Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

A bibliometric analysis of research trends on the application of remote sensing in precipitation estimation with an emphasis on spatio-temporal analysis in Iran

Mahsa Mardani[1], Moein Tosan*[2], Ali Nasirian[3], Mehdi Dastourani[4]

1. Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mahsa.mardani@birjand.ac.ir
2. Ph.D. Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran,, Email: moein.tosan@alumni.um.ac.ir;
3. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: a.nasirian@birjand.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mdastourani@birjand.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history

Received: 20 February 2025

Revised: 21 March 2025

Accepted: 16 April 2025

Published online: 05 August 2025

Keywords:
Precipitation Forecasting, Bibliometric Analysis, Satellite Data, Hydrological Models, Water Resources Management

ABSTRACT

This study aimed to conduct a bibliometric analysis of the application of remote sensing in analyzing spatio-temporal rainfall changes in Iran during the period 2004 to 2024. The purpose of this analysis was to provide a macro and structured view of the research status in this field, identify publication trends, key players, and conceptual developments. Data related to articles published in the Web of Science database were analyzed using R biblioshiny and VOSviewer software. The findings of this research show that the field of application of remote sensing in rainfall estimation in Iran, with an annual growth rate of 25.20%, has high dynamism and extensive international collaborations have been formed within it. The review of highly cited articles indicates that the utilization of advanced satellite data such as GPM-IMERG, TRMM, and PERSIANN, along with downscaling methods based on non-linear relationships (such as the use of NDVI in semi-arid and humid regions) and accurate calibration techniques (using ground station data), has played a significant role in improving the accuracy of rainfall estimation. These achievements can be effective in formulating water resource management policies in Iran as follows: 1) Focusing on the use and development of infrastructure related to high-accuracy satellite data. 2) Applying advanced downscaling and calibration methods in the production of rainfall data with appropriate spatial resolution for use in hydrological models. 3) Prioritizing research focused on the analysis of rainfall climate change trends using remote sensing data. By providing this bibliometric framework, this research, while outlining the current situation, provides a basis for guiding future research and making informed decisions in the field of water resource management in Iran.

Citation: Mardani, M., Tosan, M., Nasirian, A., & Dastourani, M. (2025). A bibliometric analysis of research trends on the application of remote sensing in precipitation estimation with an emphasis on spatio-temporal analysis in Iran. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(2), 101-118.
DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author**: Moein Tosan
Address: Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran
Tel: +989201055127
Email: moein.tosan@alumni.um.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

A bibliometric analysis of research trends on the application of remote sensing in precipitation estimation with an emphasis on spatio-temporal analysis in Iran

Mahsa Mardani[1], Moein Tosan[*2], Ali Nasirian[3], Mehdi Dastourani[4]

1. Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mahsa.mardani@birjand.ac.ir
2. Ph.D. Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran,, Email: moein.tosan@alumni.um.ac.ir;
3. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: a.nasirian@birjand.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mdastourani@birjand.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Accurate and high-resolution rainfall data are paramount for effective water resource management, agricultural planning, and disaster risk reduction, particularly in arid and semi-arid regions like Iran that are increasingly vulnerable to the impacts of climate change. Over the past two decades, remote sensing technologies have emerged as a transformative tool for providing spatially continuous and temporally consistent rainfall information, overcoming the inherent limitations of traditional ground-based rain gauge networks, such as uneven distribution and maintenance challenges. Understanding the trajectory and current state of research in this critical domain is essential for guiding future investigations and informing policy decisions. Bibliometric analysis, a quantitative approach to studying scholarly literature, offers valuable insights into the evolution, trends, key contributors, and intellectual structure of a specific research field. This study aims to provide a comprehensive bibliometric analysis of the research landscape focusing on the application of remote sensing in analyzing spatio-temporal rainfall changes in Iran during the period 2004 to 2024. By systematically analyzing scholarly publications, this research identifies key trends, influential authors, leading institutions, prevalent research themes, and the evolution of methodologies, thereby offering a foundational understanding for researchers and policymakers in this vital area.

Methodology: The data for this bibliometric analysis were extracted from the Web of Science (WoS) core collection, a comprehensive database of high-quality, peer-reviewed publications. A targeted search strategy was employed, utilizing relevant keywords and Boolean operators to identify publications focusing on the application of remote sensing for rainfall analysis in Iran. The search terms included a combination of general terms such as "remote sensing," "rainfall," "precipitation," and "Iran," alongside specific terms related to prominent satellite missions and precipitation products (e.g., GPM, TRMM, IMERG, PERSIANN), and analysis techniques (e.g., downscaling, validation, hydrological models). The search was limited to publications within the 2004-2024 timeframe to capture the evolution of the field over the past two decades. The retrieved dataset was rigorously refined to include only peer-reviewed articles published in reputable journals indexed in WoS, excluding conference proceedings, book chapters, and other document types to ensure the quality and impact of the analyzed literature. The bibliometric analysis was conducted using a combination of R software with the 'bibliometrix' package (accessed through the Biblioshiny web interface) and VOSviewer software. These tools facilitated a comprehensive analysis of publication trends (annual growth rate, document types), citation analysis (total citations, average citations per article, H-index), authorship patterns (most productive and cited authors, co-authorship networks), institutional collaborations (leading institutions, co-authorship networks), and keyword analysis (frequency, co-occurrence networks, and temporal dynamics of keywords).

***Corresponding author**: Moein Tosan
Address: Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran
Tel: +989201055127
Email: moein.tosan@alumni.um.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

Results and Discussion: The analysis of the retrieved dataset revealed a significant and consistent growth in the number of publications focusing on the application of remote sensing for rainfall analysis in Iran over the study period. Starting from a modest number of publications in the early 2000s, the annual output demonstrated a substantial increase, particularly after the launch and widespread adoption of advanced satellite missions and precipitation products. The calculated annual growth rate of approximately 25.20% underscores the increasing recognition and importance of this research area within the Iranian scientific community and its relevance to global water resource challenges. Citation analysis identified key publications that have significantly influenced the field, highlighting the pivotal role of studies evaluating the accuracy and applicability of satellite-based precipitation products (e.g., GPM-IMERG, TRMM, PERSIANN) under diverse Iranian climatic conditions. Leading institutions, notably the University of Tehran and the Islamic Azad University, emerged as prominent contributors to the research output, demonstrating strong national and international collaborative networks. Co-authorship analysis revealed the interconnectedness of researchers within Iran and with international partners, fostering knowledge exchange and the dissemination of best practices. The keyword analysis provided valuable insights into the evolving research themes. Early research tended to focus on fundamental aspects of remote sensing and the utilization of data from earlier satellite missions. Over time, the research focus shifted towards more sophisticated topics, including advanced downscaling techniques to enhance the spatial resolution of satellite rainfall estimates, the integration of remote sensing data with hydrological models for improved water resource management and flood forecasting, and a growing emphasis on understanding the impacts of climate change on rainfall patterns in Iran. The temporal analysis of keywords further illustrated this evolution, with a recent surge in the prominence of terms like "climate change," "performance evaluation," "bias correction," and specific advanced satellite products, reflecting the current research priorities in the field.

Conclusion: This comprehensive bibliometric analysis provides a systematic and data-driven overview of the research landscape concerning the application of remote sensing in analyzing spatio-temporal rainfall changes in Iran between 2004 and 2024. The findings highlight the significant growth and increasing maturity of this research area, driven by advancements in remote sensing technology and the pressing need for accurate rainfall information in a water-scarce and climate-vulnerable country. The identification of key contributors (authors and institutions), influential publications, and evolving research themes offers valuable guidance for future research directions and resource allocation. The strong international collaboration observed underscores the integration of Iranian research within the global scientific community. Moving forward, future research should prioritize the development of localized and calibrated algorithms tailored to the specific climatic and topographic conditions of Iran, the synergistic integration of multi-source data (satellite, ground-based, and climate model outputs), and the exploration of novel applications of remote sensing-based rainfall data in critical sectors such as precision agriculture, drought monitoring and early warning systems, and flood risk management. This study serves as a valuable resource for researchers, policymakers, and stakeholders seeking to understand the current state and future potential of remote sensing in addressing Iran's water resource challenges in the face of a changing climate.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: Financial support: This research has not received any financial support from any organization.

