کاهش آب رودخانه های حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان هستند.

جدول ۴. نتایج آزمون من-کندال (Z) برای دبی های فصلی و سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	نام ایستگاه
$-۳/۵۸^*$	$-۲/۰۶^*$	$-۳/۶۸^*$	$-۳/۰۲$	$-۱/۱۸^*$	ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ

* نشان دهنده معنی دار بودن آزمون تعیین روند در سطح ۹۵ درصد است.

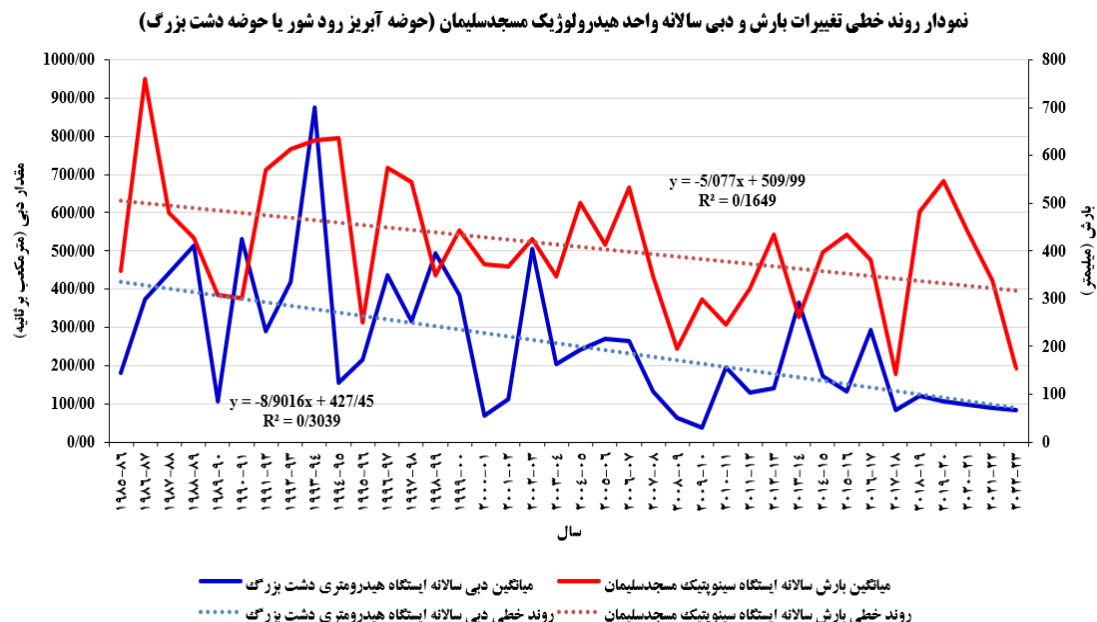
تحلیل روند داده های دبی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ با استفاده از آزمون من-کندال انجام گرفت. در شکل ۵ روند سالانه دبی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۸۳-۲۰۲۳) نشان داده شده است. آماره Z با استفاده از آزمون من-کندال به دست آمده و روی محور عمودی نشان داده شده است. با توجه به شکل ۵، تغییرات میانگین دبی سالانه در ایستگاه یادشده به صورت روند منفی در سال ۲۰۰۱ و کاهشی بوده است. پس سالانه دبی طی یک دوره آماری ۴۰ ساله در سطح معنی داری ۹۵ درصد دارای روندی کاهشی بوده است. نتایج بررسی نمودار تغییرات U_i و U_i' مربوط به دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ نشان می دهد که طی سال های گذشته، دبی دارای تغییر ناگهانی بوده، به طوری که تغییرات دبی در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در بازه سالانه از نوع تغییرات ناگهانی کاهشی است.



شکل ۵. نمودار تعیین نقاط جهش ۴۰ ساله میانگین دبی سالانه به روش رتبه ای من کندال ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

در شکل ۶ نمودارهای مقادیر دبی و بارش سالانه واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) ترسیم شده است. با تحلیل نمودارها می توان پی برد که روند دبی رودخانه نزولی و متأثر از روند نزولی تغییرات بارش است. نمودار به وضوح نشان می دهد که افت و خیز نمودار دبی از بارش متأثر بوده و اثرهای کاهش و افزایش بارش بر دبی رودخانه در مدت زمان کوتاهی نمود یافته است. با بررسی بیشتر شکل ۶ درمی یابیم که تغییرات نزولی بارش با شیب $-۵/۰۷۷$ همراه بوده و با نوسان های موجی بوده است. در ضمن شیب نمودار دبی برابر با $-۸/۹۰۱۶$ است. شدت تغییرات دبی حوضه بیشتر از مقادیر متناظر بارش است. با توجه به اینکه بارش مهم ترین عامل ایجاد جریان های سطحی و دبی رودخانه ها است، شیب روند

نمودارها نشان می‌دهد که تأثیر بارش بر دبی مستقیم و غیرخطی است. این نمودار نشان می‌دهد که در سال ۹۴-۱۹۹۳ بیشترین بارش (۶۳۰/۶) و دبی (۸۷۴/۹۹) در واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) رخ داده است.



شکل ۶. نمودار روند خطی تغییرات بارش و دبی سالانه واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ)