Authors' contribution: Mahsa Mardani, Moein Tosan, Ali Nasirian, and Mehdi Dastourani, as the authors of the paper, conducted all parts of the research and wrote the entire manuscript.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The authors of this article would like to thank the support of University of Birjand.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

تحلیل بیبلیومتریک روند پژوهش‌های کاربرد سنجش از دور در برآورد بارش با تأکید بر تحلیل فضایی-زمانی در ایران

مهسا مردانی[۱]، معین توسن*[۲]، علی نصیریان[۳]، مهدی دستورانی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، mahsa.mardani@birjand.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، moein.tosan@alumni.um.ac.ir
۳. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، a.nasirian@birjand.ac.ir
۴. دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، mdastourani@birjand.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۱ اسفند ۱۴۰۳
بازنگری: ۰۱ فروردین ۱۴۰۴
پذیرش: ۲۷ فروردین ۱۴۰۴
انتشار برخط: ۱۴ مرداد ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
پیش‌بینی بارش، تحلیل بیبلومتریک، داده‌های ماهواره‌ای، مدل‌های هیدرولوژیکی، مدیریت منابع آب

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل علم‌سنجی کاربرد سنجش از دور در تحلیل تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ انجام شده است. هدف از این تحلیل، ارائه یک دیدگاه کلان و ساختارمند از وضعیت پژوهش در این حوزه، شناسایی روندهای انتشار، بازیگران کلیدی و تحولات مفهومی بوده است. داده‌های مربوط به مقالات منتشر شده در پایگاه داده Web of Science با استفاده از نرم‌افزارهای R biblioshiny و VOSviewer مورد تحلیل قرار گرفتند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که حوزه کاربرد سنجش از دور در برآورد بارش ایران با نرخ رشد سالانه ۲۰/۲۵ درصد، از پویایی بالایی برخوردار بوده و همکاری‌های بین‌المللی گسترده‌ای در آن شکل گرفته است. بررسی مقالات پر استناد نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای پیشرفته نظیر GPM-IMERG، TRMM و PERSIANN، همراه با روش‌های کاهش مقیاس مبتنی بر روابط غیرخطی (مانند استفاده از NDVI در مناطق نیمه‌خشک و مرطوب) و تکنیک‌های واسنجی دقیق (با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های زمینی)، نقش بسزایی در بهبود دقت برآورد بارش داشته است. این دستاوردها می‌توانند در تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب ایران به شرح زیر موثر باشند: ۱) تمرکز بر استفاده و توسعه زیرساخت‌های مرتبط با داده‌های ماهواره‌ای با دقت بالا. ۲) به‌کارگیری روش‌های کاهش مقیاس و واسنجی پیشرفته در تولید داده‌های بارش با تفکیک مکانی مناسب برای استفاده در مدل‌های هیدرولوژیکی. ۳) اولویت‌دهی به پژوهش‌های با تمرکز بر تحلیل روندهای تغییرات اقلیمی بارش با استفاده از داده‌های سنجش از دور. این پژوهش با ارائه این چارچوب علم‌سنجی، ضمن ترسیم وضعیت موجود، زمینه‌ای برای هدایت پژوهش‌های آتی و اتخاذ تصمیمات آگاهانه در زمینه مدیریت منابع آب در ایران فراهم می‌آورد.

استناد: مهسا مردانی، معین توسن، علی نصیریان، و مهدی دستورانی (۱۴۰۴). تحلیل علم‌سنجی کاربرد سنجش از دور در تحلیل تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۲)، ۱۰۱-۱۱۸.
DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3
ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** معین توسن
نشانی: گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
تلفن: ۰۹۲۰۱۰۵۵۱۲۷
پست الکترونیکی: moein.tosan@alumni.um.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تغییرات شگرف اقلیمی و افزایش محسوس در نوسانات الگوهای بارش در سطح جهانی، به‌عنوان یکی از محوری‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی، ضرورت به‌کارگیری روش‌های نوین و کارآمد در زمینه برداشت و پایش داده‌های بارشی را به طور فزاینده‌ای نمایان ساخته است (Varma, 2024). این دگرگونی‌های اقلیمی، به ویژه در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران، پیامدهای عمیقی بر منابع آبی، بخش کشاورزی و پایداری اکوسیستم‌ها داشته و مدیریت هوشمندانه و مبتنی بر داده این منابع حیاتی را به یک اولویت استراتژیک تبدیل نموده است. در این راستا، فناوری‌های پیشرفته سنجش از دور با تکیه بر ابزارهای نوین تصویربرداری ماهواره‌ای، امکان دسترسی به داده‌های بارشی با دقت و تفکیک‌پذیری مکانی و زمانی بالا در مقیاس‌های وسیع جغرافیایی را فراهم آورده‌اند (Tosan, Nourani, et al., 2025a). این قابلیت، در مقایسه با محدودیت‌های ذاتی داده‌های حاصل از شبکه‌های پایش زمینی سنتی، که غالباً با چالش‌هایی نظیر تراکم ناکافی ایستگاه‌ها، ناهمگونی در توزیع مکانی، مشکلات مربوط به نگهداری و کالیبراسیون و نیز محدودیت‌های زمانی در ثبت داده‌ها مواجه هستند، یک مزیت برجسته و غیرقابل انکار محسوب می‌گردد (Salahi et al., 2024).

به طور خاص، محصولات داده‌های بارشی مشتق شده از ماهواره‌هایی نظیر GPM-IMERG[1]، TRMM[2] و PERSIANN[3] به واسطه دارا بودن قابلیت‌های تفکیک‌پذیری مکانی و زمانی قابل توجه، امکان استخراج اطلاعات دقیق و جزئی از بارش‌های سطحی را در گستره متنوعی از شرایط اقلیمی و به ویژه در مناطقی با دسترسی محدود یا فاقد ایستگاه‌های رصد زمینی فراهم آورده‌اند (Guo et al., 2024). از این رو، تلفیق این داده‌های ارزشمند با روش‌های آماری پیشرفته و الگوریتم‌های پیچیده واسنجی و اعتبارسنجی، بستری مناسب برای بهبود چشمگیر دقت برآورد میزان بارش و بهینه‌سازی عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی که نقش کلیدی در مدیریت منابع آب دارند، ایجاد نموده است. شایان ذکر است که داده‌های به دست آمده از ایستگاه‌های زمینی، علی‌رغم محدودیت‌های ذکر شده، همچنان از اهمیت بالایی برخوردار بوده و به عنوان مرجع اصلی برای واسنجی و ارزیابی میزان دقت و صحت داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (Shen et al., 2021). در همین راستا، پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری‌های ماهواره‌ای و توسعه الگوریتم‌های نوین پردازش تصاویر سنجش از دور، زمینه را برای پژوهشگران فراهم آورده است تا با اتخاذ یک رویکرد تلفیقی و میان‌رشته‌ای، از ترکیب هوشمندانه داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های زمینی بهره‌مند شده و بدین ترتیب، یک چارچوب جامع و یکپارچه برای برداشت دقیق و قابل اعتماد بارش و شناسایی الگوهای پیچیده فضایی–زمانی بارش ارائه نمایند (Hinge et al., 2022; Hinge et al., 2021). این روند رو به رشد، نه تنها به عنوان یک نقطه عطف اساسی در مطالعات هیدرولوژیکی معاصر مطرح شده، بلکه چشم‌اندازهای نوینی را برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی با قابلیت اطمینان بالا و مدیریت پایدار منابع آب در سطوح ملی و بین‌المللی گشوده است.

با توجه به چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و اهمیت مدیریت بهینه منابع آبی، پژوهش‌های انجام شده در حوزه کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی، روند رو به رشدی را از نظر تعداد و کیفیت نشان داده‌اند (Madhavi et al., 2024). تحلیل‌های کتاب‌شناختی به کار رفته در این حوزه، از جمله بررسی شبکه‌های هم‌تألیفی میان مؤلفان و تحلیل روندهای انتشار، نشان از همکاری‌های بین‌المللی و ارتقاء سطح پژوهش در این زمینه دارد (Tosan, Shamshirgaran, et al., 2025). در سال‌های اخیر، افزایش چشمگیری در تعداد انتشارات علمی مرتبط با کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی رخ داده است. این رشد چشمگیر در فعالیت‌های پژوهشی، نه تنها بیانگر اهمیت و ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت منابع آبی است، بلکه نشان از ارتقاء سطح همکاری‌های بین‌المللی و بین‌رشته‌ای در این حوزه دارد (Uysal & Şorman, 2021). تحلیل‌های کتاب‌شناختی با استفاده از نرم‌افزار RStudio، به بررسی روندهای انتشار، شناسایی مؤلفان و مؤسسات پیشرو و تحلیل شبکه‌های هم‌تألیفی پرداخته‌اند که این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای تدوین سیاست‌های علمی و مدیریتی در مواجهه با چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آبی مورد استفاده قرار گیرد (توسن و ماروسی، ۱۴۰۳).

پژوهش حاضر با هدف ارائه یک دید جامع از روند تحولات علمی در حوزه کاربرد سنجش از دور برای برداشت داده‌های بارشی انجام شده است. در این راستا، با ارائه یک چارچوب جامع و چندبعدی، تلاش شده است تا تصویری دقیق از تحولات مفهومی و تکنیکی در این حوزه ترسیم گردد و ضمن بررسی دقیق روندهای تاریخی، عملکرد محصولات ماهواره‌ای مختلف و الگوهای همکاری میان پژوهشگران مورد نقد و بررسی قرار گیرند. این مطالعه با تلفیق داده‌های کیفی و کمی و بهره‌گیری از روش‌های نوین تحلیلی و آماری پیشرفته، امکان

[1] Global Precipitation Measurement – Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM
[2] Tropical Rainfall Measuring Mission
[3] Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

ارزیابی دقیق نقاط قوت و ضعف روش‌های فعلی برداشت بارش را فراهم نموده و چارچوبی علمی برای بهبود مدل‌های هیدرولوژیکی و پیش‌بینی دقیق‌تر بارش در شرایط اقلیمی متغیر، به ویژه در مناطق با شرایط پیچیده جغرافیایی مانند ایران، ارائه می‌دهد. دستاوردهای این پژوهش می‌تواند به عنوان مرجعی معتبر برای محققان و متخصصان در حوزه‌های هواشناسی، مدیریت منابع آب و علوم محیطی مطرح شده و زمینه‌ساز تدوین سیاست‌های علمی و مدیریتی مؤثر در جهت بهبود مدیریت منابع آبی، پیش‌بینی دقیق‌تر خشکسالی و توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی متناسب با شرایط اقلیمی نامتعارف امروزی گردد. استفاده از روش‌های تحلیلی مبتنی بر تحلیل شبکه‌های هم‌تألیفی و بررسی دقیق کلمات کلیدی نیز در این پژوهش به منظور درک بهتر پویایی‌های پژوهشی و تغییرات مفهومی در حوزه برداشت داده‌های بارشی مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به منظور بررسی روندهای انتشار و مشارکت‌های علمی در حوزه کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران، از روش تحلیل بیبلیومتریک بهره گرفته شده است. داده‌های مورد نیاز از پایگاه داده وب آف ساینس استخراج شدند. جستجو با استفاده از عملگرهای منطقی و کلیدواژه‌های مرتبط صورت گرفت؛ بدین‌منظور، از طیف متنوعی از عبارت‌های کلیدی نظیر محصولات داده‌های بارشی (مانند "محصولات داده‌های بارشی"، "PERSIANN")، ماهواره‌ها و ماموریت‌های فضایی (از قبیل GPM، TRMM) و اصطلاحات عمومی سنجش از دور (همانند "سنجش از دور"، "درون‌یابی فضایی") استفاده شد. این جستجو، مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ را شامل می‌شود و تنها مقالات منتشرشده در مجلات معتبر و نمایه‌شده در وب آف ساینس، پس از پالایش و حذف موارد تکراری و غیرمرتبط، در تحلیل نهایی وارد شدند.

داده‌های استخراج شده شامل اطلاعات مربوط به عنوان مقاله، نویسندگان، نشریه، سال انتشار، تعداد استنادها، کلمات کلیدی و سایر شاخص‌های مرتبط بود. برای تحلیل این داده‌ها از نرم‌افزارهای تخصصی بیبلیومتریک نظیر R biblioshiny و VOSviewer استفاده شد (توسن، دستورانی و همکاران، ۱۴۰۳). ابتدا داده‌های خام به فرمت مناسب BibTeX ذخیره و سپس با استفاده از بسته‌های موجود در محیط R، روندهای انتشار، رشد سالانه و شاخص‌های مربوط به استناددهی (مانند تعداد کل استنادها و شاخص هرش) محاسبه شد (اکبرپور و همکاران، ۱۴۰۲). نرم‌افزار R biblioshiny به‌عنوان یک ابزار تعاملی، امکان بررسی جامع شبکه‌های هم‌تألیفی بین نویسندگان، مؤسسات و کشورها را فراهم کرد و از طریق نمایش گرافیکی نتایج، روندهای همکاری علمی در این حوزه به روشنی آشکار شد.

علاوه بر آن، نرم‌افزار VOSviewer برای تولید نقشه‌های شبکه‌ای کلمات کلیدی و تجزیه و تحلیل همبستگی میان آن‌ها به کار گرفته شد (توسن، خاشعی سیوکی و همکاران، ۱۴۰۳)؛ به‌طوری‌که روابط میان کلیدواژه‌های پرتکرار نظیر "rainfall"، "remotesensing"، "precipitation products" و سایر واژگان مرتبط، به‌صورت بصری نمایش داده شد. این تحلیل به درک بهتر مسیر تکاملی پژوهش‌های مرتبط با برداشت داده‌های بارشی در ایران، از جمله تغییرات در محوریت موضوعی و ظهور رویکردهای نوین، کمک شایانی نمود. همچنین، مراحل انتخاب و پالایش داده‌ها شامل بررسی جامع هر سند، ارزیابی کیفیت نشریه‌ها و فیلتر کردن موارد خارج از حوزه مورد نظر (مانند مقالات مرتبط با کاربردهای دیگر سنجش از دور در سایر حوزه‌ها) بوده است. تمامی این فرایندها با استفاده از نرم‌افزار RStudio جهت اعتبارسنجی نتایج و اجرای تحلیل‌های آماری تکمیلی به‌صورت دقیق و سیستماتیک انجام شد.

نتایج و بحث

در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار RStudio به تحلیل اطلاعات اصلی، روندهای انتشار، وابستگی‌های سازمانی پرکارترین، منابع پرکارترین، نویسندگان پرکارترین و اسناد با بیشترین استناد پرداخته شد (شکل ۱). تحقیقات در این زمینه منجر به مشارکت‌های چشمگیری در ادبیات علمی شده است و انتشارات آن در پایگاه داده Web of Science به مدت ۲۱ سال، از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴، ثبت شده است. در مجموع ۹۵ منبع معتبر مجله، نتایج این تحقیق را در ۲۹۵ سند علمی منتشر کرده‌اند که نشان‌دهنده شناخت و اهمیت گسترده آن در جامعه علمی است. نرخ رشد سالانه ثابت ۲۰/۲۵ درصد، پایداری و پتانسیل توسعه بیشتر این تحقیق را منعکس می‌کند. اهمیت جهانی این تحقیق در مشارکت نویسندگان بین‌المللی که ۴۳/۷۳ درصد از کل ۷۱۴ نویسنده درگیر در این انتشار را تشکیل می‌دهند، منعکس می‌شود و تنوع و همکاری فرامرزی در درک و کاربرد این یافته‌ها را تأیید می‌کند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

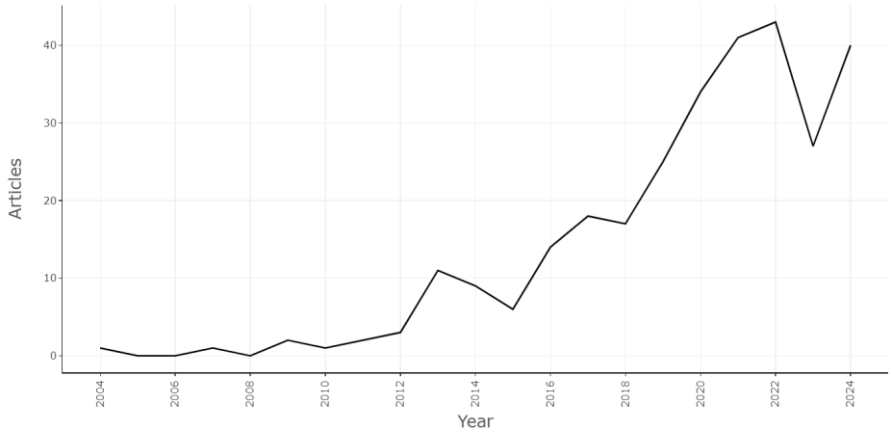
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

شکل ۱- نمای کلی مقالات منتشرشده پیرامون کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران

Figure 1- Overview of published articles on the application of remote sensing in rainfall data collection in Iran

تولید علمی سالانه

شکل ۲ تولید علمی سالانه یا تعداد مقالات پژوهشی منتشر شده طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ را بر اساس سطح ارتباط آنها با موضوع کاربرد روش های سنجش از دور در برآورد بارش در ایران نشان می‌دهد. روند انتشار از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ نشان دهنده افزایش چشمگیر در این حوزه تحقیقاتی است. به طور خاص، تعداد انتشارات علمی از یک مقاله در سال ۲۰۰۴ به ۴۳ مقاله در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. اگرچه در سال ۲۰۲۳ کاهش اندکی یافته، اما انتشار ۴۰ مقاله در سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که این حوزه همچنان فعال و رو به توسعه است. این افزایش قابل توجه می‌تواند به دلیل دسترسی بیشتر به داده‌های ماهواره‌ای، پیشرفت تکنیک‌های پردازش تصویر و افزایش آگاهی از اهمیت برآورد دقیق بارش در مدیریت منابع آب و پیش‌بینی خشکسالی در ایران باشد (Salahi et al., 2024). با توجه به اهمیت روزافزون برآورد بارش در شرایط آب و هوایی متغیر، پیش‌بینی می‌شود که تحقیقات در این زمینه در آینده نیز روند صعودی خود را حفظ کند.



شکل ۲- تولیدات سالانه انتشارات علمی (۲۰۰۴-۲۰۲۴)

Figure 2- Annual scientific production on (2004-2024)

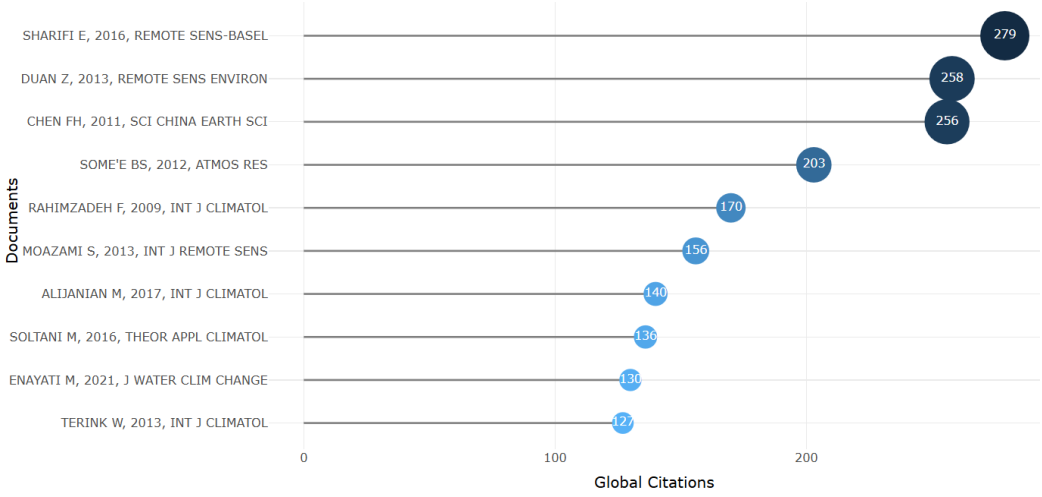
پر استنادترین مقالات

شکل ۳، ۱۰ سند برتر با بیشترین استناد در زمینه کاربرد روش‌های نوین سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران را نشان می‌دهند. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای پیشرفته مانند GPM-IMERG[1]، TRMM[2]، و PERSIANN[3]، همراه با به‌کارگیری روش‌های