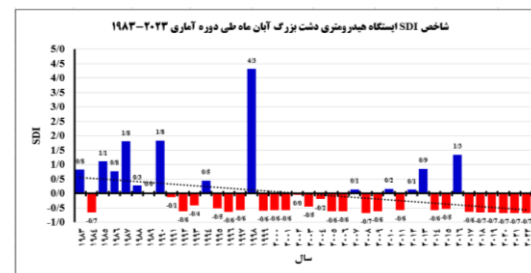
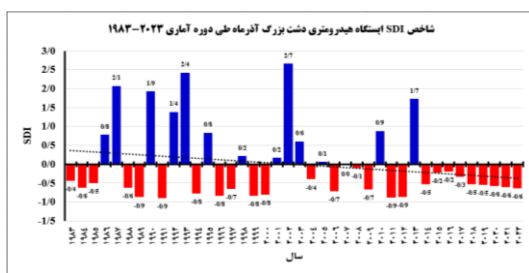
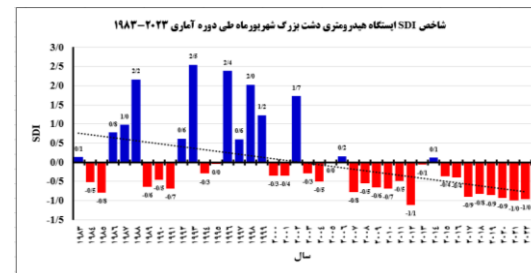
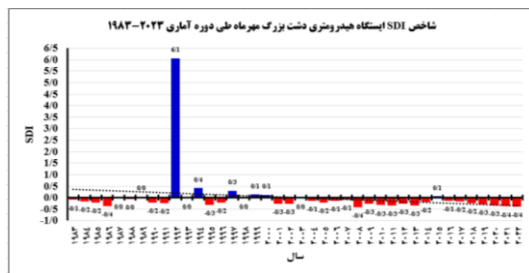
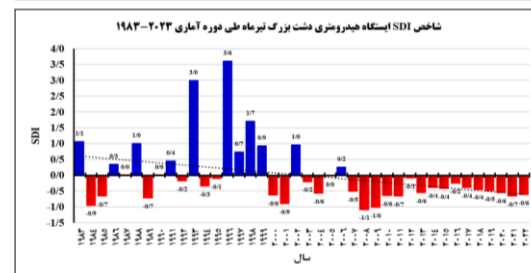
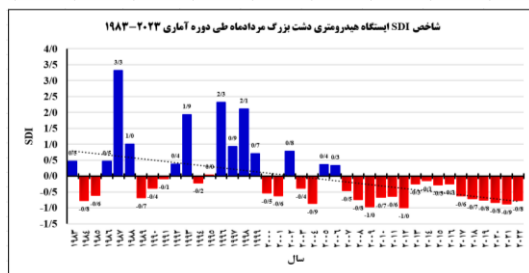
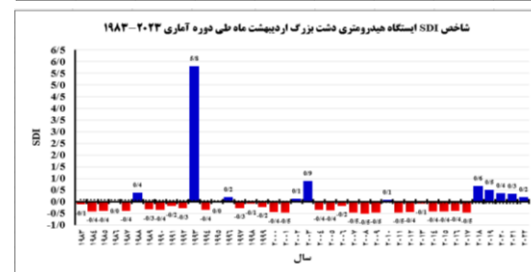
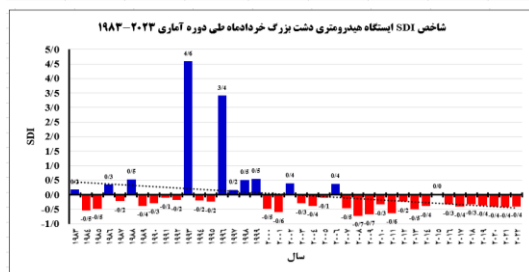
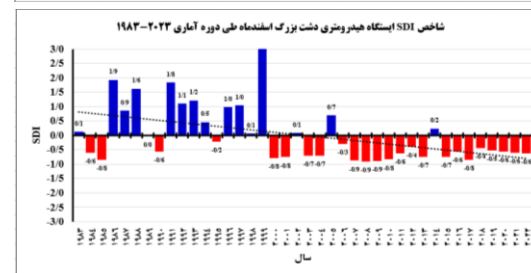
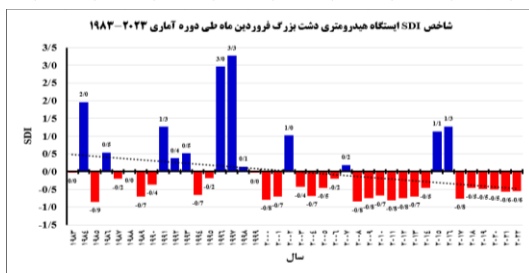
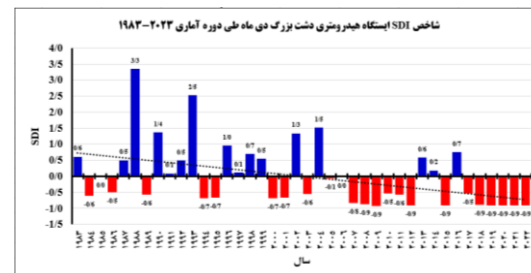
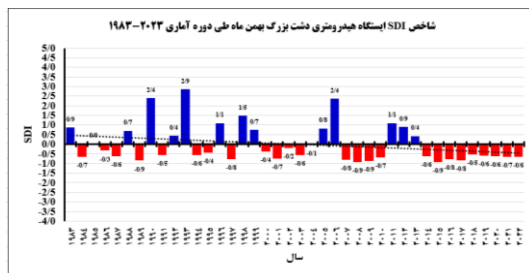
پایش خشکسالی هیدرولوژیک با استفاده از شاخص SDI در مقیاس ماهانه و سالانه

با محاسبه شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ شدت خشکسالی ماهانه تعیین شد. نتایج این شاخص در جدول ۵ ارائه شده است. شرایط حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان در همه ماه‌ها خشکسالی ملایم یا در تعدادی از ماه‌ها در حد خشکسالی متوسط و فاقد خشکسالی بوده است. در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در تیرماه به ترتیب با مقدار متوسط SDI (۱/۰۸-) و (۱/۰۱-) و در سال ۲۰۱۲ در ماه‌های مرداد با مقدار متوسط SDI (۱/۰۰-) و شهریور با مقدار متوسط SDI (۱/۱۱-) و در سال ۲۰۲۱ در شهریورماه با مقدار متوسط SDI (۱/۰۰-) خشکسالی متوسط دیده می‌شود. در سری داده‌های ماهانه شرایط خشکسالی ملایم در ماه‌های مختلف مشاهده می‌شود که تا پایان دوره آماری نیز ادامه دارد. در سری داده‌های ماهانه وضعیت خشکسالی ملایم تا متوسط وجود دارد و ماه‌های دیگر فاقد خشکسالی است. به‌طور کلی نتایج بررسی‌ها نشان داد که بیشتر خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در طول دوره مدنظر با شدت ملایم رخ داده است. در طول دوره آماری ۴۰ ساله خشکسالی شدید و بسیار شدید در حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) به وجود نیامده است.