[1] Global Precipitation Measurement – Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM
[2] Tropical Rainfall Measuring Mission
[3] Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

آماری پیشرفته و تکنیک‌های کاهش مقیاس، امکان استخراج الگوهای بارشی دقیق و تحلیل روندهای اقلیمی را در مناطق با توپوگرافی و شرایط اقلیمی متغیر، به ویژه در ایران، فراهم آورده است. این مطالعات با تمرکز بر اعتبارسنجی داده‌های ماهواره‌ای از طریق مقایسه با ایستگاه‌های رصدی و استفاده از شاخص‌های عملکردی نظیر RMSE[۱]، MAE[۲]، ضریب همبستگی (CC[۳]) و شاخص‌های رویدادهای بارشی (مانند POD[۴]، CSI[۵] و FAR[۶]) توانسته‌اند چارچوبی علمی و عملی برای بهبود مدل‌های هیدرولوژیکی و تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب ارائه دهند.



شکل ۳- پر استنادترین مقالات پیرامون کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران (۲۰۲۴-۲۰۰۴)

Figure 3- Most cited documents on the application of remote sensing in rainfall data collection in Iran (2004-2024)

مقالات (Duan & Bastiaanssen, 2013; Moazami et al., 2013; Sharifi et al., 2016) نمونه‌های برجسته‌ای از رویکردهای تخصصی در این حوزه هستند. مقاله (Sharifi et al., 2016) با بررسی تطبیقی داده‌های IMERG، TMPA[۷] وERA[۸]-Interim در چهار منطقه مختلف ایران، نشان می‌دهد که فناوری GPM-IMERG با داشتن دقت بالاتر در برآورد بارش، به‌ویژه در مناطق دارای بارش‌های متنوع (اعم از بارش‌های استراکتوفورم و اوروگرافیک)، نسبت به سایر محصولات عملکرد بهتری از خود ارائه می‌دهد. در مقاله (Duan & Bastiaanssen, 2013)، استفاده از روش‌های کاهش مقیاس مبتنی بر روابط غیرخطی میان بارش و شاخص NDVI[۹]، همراه با واسنجی با استفاده از تکنیک‌های GDA[۱۰] و GRA[۱۱]، توانست داده‌های بارش را از وضوح فضایی ۰/۲۵ درجه به ۱ کیلومتر بهبود بخشد؛ رویکردی که به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک و مرطوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، مقاله (Moazami et al., 2013) با ارزیابی تطبیقی میان محصولات PERSIANN و TMPA با استفاده از داده‌های ۱۱۸۰ ایستگاه بارسنجی در سطح کشور، به بررسی نقاط قوت و ضعف الگوریتم‌های بازیابی بارش پرداخته و نشان داده است که چگونه یک واسنجی دقیق می‌تواند به کاهش خطاهای سیستماتیک و افزایش دقت داده‌های ماهواره‌ای کمک کند.

از سوی دیگر، مقالات (Alijanian et al., 2017; Chen et al., 2011; Enayati et al., 2021; Soltani et al., 2016; Some'e et al., 2012; Terink et al., 2013) به تحلیل‌های بلندمدت و چالش‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی و اصلاح بایاس (سوگیری) در داده‌های اقلیمی پرداخته‌اند. مقاله (Chen et al., 2011) با استفاده از داده‌های CRU[۱۲] و تحلیل سری‌های زمانی، روندهای بلندمدت

[1] Root Mean Square Error
[2] Mean Absolute Error
[3] Correlation Coefficient
[4] Probability of Detection
[5] Critical Success Index
[6] False Alarm Ratio
[7] Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-satellite Precipitation Analysis
[8] ECMWF ReAnalysis v5
[9] Normalized Difference Vegetation Index
[10] Geographically Downscaled Precipitation Data
[11] Grey Relational Analysis
[12] Climatic Research Unit

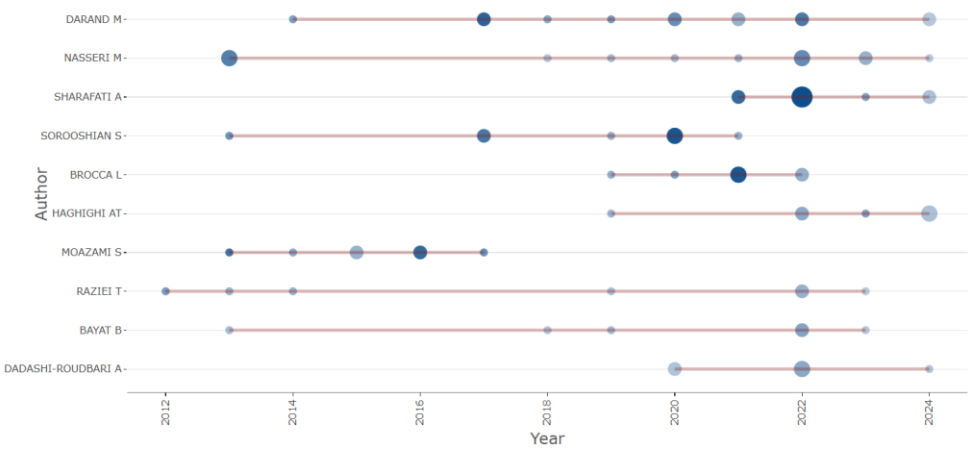
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

بارش در آسیای مرکزی را بررسی کرده و چرخه‌های ۲–۳ و ۵–۶ ساله را شناسایی نموده است؛ این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر عمیق تغییرات اقلیمی بر الگوهای بارش هستند. مقاله (Some'e et al., 2012) از آزمون‌های آماری ناپارامتری مانند Mann–Kendall به همراه روش (TFPW[1]) بهره برده تا نقاط عطف تغییرات بارشی در ایستگاه‌های مختلف ایران را شناسایی کند؛ نتایج این مطالعه به تفکیک روندهای منفی در فصول مختلف، به ویژه در زمستان و به‌ویژه در مناطق شمالی و حاشیه دریای خزر، اشاره دارد. پژوهش (Alijanian et al., 2017) با ارزیابی تطبیقی چندین محصول ماهواره‌ای مانند CMORPH، PERSIANN-CDR، TRMM و MSWEP در شرایط اقلیمی متنوع ایران، توانایی هر کدام را در شناسایی الگوهای بارش و تفکیک دقیق بین شرایط بارانی و بدون باران مورد ارزیابی قرار داده است. مقاله (Soltani et al., 2016) نیز با تمرکز بر شاخص‌های حدی دما و بارش، تغییرات اقلیمی در سطح ۵۰ ایستگاه رصدی را تحلیل نموده و افزایش قابل ملاحظه دما همراه با تغییرات پراکنده در الگوهای بارش را گزارش کرده است. مقاله (Enayati et al., 2021)، با بکارگیری روش‌های Quantile Mapping، به بررسی توانمندی‌های اصلاح بایاس در داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی پرداخته و نشان داده است که انتخاب روش مناسب تصحیح بایاس در شرایط توپوگرافی پیچیده، می‌تواند به بهبود دقت شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی کمک شایانی نماید. نهایتاً، مقاله (Terink et al., 2013) با استفاده از مدل‌های جریان عمومی و روش‌های کاهش مقیاس آماری، پیش‌بینی‌های تغییرات اقلیمی در منطقه MENA را ارائه داده و به تأثیرات منفی افزایش تبخیر تصعیدی و کاهش بارش در اکثر کشورها اشاره می‌کند؛ یافته‌ای که برای برنامه‌ریزی مدیریت منابع آبی در سطح منطقه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

این مجموعه مطالعات به‌طور جامع نشان می‌دهد که تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با روش‌های آماری و واسنجی پیشرفته، امکان دستیابی به برآوردهای دقیق‌تر و قابل اعتمادتر از الگوهای بارشی را فراهم می‌کند و به عنوان یک مرجع استنادی ارزشمند در نشریات معتبر بین‌المللی حوزه سنجش از دور به شمار می‌آیند.

پر استنادترین نویسندگان

شکل ۴ تولید نویسندگان را در طول زمان برای ۱۰ نویسنده برتر بر اساس کل استنادات (TC) و تعداد مقالات در سال نشان می‌دهد (اندازه دایره در شکل نشان‌دهنده تعداد مدارک است، و غلظت رنگ نشان‌دهنده میزان استنادات است). در حالی‌که، جدول ۱ ده نویسنده پراستناد برتر را نشان می‌دهد. MOAZAMI S با ۷ مقاله و ۱۰۵ استناد، بیشترین تعداد کل استنادات را بر اساس داده‌های ۲۰۰۴–۲۰۲۴ از وب آف ساینس دارد. این نشان می‌دهد که این نویسنده در بین تأثیرگذارترین محققان یا نویسندگان در این زمینه است. همچنین در شکل ۵ مجلات با بیشترین مقالات در زمینه کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۴- تولیدات علمی نویسندگان در طول زمان

Figure 4- Authors' production over time

[1] Trend Free Pre-whitening

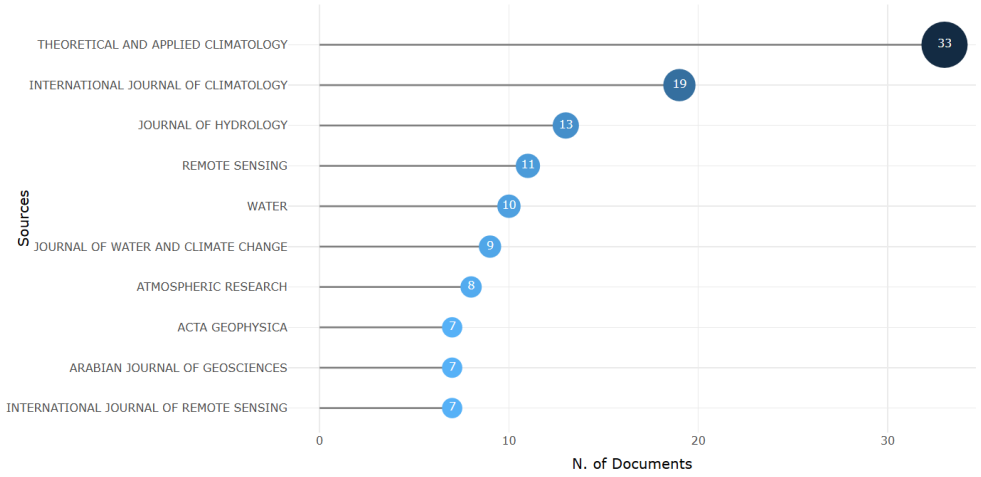
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

جدول ۱- پراستنادترین نویسندگان پیرامون تحقیقات کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران

Table 1- List of the highly cited authors in the field of application of remote sensing in rainfall data collection in Iran

رتبه	نویسنده	مجموع استنادات	تعداد مقالات
1	MOAZAMI S	105	7
2	DARAND M	97	13
3	SOROOSHIAN S	96	8
4	GOLIAN S	88	6
5	HONG Y	88	4
6	KAVIANPOUR MR	86	2
7	HSU KL	78	5
8	KATIRAIE-BOROUJERDY PS	78	6
9	RAKHSHANDEHROO GR	76	4
10	DEHGHANI M	60	4



شکل ۵- مرتبط‌ترین منابع پیرامون تحقیقات کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران

Figure 5- Most relevant sources in the field of application of remote sensing in rainfall data collection in Iran

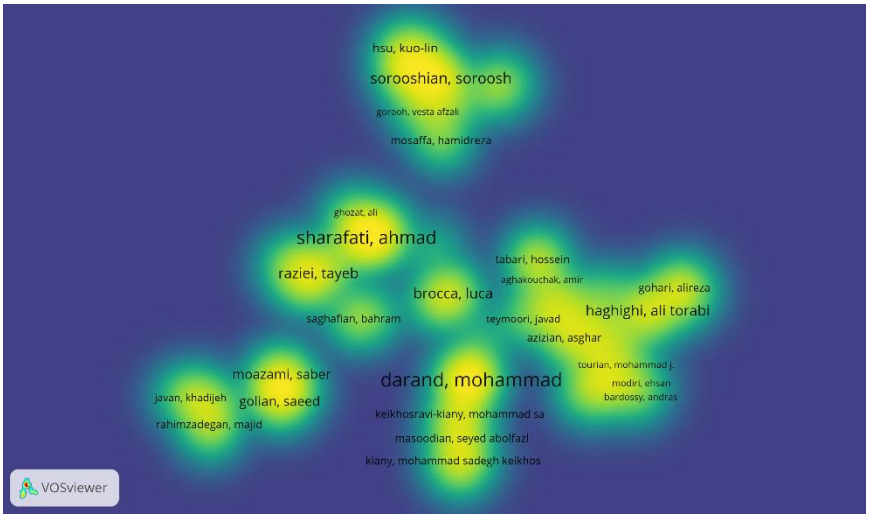
تحلیل همکاری نویسندگان و مؤسسات

هم‌تألیفی را می‌توان به‌عنوان یک معیار رایج برای ارزیابی تعاملات و روابط علمی بین نویسندگان و کشورها در نظر گرفت. هم‌نویسندگی به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های همکاری علمی در بین روش‌های مختلف کتاب‌شناختی پیشنهاد شده است (Tosan, Khashei-Siuki, et al., 2024). به‌طور کلی، تحلیل هم‌تألیفی برای تجزیه و تحلیل همکاری در تحقیقات هم‌نویسندگی استفاده می‌شود. شکل a۶ روابط هم‌نویسندگی بین نویسندگان را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۶الف نشان داده شده است، صابر معظمی، بهرام ثقفیان و محمد درند، بیشترین تعداد استناد را به ترتیب با ۴۵۹، ۳۶۹ و ۳۶۸ استناد از ۶، ۴ و ۱۲ سند دارند. همچنین در شکل ۶ب نقشه همکاری دانشگاه‌ها و مؤسسات نشان داده شده است که بر این اساس دانشگاه تهران و دانشگاه آزاد اسلامی به‌عنوان مراکز تحقیقاتی اصلی در زمینه کاربردهای نوین سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران می‌باشند.

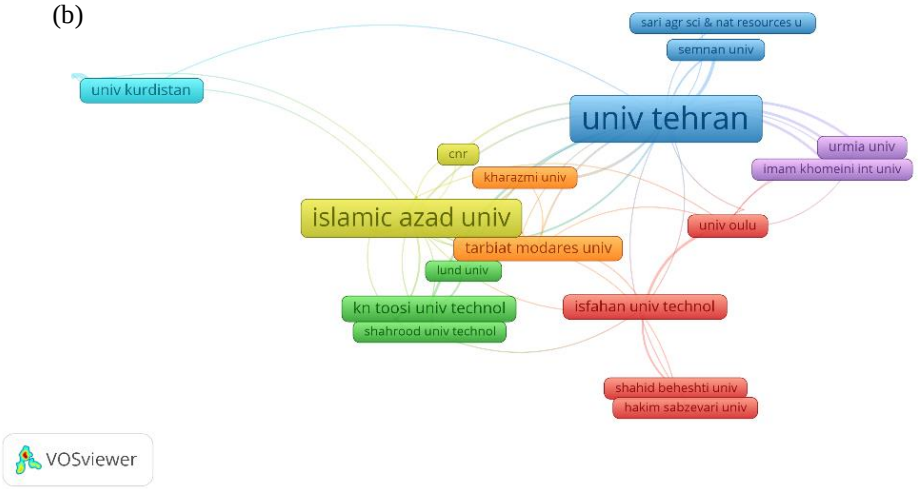
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

(a)



(b)



شکل ۶- الف) نقشه هم‌تألیفی نویسندگان و ب) هم‌تألیفی مؤسسات پژوهشی

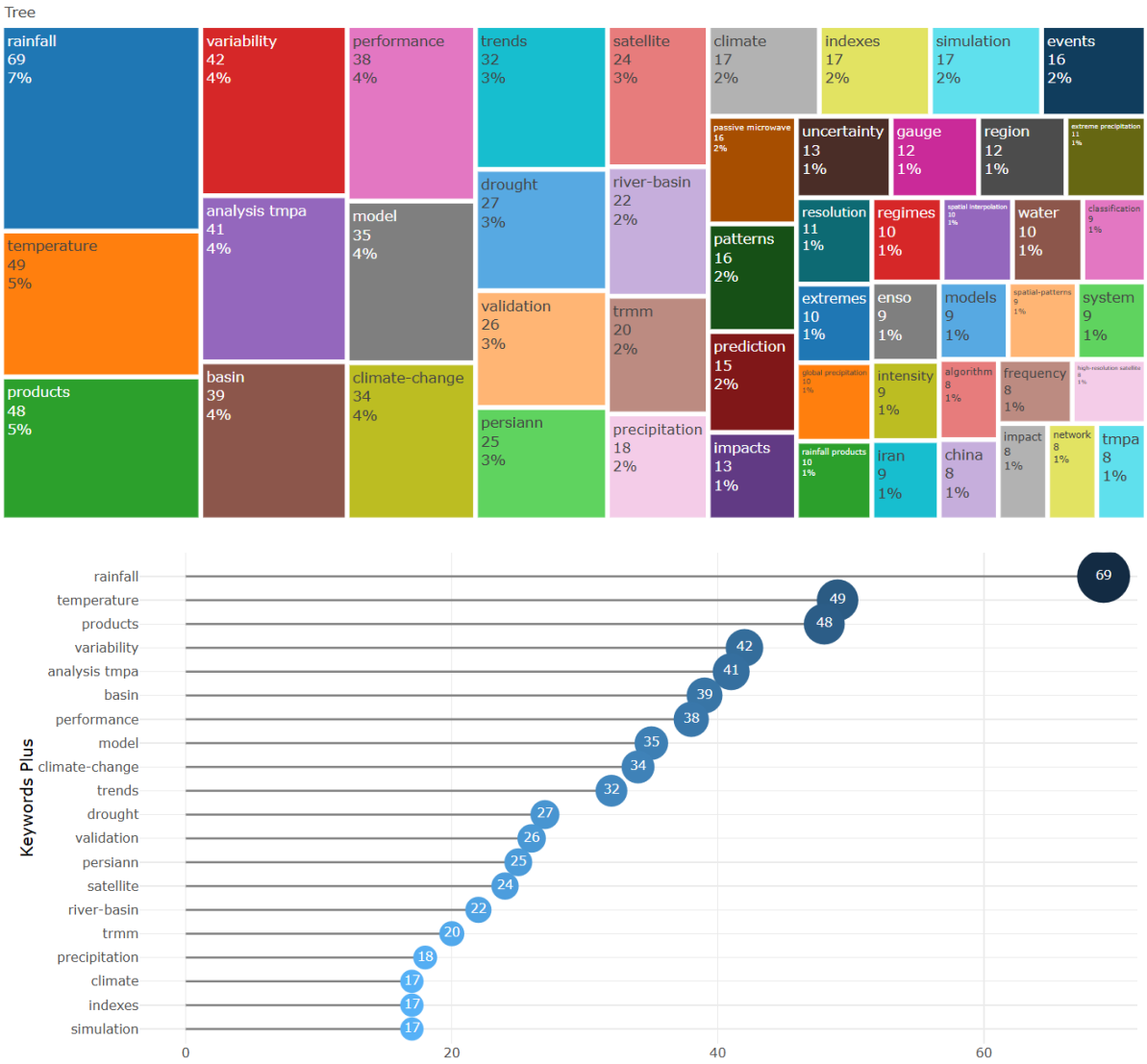
Figure 6- a) Co-authorship_authors, b) Co-authorship_organizations