در شکل ۷ روند تغییرات خشکسالی هیدرولوژیکی ماهانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ براساس شاخص SDI طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج شاخص SDI ماهانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

سال	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	ماه
۱۹۸۳-۱۹۸۴	-۰/۴۴	-۰/۸۳	-۰/۱۰	-۰/۱۴	-۰/۴۶	-۰/۰۶	-۰/۱۸	-۰/۱۲	-۰/۰۳	-۰/۱۲	-۰/۸۶	-۰/۶۱	۱۹۸۳-۱۹۸۴
۱۹۸۴-۱۹۸۵	-۰/۶۳	-۰/۶۵	-۰/۱۷	-۰/۵۲	-۰/۷۸	-۰/۹۵	-۰/۵۴	-۰/۴۲	-۰/۹۶	-۰/۶۱	-۰/۶۶	-۰/۶۱	۱۹۸۴-۱۹۸۵
۱۹۸۵-۱۹۸۶	-۰/۵۱	-۰/۱۲	-۰/۲۰	-۰/۷۹	-۰/۶۱	-۰/۶۶	-۰/۴۸	-۰/۴۰	-۰/۸۵	-۰/۸۵	-۰/۰۲	-۰/۰۱	۱۹۸۵-۱۹۸۶
۱۹۸۶-۱۹۸۷	-۰/۷۸	-۰/۷۸	-۰/۳۷	-۰/۷۸	-۰/۴۷	-۰/۳۵	-۰/۳۵	-۰/۰۲	-۰/۵۴	-۰/۹۳	-۰/۳۳	-۰/۵۰	۱۹۸۶-۱۹۸۷
۱۹۸۷-۱۹۸۸	۲/۰۷	-۰/۸۰	-۰/۰۴	-۰/۹۸	۳/۳۲	-۰/۰۰	-۰/۲۲	-۰/۳۹	-۰/۲۰	-۰/۸۶	-۰/۶۳	-۰/۵۰	۱۹۸۷-۱۹۸۸
۱۹۸۸-۱۹۸۹	-۰/۶۲	-۰/۲۷	-۰/۰۵	-۰/۱۶	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۵۳	-۰/۳۸	-۰/۰۰	-۰/۶۲	-۰/۷۰	-۰/۳۵	۱۹۸۸-۱۹۸۹
۱۹۸۹-۱۹۹۰	-۰/۸۷	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۶۴	-۰/۶۹	-۰/۷۲	-۰/۳۸	-۰/۳۳	-۰/۷۱	-۰/۰۲	-۰/۸۵	-۰/۷۵	۱۹۸۹-۱۹۹۰
۱۹۹۰-۱۹۹۱	-۰/۹۳	-۰/۸۳	-۰/۲۰	-۰/۴۶	-۰/۳۹	-۰/۰۱	-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۵۷	-۰/۴۰	-۰/۳۶	۱۹۹۰-۱۹۹۱
۱۹۹۱-۱۹۹۲	-۰/۸۹	-۰/۱۳	-۰/۲۴	-۰/۶۹	-۰/۰۹	-۰/۴۵	-۰/۱۰	-۰/۱۸	-۰/۲۶	-۰/۸۳	-۰/۵۵	-۰/۰۹	۱۹۹۱-۱۹۹۲
۱۹۹۲-۱۹۹۳	-۰/۳۸	-۰/۶۲	-۰/۰۶	-۰/۶۲	-۰/۳۸	-۰/۱۷	-۰/۱۸	-۰/۲۸	-۰/۳۸	-۰/۱۰	-۰/۴۳	-۰/۴۹	۱۹۹۲-۱۹۹۳
۱۹۹۳-۱۹۹۴	۲/۴۲	-۰/۴۰	-۰/۰۲	-۰/۵۵	-۰/۹۴	-۰/۹۸	-۰/۵۹	-۰/۷۹	-۰/۵۱	-۰/۲۱	-۰/۸۶	-۰/۵۲	۱۹۹۳-۱۹۹۴
۱۹۹۴-۱۹۹۵	-۰/۷۷	-۰/۴۶	-۰/۴۲	-۰/۲۹	-۰/۲۱	-۰/۳۴	-۰/۲۰	-۰/۳۶	-۰/۶۵	-۰/۴۶	-۰/۵۵	-۰/۶۷	۱۹۹۴-۱۹۹۵
۱۹۹۵-۱۹۹۶	-۰/۸۳	-۰/۵۰	-۰/۳۱	-۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۱۰	-۰/۲۳	-۰/۰۲	-۰/۱۹	-۰/۲۲	-۰/۴۳	-۰/۶۶	۱۹۹۵-۱۹۹۶
۱۹۹۶-۱۹۹۷	-۰/۸۴	-۰/۶۳	-۰/۲۰	-۰/۳۸	-۰/۳۳	-۰/۶۱	-۰/۴۱	-۰/۱۸	-۰/۹۶	-۰/۹۸	-۰/۰۹	-۰/۹۶	۱۹۹۶-۱۹۹۷
۱۹۹۷-۱۹۹۸	-۰/۶۶	-۰/۵۸	-۰/۳۱	-۰/۶۰	-۰/۹۲	-۰/۷۳	-۰/۱۷	-۰/۲۷	-۰/۲۷	-۰/۰۴	-۰/۷۷	-۰/۱۲	۱۹۹۷-۱۹۹۸
۱۹۹۸-۱۹۹۹	-۰/۲۱	-۰/۳۱	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۱۱	-۰/۷۱	-۰/۵۲	-۰/۰۹	-۰/۱۴	-۰/۰۷	-۰/۴۸	-۰/۶۹	۱۹۹۸-۱۹۹۹
۱۹۹۹-۲۰۰۰	-۰/۸۴	-۰/۵۹	-۰/۱۳	-۰/۲۳	-۰/۷۱	-۰/۹۳	-۰/۵۴	-۰/۲۳	-۰/۰۴	-۰/۴۷	-۰/۷۵	-۰/۵۴	۱۹۹۹-۲۰۰۰
۲۰۰۰-۲۰۰۱	-۰/۸۰	-۰/۵۸	-۰/۱۳	-۰/۳۴	-۰/۵۳	-۰/۶۲	-۰/۴۷	-۰/۴۵	-۰/۷۹	-۰/۷۹	-۰/۴۸	-۰/۶۸	۲۰۰۰-۲۰۰۱