تحلیل کلمات کلیدی

بررسی کلمات کلیدی، نمایانگر تمرکز قابل توجهی بر جنبه‌های مختلف بارش و عوامل مرتبط با آن در اقلیم ایران با استفاده از فناوری سنجش از دور است (شکل ۷). کلمه کلیدی "rainfall" با بالاترین تکرار، به وضوح نشان‌دهنده محوریت بارش در این تحقیقات است. کلمات "temperature" و "climate-change" نیز با تکرار بالا، بیانگر اهمیت بررسی تاثیرات دما و تغییرات اقلیمی بر الگوهای بارش در ایران از طریق سنجش از دور است. همچنین، تکرار بالای کلمات "products" و "analysis tmpa" نشان می‌دهد که محققان به طور گسترده از محصولات سنجش از دوری موجود مانند TMPA (TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis) برای تحلیل داده‌های بارش استفاده می‌کنند. کلمات "variability"، trends، drought" و "climate" نیز نشان دهنده توجه به پویایی‌های زمانی و مکانی بارش، روند تغییرات بلندمدت، خشکسالی و ویژگی‌های کلی اقلیمی در مطالعات سنجش از دوری بارش در ایران است. کلمات "basin" و "river-basin" نیز نشانگر تمرکز تحقیقات بر مقیاس حوضه‌های آبریز و رودخانه‌ای در ایران است که با توجه به اهمیت مدیریت منابع آب در این کشور، منطقی است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]



شکل ۷- نقشه درختی و پرتکرارترین کلمات کلیدی در تحقیقات کاربردهای سنجش از دور در برداشت داده‌های بارشی در ایران

Figure 7- Tree map and most frequent keywords in research on the applications of remote sensing in rainfall data collection in Iran

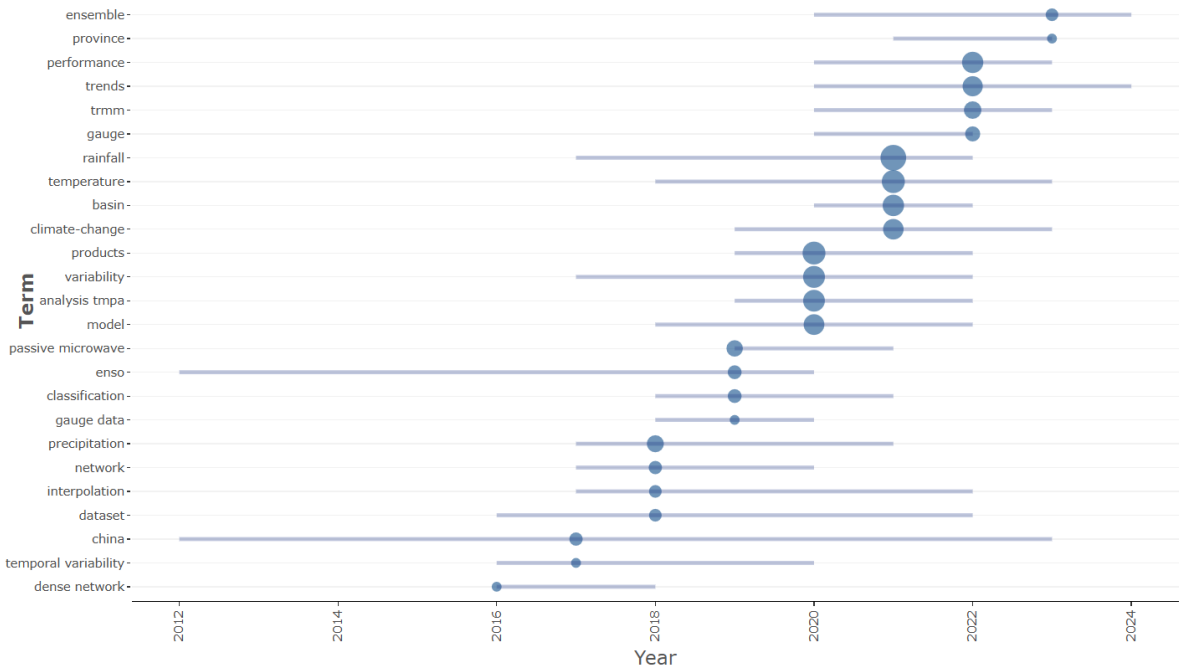
در ادامه، کلمات کلیدی با تکرار کمتر اما همچنان مهم مانند "performance"، "validation"، "Persian"، "satellite"، "TRMM"، "precipitation"، "indices"، "simulation"، "events"، "passive microwave"، "patterns"، "prediction" و "impacts" جزئیات بیشتری از رویکردهای تحقیقاتی را آشکار می‌کنند. کلمات "performance" و "validation" بر اهمیت ارزیابی دقت و اعتبار روش‌های سنجش از دوری بارش تاکید دارند. "PERSIANN" و "TRMM" به نام سامانه‌های مشخص سنجش از دور بارش اشاره دارند که نشان‌دهنده استفاده از داده‌های ماهواره‌ای خاص در این مطالعات است. "passive microwave" نیز به تکنیک سنجش از دوری مورد استفاده اشاره می‌کند. کلمات "indexes"، "simulation"، "prediction"، "impacts" و "events" نشان دهنده تمایل به استفاده از داده‌های سنجش از دوری بارش برای توسعه شاخص‌ها، مدل‌سازی و شبیه‌سازی، پیش‌بینی بارش و بررسی اثرات و رویدادهای مرتبط با آن مانند سیل و خشکسالی است. به طور خلاصه، این کلمات کلیدی نمایانگر یک حوزه فعال پژوهشی هستند که به طور گسترده از سنجش از دور برای مطالعه جنبه‌های مختلف بارش در ایران، از جمله تغییرات اقلیمی، خشکسالی، و مدیریت منابع آب در مقیاس حوضه‌های آبریز استفاده می‌کند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

روند پویایی واژگان کلیدی در پژوهش‌های سنجش از دور بارش ایران

تحلیل روند فراوانی واژگان کلیدی مستخرج از مقالات نمایه شده در پایگاه داده Web of Science (WOS) در حوزه کاربرد سنجش از دور در پایش بارش ایران، دریچه‌ای ارزشمند به سوی درک پویایی تکاملی این حوزه پژوهشی فراهم می‌سازد. بررسی کمی و کیفی این روند، نه‌تنها نقاط کانونی توجه پژوهشگران در طول زمان را آشکار می‌سازد، بلکه تحولات پارادایم‌های غالب و ظهور حوزه‌های نوظهور را نیز نمایان می‌سازد. این تحلیل، با تمرکز بر واژگان کلیدی پرتکرار و چارک‌های زمانی توزیع آن‌ها (Q1، Median، Q3)، به تبیین مسیر تکاملی پژوهش‌های سنجش از دور بارش در ایران از مطالعات پایه‌ای و روش‌شناختی به سوی تحقیقات کاربردی با تاکید بر تغییرات اقلیمی و ارزیابی عملکرد محصولات می‌پردازد (شکل ۸).



شکل ۸- روند پرتکرارترین کلمات کلیدی در پژوهش‌های پیرامون کاربرد سنجش از دور در برداشت داده‌های بارش

Figure 8- Trend of the most frequent keywords in research on the use of remote sensing in collecting precipitation data

دوره آغازین (چارک اول Q1) بنیان‌های جغرافیایی و زیرساخت‌های داده‌ای

در ابتدای مسیر پژوهشی سنجش از دور بارش در ایران (چارک اول توزیع زمانی مقالات)، غلبه واژگان کلیدی نظیر "China"، "ENSO" و"network" قابل مشاهده است. این امر، بازتاب‌دهنده چند جنبه اساسی در شکل‌گیری این حوزه در ایران است:

تأثیرپذیری از پیشگامان جهانی (China): چین به‌عنوان یکی از کشورهای پیشرو در توسعه و کاربرد فناوری سنجش از دور، به ویژه در حوزه هواشناسی و اقلیم‌شناسی، طبیعتاً به عنوان یک مرجع و الگو در ابتدای راه برای پژوهشگران ایرانی مطرح بوده است (Zhang et al., 2024). استفاده از واژه "China" می‌تواند نشان‌دهنده بررسی تجارب و روش‌های توسعه‌یافته در این کشور و تلاش برای انطباق و بومی‌سازی آنها در زمینه اقلیمی و جغرافیایی ایران باشد.