۲۰۰۱-۲۰۰۲	-۰/۱۷	-۰/۵۷	-۰/۲۷	-۰/۳۵	-۰/۶۲	-۰/۹۰	-۰/۶۱	-۰/۴۶	-۰/۷۰	-۰/۷۶	-۰/۷۴	-۰/۶۷	۲۰۰۱-۲۰۰۲
۲۰۰۲-۲۰۰۳	۲/۶۶	-۰/۰۴	-۰/۲۶	-۰/۷۳	-۰/۷۸	-۰/۹۵	-۰/۴۰	-۰/۱۲	-۰/۰۲	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۳۴	۲۰۰۲-۲۰۰۳
۲۰۰۳-۲۰۰۴	-۰/۶۰	-۰/۴۵	-۰/۰۳	-۰/۲۹	-۰/۳۸	-۰/۲۰	-۰/۳۰	-۰/۸۶	-۰/۴۳	-۰/۷۰	-۰/۵۶	-۰/۵۵	۲۰۰۳-۲۰۰۴
۲۰۰۴-۲۰۰۵	-۰/۴۰	-۰/۲۰	-۰/۱۴	-۰/۵۰	-۰/۸۶	-۰/۵۷	-۰/۳۸	-۰/۳۵	-۰/۶۸	-۰/۷۰	-۰/۰۵	-۰/۵۲	۲۰۰۴-۲۰۰۵
۲۰۰۵-۲۰۰۶	-۰/۰۶	-۰/۶۲	-۰/۲۲	-۰/۰۰	-۰/۳۶	-۰/۰۳	-۰/۰۹	-۰/۳۷	-۰/۴۵	-۰/۶۹	-۰/۸۲	-۰/۰۶	۲۰۰۵-۲۰۰۶
۲۰۰۶-۲۰۰۷	-۰/۷۱	-۰/۶۱	-۰/۱۴	-۰/۱۶	-۰/۳۳	-۰/۲۵	-۰/۳۸	-۰/۱۷	-۰/۲۰	-۰/۲۹	-۰/۳۷	-۰/۰۳	۲۰۰۶-۲۰۰۷
۲۰۰۷-۲۰۰۸	-۰/۰۳	-۰/۱۵	-۰/۰۹	-۰/۷۷	-۰/۴۵	-۰/۵۱	-۰/۴۷	-۰/۴۶	-۰/۱۹	-۰/۸۸	-۰/۸۰	-۰/۸۴	۲۰۰۷-۲۰۰۸
۲۰۰۸-۲۰۰۹	-۰/۱۰	-۰/۶۷	-۰/۴۳	-۰/۵۵	-۰/۷۵	-۰/۰۸	-۰/۷۳	-۰/۵۱	-۰/۸۴	-۰/۹۱	-۰/۹۳	-۰/۸۸	۲۰۰۸-۲۰۰۹
۲۰۰۹-۲۰۱۰	-۰/۶۶	-۰/۶۲	-۰/۲۶	-۰/۶۵	-۰/۹۶	-۰/۰۱	-۰/۶۸	-۰/۴۸	-۰/۷۵	-۰/۸۸	-۰/۸۶	-۰/۹۲	۲۰۰۹-۲۰۱۰
۲۰۱۰-۲۰۱۱	-۰/۸۸	-۰/۱۷	-۰/۳۳	-۰/۶۹	-۰/۶۷	-۰/۶۴	-۰/۳۳	-۰/۰۷	-۰/۶۷	-۰/۸۴	-۰/۶۸	-۰/۵۴	۲۰۱۰-۲۰۱۱
۲۰۱۱-۲۰۱۲	-۰/۸۹	-۰/۵۷	-۰/۳۳	-۰/۴۸	-۰/۶۴	-۰/۶۵	-۰/۶۳	-۰/۴۶	-۰/۸۱	-۰/۶۳	-۰/۱۰	-۰/۵۷	۲۰۱۱-۲۰۱۲
۲۰۱۲-۲۰۱۳	-۰/۸۶	-۰/۱۳	-۰/۲۷	-۰/۱۱	-۰/۰۰	-۰/۱۰	-۰/۲۴	-۰/۴۴	-۰/۷۵	-۰/۴۰	-۰/۹۰	-۰/۹۰	۲۰۱۲-۲۰۱۳
۲۰۱۳-۲۰۱۴	-۰/۷۳	-۰/۸۶	-۰/۳۴	-۰/۰۵	-۰/۲۵	-۰/۵۵	-۰/۵۰	-۰/۰۸	-۰/۷۰	-۰/۷۴	-۰/۴۳	-۰/۵۸	۲۰۱۳-۲۰۱۴
۲۰۱۴-۲۰۱۵	-۰/۵۳	-۰/۵۸	-۰/۱۸	-۰/۱۲	-۰/۱۴	-۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۴۶	-۰/۲۳	-۰/۶۳	-۰/۱۸	۲۰۱۴-۲۰۱۵
۲۰۱۵-۲۰۱۶	-۰/۲۳	-۰/۵۲	-۰/۰۶	-۰/۳۷	-۰/۲۸	-۰/۴۲	-۰/۰۱	-۰/۴۲	-۰/۱۳	-۰/۷۵	-۰/۹۲	-۰/۹۱	۲۰۱۵-۲۰۱۶
۲۰۱۶-۲۰۱۷	-۰/۲۰	-۰/۳۵	-۰/۱۴	-۰/۴۰	-۰/۲۶	-۰/۲۵	-۰/۳۳	-۰/۳۹	-۰/۲۷	-۰/۵۷	-۰/۷۸	-۰/۷۵	۲۰۱۶-۲۰۱۷
۲۰۱۷-۲۰۱۸	-۰/۳۴	-۰/۶۳	-۰/۱۷	-۰/۹۰	-۰/۶۲	-۰/۳۹	-۰/۴۰	-۰/۴۶	-۰/۷۶	-۰/۸۵	-۰/۸۳	-۰/۵۲	۲۰۱۷-۲۰۱۸
۲۰۱۸-۲۰۱۹	-۰/۵۳	-۰/۶۵	-۰/۲۴	-۰/۸۳	-۰/۷۱	-۰/۴۴	-۰/۳۳	-۰/۶۵	-۰/۴۶	-۰/۴۴	-۰/۵۴	-۰/۸۹	۲۰۱۸-۲۰۱۹
۲۰۱۹-۲۰۲۰	-۰/۵۴	-۰/۶۶	-۰/۳۰	-۰/۸۳	-۰/۷۷	-۰/۴۹	-۰/۳۶	-۰/۴۹	-۰/۴۹	-۰/۵۲	-۰/۶۰	-۰/۹۰	۲۰۱۹-۲۰۲۰
۲۰۲۰-۲۰۲۱	-۰/۵۸	-۰/۶۷	-۰/۳۴	-۰/۹۳	-۰/۸۳	-۰/۵۵	-۰/۴۱	-۰/۳۵	-۰/۵۱	-۰/۵۶	-۰/۶۳	-۰/۹۰	۲۰۲۰-۲۰۲۱
۲۰۲۱-۲۰۲۲	-۰/۶۱	-۰/۶۷	-۰/۳۸	-۰/۰۰	-۰/۸۸	-۰/۶۶	-۰/۴۲	-۰/۳۲	-۰/۵۶	-۰/۶۱	-۰/۶۶	-۰/۹۱	۲۰۲۱-۲۰۲۲
۲۰۲۲-۲۰۲۳	-۰/۶۴	-۰/۶۷	-۰/۳۸	-۰/۹۶	-۰/۷۸	-۰/۶۱	-۰/۴۰	-۰/۱۸	-۰/۵۶	-۰/۶۲	-۰/۶۵	-۰/۹۱	۲۰۲۲-۲۰۲۳



شکل ۷. نمودار شاخص SDI ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ از دی ماه تا آذرماه طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

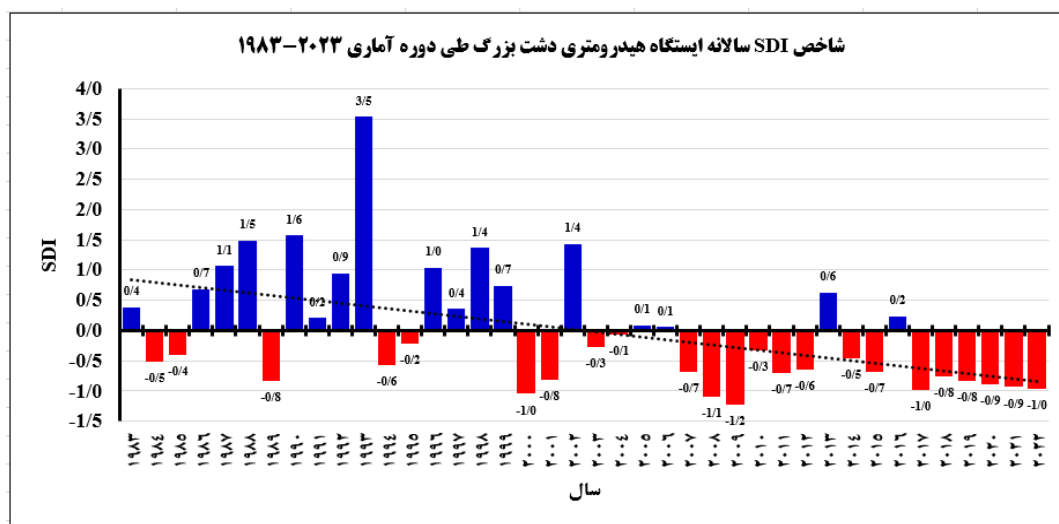
وضعیت خشکسالی در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ توسط شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) در مقیاس سالانه محاسبه شد (جدول ۶). به‌طور کلی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در این دوره ۴۰ ساله با خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید مواجه نبوده است، ولی با توجه به روندی که شکل ۸ نمودار شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ نشان می‌دهد که اگر مدیریت صحیحی در زمینه آب‌های سطحی انجام نپذیرد، در آینده‌ای نه‌چندان دور شدت خشکسالی‌ها افزایش خواهد یافت که موجب از بین رفتن جریان رودخانه‌های واحد هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) خواهد شد. شکل ۸ مقدار شاخص SDI را برای دوره آماری ۴۰ ساله ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ نشان می‌دهد. در این ایستگاه بحرانی‌ترین سال‌ها از لحاظ خشکسالی، سال‌های ۲۰۰۰ با مقدار متوسط SDI $(-۱/۰۵)$ ، ۲۰۰۸ با مقدار متوسط SDI $(-۱/۰۸)$ و ۲۰۰۹ با مقدار متوسط SDI $(-۱/۲۲)$ بوده که خشکسالی متوسط رخ داده است. سال ۱۹۹۳ با مقدار متوسط SDI $(۳/۵۴)$ مرطوب‌ترین سال در طول دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ بوده است. جدول ۷ درصد وقوع حالت‌های خشکسالی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ را نشان می‌دهد. در دوره آماری یادشده، براساس شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI)، ۴۵/۵ درصد سال‌ها فاقد خشکسالی بوده و ۵۰ درصد سال‌ها خشکسالی ملایم و ۷/۵ درصد سال‌ها خشکسالی متوسط داشته است. در سال‌های ابتدایی دوره آماری یادشده از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۹ به‌طور معمول ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ فاقد خشکسالی بوده یا خشکسالی‌های متناوب ملایم داشته و از سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره آماری شدت خشکسالی افزایش یافته است. به‌طور کلی سال‌های پایانی دوره با خشکسالی بیشتری همراه بوده است. نتایج بیانگر آن است که در این ایستگاه خشکسالی شدید و بسیار شدید طی دوره آماری مدنظر رخ نداده و بیشتر موارد، خشکسالی ملایم یا نبود خشکسالی است.