اهمیت پدیده‌های اقلیمی کلان‌مقیاس (ENSO): پدیده ال نینو- نوسان جنوبی (ENSO) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین الگوهای تغییرپذیری اقلیمی در سطح جهانی، تأثیرات گسترده‌ای بر الگوهای بارش در مناطق مختلف از جمله ایران دارد (Chavda et al., 2024; Pazhouhesh et al., 2025). توجه به واژه ENSO در این دوره اولیه، حاکی از درک اهمیت این پدیده در فهم دینامیک بارش ایران و احتمالاً تلاش برای به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در پایش و پیش‌بینی اثرات آن بوده است.

نیاز به زیرساخت‌های پایش (network): توسعه و بهبود شبکه‌های پایش زمینی بارش (هواشناسی سنتی) و همچنین شبکه‌های دریافت و پردازش داده‌های سنجش از دور، از ملزومات اساسی برای انجام پژوهش‌های معتبر در این حوزه است. کاربرد واژه "network"

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

در این چارک زمانی، نشان‌دهنده تمرکز بر توسعه یا بهبود این زیرساخت‌ها و یا بررسی نقش و کارایی شبکه‌های موجود در تلفیق با داده‌های سنجش از دور بوده است.

به طور خلاصه، واژگان کلیدی غالب در چارک اول، تصویری از تلاش‌های اولیه برای ایجاد بنیان‌های علمی و فنی لازم جهت ورود به حوزه پژوهشی سنجش از دور بارش در ایران را ترسیم می‌کنند، با تأکید بر الگوبرداری از تجارب جهانی، توجه به عوامل اقلیمی مؤثر و توسعه زیرساخت‌های داده‌ای.

دوره میانی (چارک میانی Median) توسعه روش‌شناسی و تحلیل ویژگی‌های بارش

با گذر از دوره آغازین، پژوهش‌های سنجش از دور بارش در ایران به مرحله‌ای از بلوغ روش‌شناختی و تمرکز بر تحلیل ویژگی‌های کمی و کیفی بارش وارد می‌شوند. این تحول در روند واژگان کلیدی، با برجسته‌تر شدن واژگانی نظیر "dataset"، "interpolation"، "variability" و "rainfall" در چارک میانی قابل مشاهده است:

تأکید بر داده‌های سنجش از دور (dataset): ورود و دسترسی به مجموعه‌های داده‌های سنجش از دوری بارش با کیفیت و کمیت مناسب، پیش‌شرط اساسی برای انجام تحلیل‌های دقیق‌تر و معتبرتر است. فراوانی واژه "dataset" در این دوره، نمایانگر فراهم شدن دسترسی به این داده‌ها و یا تمرکز پژوهشگران بر ارزیابی و به‌کارگیری مجموعه‌های داده‌های مختلف سنجش از دور موجود بوده است.

بهبود دقت داده‌ها از طریق درونیابی (interpolation): داده‌های سنجش از دور، به ویژه داده‌های ماهواره‌ای، معمولاً دارای تفکیک‌پذیری مکانی و زمانی محدودتری نسبت به داده‌های زمینی می‌باشند (Golkhatmi & Farzandi, 2024). روش‌های درونیابی (interpolation) به‌منظور افزایش دقت و تفکیک‌پذیری مکانی داده‌های سنجش از دور و تلفیق آنها با داده‌های زمینی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Shen et al., 2024). برجستگی واژه "interpolation" در این دوره، نشان‌دهنده تمرکز بر توسعه و ارزیابی روش‌های بهینه درونیابی برای تولید داده‌های بارش دقیق‌تر و با تفکیک‌پذیری مکانی مناسب‌تر با استفاده از داده‌های سنجش از دور بوده است.

تحلیل تغییرپذیری بارش (variability): بارش به‌عنوان یک پدیده اقلیمی بسیار پویا، دارای تغییرپذیری زمانی و مکانی قابل توجهی است. درک و تحلیل این تغییرپذیری، از جنبه‌های اساسی مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مخاطرات اقلیمی نظیر خشکسالی و سیلاب محسوب می‌شود (Liu et al., 2024; Lu et al., 2024). تأکید بر واژه "variability" در این دوره، بیانگر توجه پژوهشگران به تحلیل الگوهای تغییرپذیری بارش در ایران با استفاده از داده‌های سنجش از دور و ارزیابی توانمندی این داده‌ها در پایش و مدل‌سازی این تغییرات بوده است.

در مجموع، دوره میانی پژوهش‌های سنجش از دور بارش در ایران، دوره‌ای از توسعه روش‌های تحلیلی، تمرکز بر داده‌های سنجش از دور و تلاش برای درک بهتر ویژگی‌های بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی با بهره‌گیری از این فناوری نوین محسوب می‌شود.

دوره متاخر (چارک سوم Q3) ارزیابی عملکرد، تغییرات اقلیمی و کاربردهای عملی

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های سنجش از دور بارش در ایران وارد مرحله‌ای کاربردی‌تر و با تمرکز بر چالش‌های اقلیمی روزافزون شده‌اند. این تحول در روند واژگان کلیدی، با صعود چشمگیر واژگانی نظیر "performance"، "trends"، "climate-change" و"temperature" در چارک سوم مشهود است:

ارزیابی عملکرد محصولات سنجش از دور (performance): با توسعه و تنوع مجموعه‌های داده‌های سنجش از دوری بارش، ارزیابی دقت و قابلیت اطمینان این داده‌ها در شرایط اقلیمی و جغرافیایی خاص ایران، از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار شده است (Golkhatmi & Farzandi, 2024; Mirzaei Hassanlu et al., 2024). برجستگی واژه "performance" در این دوره، نشان‌دهنده تمرکز پژوهشگران بر ارزیابی عملکرد محصولات مختلف سنجش از دور بارش در ایران و تلاش برای شناسایی نقاط قوت و ضعف آنها و تعیین میزان کارایی آنها در کاربردهای مختلف بوده است.

تحلیل روند تغییرات بارش (trends): تغییرات اقلیمی به عنوان یک چالش جهانی، تأثیرات قابل توجهی بر الگوهای بارش در مناطق مختلف از جمله ایران داشته و دارد (Dastigerdi et al., 2024; Khashei Siuki et al., 2025). تحلیل روندهای تغییرات بارش در بلندمدت، برای درک بهتر اثرات تغییرات اقلیمی و برنامه‌ریزی‌های سازگاری و کاهش اثرات، ضروری است (Nouri, 2024). صعود واژه "trends"در این دوره، حاکی از تمرکز پژوهش‌ها بر تحلیل روندهای تغییرات بارش در ایران با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تلاش برای تفکیک روندهای ناشی از تغییرات اقلیمی از تغییرپذیری‌های طبیعی بوده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

تأثیر تغییرات اقلیمی (climate-change): واژه "climate-change" به‌عنوان یکی از کلیدواژه‌های اصلی مرتبط با چالش‌های زیست‌محیطی و اقلیمی معاصر، در این دوره به شدت برجسته می‌شود (Hu et al., 2025; Tosan, Gharib, et al., 2025). این امر، انعکاس‌دهنده توجه روزافزون جامعه علمی و سیاست‌گذاران به موضوع تغییرات اقلیمی و ضرورت به‌کارگیری فناوری‌های نوین نظیر سنجش از دور در پایش و مدیریت اثرات آن است (Neelin et al., 2022). فراوانی واژه "climate-change" در این دوره، نشان‌دهنده ادغام موضوع تغییرات اقلیمی به عنوان یک محور اصلی در پژوهش‌های سنجش از دور بارش در ایران و تلاش برای بررسی و مدل‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی بر الگوهای بارش و منابع آب کشور است.

نقش دما (temperature): دما به‌عنوان یکی از پارامترهای کلیدی اقلیمی، نقش مهمی در فرآیندهای بارش و به ویژه نوع بارش (برف، باران، تگرگ) دارد (Neelin et al., 2022). افزایش دما ناشی از تغییرات اقلیمی، می‌تواند الگوهای بارش را تغییر داده و منجر به تغییر نوع بارش، کاهش بارش برف و افزایش بارش باران، و در نتیجه تغییر در رژیم جریان رودخانه‌ها و منابع آب گردد (Pepin et al., 2022). برجستگی واژه "temperature" در این دوره، نشان‌دهنده توجه پژوهشگران به نقش دما در الگوهای بارش ایران و تلاش برای بررسی اثرات تغییرات دما بر بارش با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌های اقلیمی بوده است.