جدول ۶. نتایج شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

شرایط ترسالی و خشکسالی	نتایج شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ	آمار دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳	سال
فاقد خشکسالی	۰/۳۹	۳۳۱/۲۹	۱۹۸۳-۱۹۸۴
خشکسالی ملایم	-۰/۵۲	۱۶۱/۸۵	۱۹۸۴-۱۹۸۵
خشکسالی ملایم	-۰/۴۱	۱۸۱/۸۰	۱۹۸۵-۱۹۸۶
فاقد خشکسالی	۰/۶۹	۳۷۴/۱۳	۱۹۸۶-۱۹۸۷
فاقد خشکسالی	۱/۰۷	۴۴۱/۳۸	۱۹۸۷-۱۹۸۸
فاقد خشکسالی	۱/۴۹	۵۱۵/۱۴	۱۹۸۸-۱۹۸۹
خشکسالی ملایم	-۰/۸۳	۱۰۷/۸۴	۱۹۸۹-۱۹۹۰
فاقد خشکسالی	۱/۵۸	۵۳۰/۲۵	۱۹۹۰-۱۹۹۱
فاقد خشکسالی	-۰/۲۱	۲۹۰/۵۷	۱۹۹۱-۱۹۹۲
فاقد خشکسالی	۰/۹۵	۴۲۰/۰۷	۱۹۹۲-۱۹۹۳
فاقد خشکسالی	۳/۵۴	۸۷۴/۹۹	۱۹۹۳-۱۹۹۴
خشکسالی ملایم	-۰/۵۶	۱۵۴/۲۸	۱۹۹۴-۱۹۹۵
خشکسالی ملایم	-۰/۲۱	۲۱۵/۵۵	۱۹۹۵-۱۹۹۶
فاقد خشکسالی	۱/۰۴	۴۳۵/۵۸	۱۹۹۶-۱۹۹۷
فاقد خشکسالی	۰/۳۵	۳۱۵/۶۱	۱۹۹۷-۱۹۹۸
فاقد خشکسالی	۱/۳۷	۴۹۳/۶۲	۱۹۹۸-۱۹۹۹
فاقد خشکسالی	۰/۷۴	۳۸۴/۱۶	۱۹۹۹-۲۰۰۰
خشکسالی متوسط	-۱/۰۵	۶۹/۲۸	۲۰۰۰-۲۰۰۱
خشکسالی ملایم	-۰/۸۱	۱۱۱/۶۷	۲۰۰۱-۲۰۰۲
فاقد خشکسالی	۱/۴۳	۵۰۵/۳۶	۲۰۰۲-۲۰۰۳
خشکسالی ملایم	-۰/۲۸	۲۰۴/۴۳	۲۰۰۳-۲۰۰۴
خشکسالی ملایم	-۰/۰۶	۲۴۲/۴۲	۲۰۰۴-۲۰۰۵
فاقد خشکسالی	۰/۰۹	۲۶۹/۲۴	۲۰۰۵-۲۰۰۶
فاقد خشکسالی	۰/۰۶	۲۶۳/۶۹	۲۰۰۶-۲۰۰۷
خشکسالی ملایم	-۰/۶۸	۱۳۳/۶۸	۲۰۰۷-۲۰۰۸

ادامه جدول ۶.

سال	آمار دبی سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳	نتایج شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ	شرایط ترسالی و خشکسالی
۲۰۰۸-۲۰۰۹	۶۲/۶۹	-۱/۰۸	خشکسالی متوسط
۲۰۰۹-۲۰۱۰	۳۸/۶۰	-۱/۲۲	خشکسالی متوسط
۲۰۱۰-۲۰۱۱	۱۹۴/۹۱	-۰/۳۳	خشکسالی ملایم
۲۰۱۱-۲۰۱۲	۱۳۰/۷۱	-۰/۷۰	خشکسالی ملایم
۲۰۱۲-۲۰۱۳	۱۴۰/۱۲	-۰/۶۴	خشکسالی ملایم
۲۰۱۳-۲۰۱۴	۳۶۳/۴۹	۰/۶۳	فاقد خشکسالی
۲۰۱۴-۲۰۱۵	۱۷۳/۵۰	-۰/۴۵	خشکسالی ملایم
۲۰۱۵-۲۰۱۶	۱۳۳/۱۴	-۰/۶۸	خشکسالی ملایم
۲۰۱۶-۲۰۱۷	۲۹۴/۲۳	۰/۲۳	فاقد خشکسالی
۲۰۱۷-۲۰۱۸	۸۲/۲۲	-۰/۹۷	خشکسالی ملایم
۲۰۱۸-۲۰۱۹	۱۲۰/۱۹	-۰/۷۶	خشکسالی ملایم
۲۰۱۹-۲۰۲۰	۱۰۷/۸۵	-۰/۸۳	خشکسالی ملایم
۲۰۲۰-۲۰۲۱	۹۸/۰۶	-۰/۸۸	خشکسالی ملایم
۲۰۲۱-۲۰۲۲	۸۹/۰۵	-۰/۹۳	خشکسالی ملایم
۲۰۲۲-۲۰۲۳	۸۳/۶۱	-۰/۹۷	خشکسالی ملایم



شکل ۸. نمودار شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

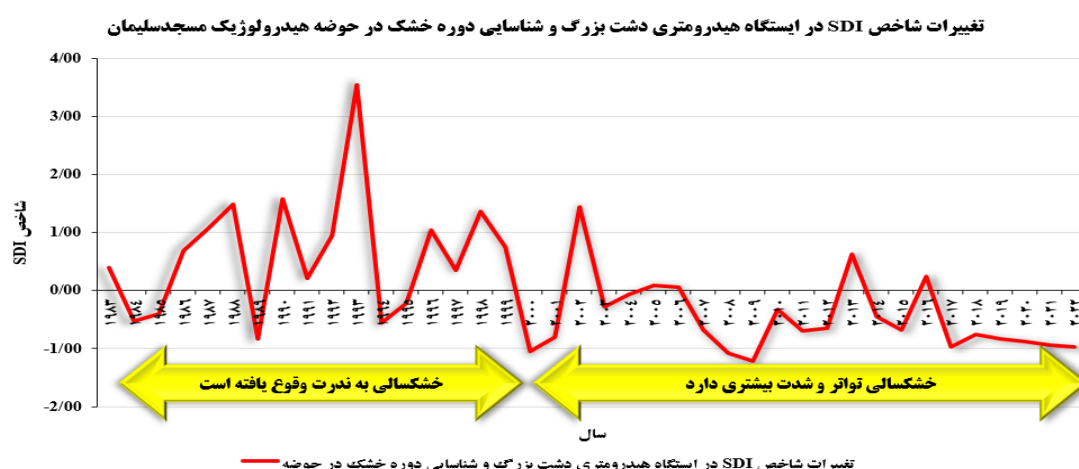
جدول ۷. درصد وقوع طبقات شدت خشکسالی شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

طبقات شدت خشکسالی		فاقد خشکسالی		خشکسالی ملایم		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید	
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد
۱۷	۴۵/۵	۲۰	۵۰	۳	۷/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰

شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

شکل ۹ نمودار تغییرات شاخص SDI سالانه ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ حوضه هیدرولوژیک مسجدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) را در طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳ نشان می‌دهد. در نمودار مشخص است که دو دوره متفاوت را می‌توان شناسایی کرد. دوره اول در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۹ بوده که طی آن خشکسالی‌ها به ندرت و به

تناوب ظهور یافته‌اند. دوره دوم در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بوده که خشکسالی‌ها با تواتر و شدت بیشتری در سراسر حوضه مشاهده شده‌اند.



شکل ۹. نمودار تغییرات شاخص SDI در ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ و شناسایی دوره خشک در حوضه هیدرولوژیک مسجدهسلیمان طی دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۲۳

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت زیاد منابع آب در کشور، بررسی خشکسالی‌های هیدروژئولوژیکی با هدف ارائه راهکارهای حفاظت و مدیریت مناسب منابع حیاتی آب ضروری است. تغییر پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز متأثر از عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است که براساس شاخص‌های مختلف خشکسالی شایان ارزیابی است. با توجه به اینکه کاهش بارش‌های جوی در سال‌های اخیر منابع محدود آب را تحت تأثیر قرار داده است، بررسی ویژگی‌های خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های کلان مدیریت منابع آب بسیار مهم باشد. این پژوهش به منظور پایش خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور واقع در بخش مرکزی استان خوزستان و جنوب حوضه آبریز کارون انجام گرفت. نتایج آزمون من-کندال نشان داد که شدیدترین روند تغییرات نزولی ماهانه در ایستگاه یادشده در شهر یور و مرداد بوده و فصل‌های تابستان، بهار و پاییز بحرانی‌ترین فصل‌ها از نظر کاهش آب رودخانه‌های حوضه هیدرولوژیک مسجدهسلیمان بوده است. همچنین روند سالانه دبی طی یک دوره آماری ۴۰ ساله در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد کاهشی بوده است. برای محاسبه شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) به ترتیب از آمار بارش ایستگاه سینوپتیک مسجدهسلیمان و دبی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در طول دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۸۳-۲۰۲۳) در کل حوضه استفاده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده مقدار شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) نشان می‌دهد که شرایط حوضه هیدرولوژیک مسجدهسلیمان در همه ماه‌ها در حد خشکسالی ملایم یا در تعدادی از ماه‌ها در حد خشکسالی متوسط و فاقد خشکسالی بوده است. به‌طور کلی ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ در این دوره ۴۰ ساله با خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید مواجه نبوده است. در سال‌های ابتدایی دوره آماری یادشده، به‌طور معمول ایستگاه هیدرومتری دشت بزرگ فاقد خشکسالی بوده یا خشکسالی‌های متناوب ملایم داشته و از سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره آماری شدت خشکسالی افزایش یافته است. به‌طور کلی سال‌های پایانی دوره با خشکسالی بیشتری همراه بوده است. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط پاندوماس و همکاران (۲۰۲۰)، حسن و همکاران (۲۰۲۱)، ارگولر و آپایدین (۲۰۲۲)، حیدری مطلق و همکاران (۱۳۹۷)، جهانگیر و همکاران (۱۳۹۸) و پرچی و همکاران (۱۴۰۱) مطابقت دارد. پژوهش‌های خشکسالی هیدرولوژیک اهمیت زیادی در مدیریت مخاطرات مرتبط با کمبود آب و اثرهای زیست‌محیطی آن دارند. با بررسی و تحلیل داده‌های مربوط به جریان‌های سطحی، سطح آب زیرزمینی و دیگر عوامل هیدرولوژیکی می‌توان شدت، مدت و توالی خشکسالی‌ها را شناسایی و تأثیرات آن را بر منابع آب، کشاورزی، محیط زیست و جوامع محلی پیش‌بینی و ارزیابی کرد. به‌کمک

این اطلاعات می‌توان راهبردهای مناسبی برای مدیریت بحران و کاهش اثرهای خشکسالی تدوین کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای عبور از بحران خشکسالی و کاهش آن در حوضه هیدرولوژیک مسجسدسلیمان (حوضه آبریز رودخانه شور یا حوضه دشت بزرگ) در سال‌های آینده برنامه‌ریزی‌هایی همچون ایجاد فرهنگ مصرف بهینه آب، استقرار سیستم‌های پیش‌آگاهی‌دهنده، مدیریت صحیح خطر و برنامه‌ریزی دقیق منابع آب به‌ویژه ذخیره آب در سال پر بارش انجام گیرد تا از خشکسالی‌های نامتعارف و ناگهانی جلوگیری شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

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

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول (دانشجو): مشارکت در طراحی پژوهش، تهیه پیش‌نویس مقاله، گردآوری داده‌ها، تحلیل، تفسیر اطلاعات و نتایج، اصلاح و بازبینی

نویسنده دوم (استاد راهنمای اول رساله): مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

نویسنده سوم (استاد راهنمای دوم رساله): مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

نویسنده چهارم (استاد مشاور اول رساله): مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

نویسنده پنجم (استاد مشاور دوم رساله): مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش از حمایت مالی هیچ سازمانی برخوردار نبوده است.

هماندجویی

هماندجویی مقاله پایش خشکسالی هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه شور با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای (SDI) که از سامانه ایرانداک دریافت شده است، به مجله مدیریت مخاطرات محیطی ارسال شد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری آب‌وهواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز با عنوان «بررسی اثرپذیری و بهره‌برداری از منابع آب شور استان خوزستان تحت شرایط تغییر اقلیم و خشکسالی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه شور)» است. از داوران محترم بابت ارائه نظرهای علمی، ساختاری و ارزشمند سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- [۱] احراری، سعیده؛ و رجا، امید (۱۴۰۴). بررسی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در دشت مهاباد. مدیریت آب در کشاورزی، ۱۲(۱)، ۲۹-۴۸.
- [۲] پرچمی، ناهیده؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعیلی، ابادز؛ و ایمانی، رسول (۱۴۰۱). تغییرات مکانی خشکسالی هیدرولوژیکی جریان در مقیاس‌های مختلف زمانی در رودخانه‌های استان اردبیل. هیدروژئومورفولوژی، ۹(۳۳)، ۲۱-۳۶. <https://doi.org/10.22034/hyd.2022.51550.1637>
- [۳] جهانگیر، محمدحسین؛ بابایی، سحر؛ و نوروزی، اقبال (۱۳۹۸). ارزیابی وضعیت خشکسالی استان کرمانشاه با استفاده از شاخص خشکسالی جریان رودخانه (SDI). آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳(۱)، ۱۹۰-۲۰۲. <https://doi.org/20.1001.1.2.0087942.1398.13.1.17.3>
- [۴] حیدری مطلق، آربن؛ سبزواری، یاسر؛ و نصرالهی، علی (۱۳۹۷). تحلیل روند خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص SDI در حوضه آبریز رودخانه‌الشتر. هفتمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران با محوریت استحصال آب باران و مدیریت بحران آب، خشکسالی و گردوغبار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری - انجمن سیستم‌های سطوح آبگیر باران، تهران.
- [۵] سهیلی، اسماعیل؛ ملکی‌نژاد، حسین؛ و اختصاصی، محمدرضا (۱۳۹۶). تحلیل روند خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در مناطق نیمه‌خشک ایران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد درودزن). مدیریت بیابان، ۵(۹)، ۳۱-۴۵. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2017.27914>
- [۶] صلاحی، برومند؛ و وطن‌پرست قلعه‌جوق، فاطمه (۱۴۰۳). پایش خشکسالی کشاورزی در حوضه آبریز رودخانه ارس با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی. مدیریت مخاطرات محیطی، ۳(۳)، ۱۹۳-۲۱۲. <https://doi.org/10.22059/jhsci.20.24.384523.847>
- [7] Amini, H., Esmali-Ouri, A., Mostafazadeh, R., Sharari, M., & Zabihi, M. (2019). Hydrological drought response of regulated river flow under the influence of dam reservoir in Ardabil Province. *Earth and Space Physics*, 45(2):473-486. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.272671.1007078> (In Persian)
- [8] Araghinejad, S. (2013). Data-driven modeling: using MATLAB® in water resources and environmental engineering 67. *Springer Science & Business Media*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-7506-0>
- [9] Erogluer, T. A., & Apaydin, H. (2022). Estimation of drought by Streamflow Drought Index (SDI) and Artificial Neural Networks (ANNs) in Ankara-Nallihan region. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 8(2):348. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i2.348-357.3045>
- [10] Faraji Amoqin, A., Kanooni, A., & Hasanpour Kashani, M. (2024). Investigating meteorological and hydrological drought characteristics and their propagation relationship under the influence of human activities in Ardabil plain. *Journal of Water and Irrigation Management*. <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371936.1141> (In Persian)
- [11] Guhathakurta, P., Menon, P., Mazumdar, A. B., & Sreejith, O. P. (2010). Changes in extreme rainfall events and flood risk in India during the last century. *National Climatic Centre*, RR (3).
- [12] Hasan, H. H., Mohd Razali, S. F., Muhammad, N. S., & Ahmad, A. (2021). Hydrological drought across Peninsular Malaysia: implication of drought index. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/nhess-2021-249>
- [13] Khorrooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., & Raoof, M. (2017). Spatiotemporal assessment of the hydrologic river health index variations in Ardabil Province Watersheds. *Journal of Ecohydrology*, 4(2):379-393. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.61475> (In Persian)
- [14] Ma, M., Ren, L., Singh, V. P., Yuan, F., Chen, L., Yang, X., & Liu, Y. (2016). Hydrologic model-based Palmer indices for drought characterization in the Yellow River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(5):1401-1420. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1136-z>
- [15] Mesbahzadeh, T., & Soleimani Sardoo, F. (2018). Temporal Trend Study of Hydrological and Meteorological Drought in Karkheh Watershed. *Iran-Watershed Management Science and Engineering*, 12(40):105-114. <https://doi.org/20.1001.1.20089554.1397.12.40.12.9> (In Persian)
- [16] Minh, H. V. T., Kumar, P., Van Toan, N., Nguyen, P. C., Van Ty, T., Lavane, K., & Downes, N. K. (2024). Deciphering the relationship between meteorological and hydrological drought in Ben Tre province, Vietnam. *Natural Hazards*. 120(6):5869-5894. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06437-z>
- [17] Mishra, A. K., & Desai, V. R. (2005). Drought forecasting using stochastic models. *Stochastic Environment Research Risk Assessment*, 19:326-339. <https://doi.org/10.1007/s00477-005-0238-4>
- [18] Moghimi Ebrahim, (2021) *River Ecogeomorphology and their lows*, University of Tehran press,

- [19] Nalbantis, I., & Sakiris, G. T. (2009). Assessment of hydrological drought revisited: *Water Resources Management*, 23(5):881-897. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>
- [20] Pandhumas, T., Kuntiyawichai, K., Jothityangkoon, C., & Suryadi, F. X. (2020). Assessment of climate change impacts on drought severity using SPI and SDI over the Lower Nam Phong River Basin, Thailand. *Engineering and Applied Science Research*, 47(3):326-338. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/easr/article/view/234800>
- [21] Sarwar, A. N., Waseem, M., Azam, M., Abbas, A., Ahmad, I., Lee, J. E., & Haq, F. U. (2022). Shifting of Meteorological to Hydrological Drought Risk at Regional Scale. *Applied Sciences*, 12(11):5560. <https://doi.org/10.3390/app12115560>
- [22] Tabari, H., Nikbakht, J., & Hosseinzadeh Talaee, P. H. (2013). Hydrological drought assessment in northwestern Iran based on Streamflow Drought Index (SDI). *Water Resources Management* 27:137-151. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0173-3> (In Persian)
- [23] Wang, M., Jiang, Sh., Ren, L., Xu, Ch., Menzel, L., Yuan, F., Xu, Q., Liu, Y., & Yang, X. (2021). Separating the effects of climate change and human activities on drought propagation via a natural and human-impacted catchment comparison method. *Journal of Hydrology*, 603, Part A, 126913. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126913>
- [24] Yao, N., Zhao, H., Li, Y., Biswas, A., Feng, H., Liu, F., & Pulatov, B. (2020). National-scale variation and propagation characteristics of meteorological, agricultural, and hydrological droughts in China. *Remote Sensing*, 12(20):3407. <https://doi.org/10.3390/rs12203407>