علاوه بر این، تداوم حضور واژگان کلیدی "products"، "analysis TMPA" و "passive microwave" در چارک سوم، نشان می‌دهد که پژوهش‌ها کماکان از داده‌های سنجش از دور موجود و تکنیک‌های سنجش از دور غیرفعال بهره می‌برند، اما با رویکردی کاربردی‌تر و با هدف ارزیابی کارایی آنها در تحلیل تغییرات اقلیمی و روندهای بارشی (Hinge et al., 2021). همچنین، ورود واژگان "gauge"و "gauge data" در چارک سوم، حاکی از اهمیت یافتن داده‌های زمینی در اعتبارسنجی و تکمیل داده‌های سنجش از دور در پژوهش‌های اخیر و تلاش برای تلفیق بهینه این دو منبع داده‌ای به منظور تولید داده‌های بارش با دقت و جامعیت بیشتر است (Liao & Meneghini, 2022).

نتیجه‌گیری

این پژوهش علم‌سنجی با هدف ارائه یک تحلیل جامع و کمی از وضعیت پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاربرد سنجش از دور در برآورد بارش در ایران طی دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ صورت پذیرفت. یافته‌های این مطالعه، نمایانگر رشد چشمگیر تولیدات علمی در این حوزه با نرخ تصاعدی قابل توجه (۲۰/۲۵ درصد) و افزایش فزاینده اهمیت آن در مواجهه با چالش‌های مدیریت منابع آب در کشور، به ویژه در شرایط اقلیمی متغیر، می‌باشد. تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهد که تحلیل دقیق و چندمقیاسی تغییرات زمانی–مکانی بارش در ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور، به عنوان یک محور کلیدی در پژوهش‌های پر استناد این حوزه مطرح بوده است. موقعیت جغرافیایی و تنوع اقلیمی ایران، از مناطق خشک و نیمه‌خشک تا نواحی مرطوب و کوهستانی، چالش‌های منحصربه‌فردی را در زمینه برآورد دقیق بارش ایجاد می‌کند که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با پوشش گسترده و تفکیک‌پذیری مناسب، راهکاری موثر برای غلبه بر محدودیت‌های شبکه‌های پایش زمینی سنتی ارائه می‌دهد. مطالعات برجسته در این حوزه، به طور خاص بر ارزیابی و اعتبارسنجی محصولات متنوع سنجش از دوری بارش نظیر GPM-IMERG، TRMM و PERSIANN در شرایط اقلیمی گوناگون ایران تمرکز داشته‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که محصول GPM-IMERG به دلیل دقت بالاتر در برآورد بارش‌های مختلف، از جمله بارش‌های همرفتی و توپوگرافیک، عملکرد بهتری نسبت به سایر محصولات در بسیاری از مناطق ایران نشان داده است. علاوه بر این، توسعه و به‌کارگیری الگوریتم‌های نوین کاهش مقیاس مکانی، به ویژه روش‌های مبتنی بر روابط غیرخطی بین بارش و شاخص‌های پوشش گیاهی مانند NDVI، امکان بهبود دقت و تفکیک‌پذیری داده‌های ماهواره‌ای را تا سطح ۱ کیلومتر فراهم آورده است که برای مطالعات هیدرولوژیکی در مقیاس حوضه‌های آبریز بسیار حائز اهمیت است. در زمینه کاربردهای هیدرولوژیک، پژوهش‌های بررسی شده نشان می دهد که داده‌های سنجش از دور بارش نقش بسزایی در پایش و تحلیل پدیده خشکسالی در ابعاد مختلف هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در ایران ایفا کرده‌اند. این داده‌ها همچنین در بررسی تغییرات جریان رودخانه‌ها، تخمین حجم رواناب و مدیریت مخازن سدها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با مدل‌های هیدرولوژیکی و الگوریتم‌های پیشرفته واسنجی و اعتبارسنجی (با استفاده از شاخص‌های کمی نظیر RMSE، MAE، CC و شاخص‌های رویدادهای حدی بارش مانند POD، CSI و FAR) منجر به بهبود چشمگیر دقت شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی و ارتقای توانایی پیش‌بینی سیلاب و خشکسالی در ایران شده است. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه، همچنان چالش‌هایی در زمینه کاربرد سنجش از دور در برآورد بارش در ایران وجود دارد. توسعه الگوریتم‌های بومی برآورد بارش که به طور خاص برای شرایط اقلیمی و توپوگرافی متنوع ایران بهینه شده باشند، از اولویت‌های پژوهشی آتی محسوب می‌شود. همچنین،

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

بهره‌گیری از ظرفیت‌های داده‌های ماهواره‌ای با تفکیک مکانی و زمانی بالاتر، مانند ماموریت‌های نسل جدید و نیز تلفیق هوشمندانه داده‌های سنجش از دور با داده‌های مدل‌های اقلیمی، شبکه‌های پایش زمینی و سایر منابع اطلاعاتی (Data Fusion) به منظور تولید داده‌های بارش با دقت و جامعیت بیشتر، ضروری به نظر می‌رسد. در نهایت، این پژوهش علم‌سنجی بر نقش حیاتی و فزاینده فناوری سنجش از دور در ارتقای دانش ما از الگوهای بارش در ایران و کمک به مدیریت پایدار منابع آب در این کشور تاکید می‌کند. با توجه به اهمیت روزافزون برآورد دقیق بارش در شرایط تغییرات اقلیمی و پیشرفت‌های مستمر در فناوری‌های سنجش از دور، انتظار می‌رود که این حوزه پژوهشی در آینده نیز به رشد خود ادامه داده و نقش محوری‌تری در تامین امنیت آبی و توسعه پایدار ایران ایفا نماید. توصیه می‌شود پژوهش‌های آتی با تمرکز ویژه بر توسعه روش‌های واسنجی و اعتبارسنجی منطقه‌ای، بررسی عدم قطعیت‌های موجود در داده‌های ماهواره‌ای بارش، و توسعه کاربردهای عملی این داده‌ها در حوزه‌های کلیدی نظیر کشاورزی دقیق، مدیریت اکوسیستم‌ها و برنامه‌ریزی شهری در ایران، به غنای هرچه بیشتر این حوزه پژوهشی کمک نمایند.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش از هیچ سازمانی پشتیبانی مالی نشده است.

مشارکت نویسندگان: مهسا مردانی، معین توسن، علی نصیریان و مهدی دستورانی؛ بخش‌های مختلف مقاله توسط نام‌بردگان انجام و نگاشته شده است.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از حمایت‌های دانشگاه بیرجند تشکر می‌نمایند.

منابع

۱. اکبرپور، ابوالفضل، دستورانی، مهدی، توسن، معین و قریب، محمدرضا (۱۴۰۲) تحلیل کارایی اجزای محدود در مطالعات آب زیرزمینی بر اساس Web of Science با استفاده از R Biblioshiny. *آبخوان و قنات*، ۴(۲)، ۱۴۸-۱۳۱.
https://doi.org/10.22077/jaaq.2024.7481.1071

۲. توسن، معین، دستورانی، مهدی، اکبرپور، ابوالفضل و قریب، محمدرضا (۱۴۰۳) آشکارسازی پژوهش‌های جهانی آب های زیرزمینی در حوزه شبیه‌سازی عددی بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۳. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۲)، ۷۹-۱۰۴.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.2.6.1

۳. توسن، معین، خاشعی سیوکی، عباس، ماروسی، علی و قریب، محمدرضا (۱۴۰۳) مروری بر مدیریت هوشمند آب در استقرار کشاورزی پایدار مبتنی بر اینترنت اشیاء. *مدیریت آب در کشاورزی*، ۱۱(۱): ۱۶۶-۱۴۵.

۴. توسن، معین، ماروسی، علی (۱۴۰۳) بررسی عملکرد الگوریتم هیبریدی بهینه‌سازی خرگوش مصنوعی (ANN-ARO) در پیش‌بینی تبخیر و تعرق مرجع با پارامترهای اقلیمی محدود. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۱)، ۶۶-۴۷.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.1.3.6

References

1. Akbarpour, A., Dastourani, M., Tosan, M., & Gharib, M. (2024). Performance analysis of finite element method in groundwater studies based on Web of Science using R Biblioshiny. *Journal of Auifer and Qanat*, *4*(2), 131-148. [In Persian]
2. Alijanian, M., Rakhshandehroo ,G. R., Mishra, A. K., & Dehghani, M. (2017). Evaluation of satellite rainfall climatology using CMORPH, PERSIANN-CDR, PERSIANN, TRMM, MSWEP over Iran. *International Journal of Climatology*, *37*(14), 4896-4914. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17352347.1401.18.1.14.2
3. Chavda, D., Li, J., & Farahmand, A. (2024). Assessing the influence of El Niño on the California precipitation regime during the satellite precipitation era. *Hydrological Processes*, *38*(5), e15160. https://doi.org/10.1002/hyp.15160
4. Chen, F., Huang, W., Jin, L., Chen, J., & Wang, J. (2011). Spatiotemporal precipitation variations in the arid Central Asia in the context of global warming. *Science China Earth Sciences*, *54*, 1812-1821. https://doi.org/10.1007/s11430-011-4333-8
5. Dastigerdi, M., Nadi, M., Sarjaz, M. R., & Kiapasha, K. (2024). Trend analysis of MODIS NDVI time series and its relationship to temperature and precipitation in Northeastern of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, *196*(4), 346. http://dx.doi.org/10.1007/s10661-024-12463-y

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

6. Duan, Z., & Bastiaanssen, W. (2013). First results from Version 7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling–calibration procedure. *Remote Sensing of Environment*, *131*, 1-13. http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.002
7. Enayati, M., Bozorg-Haddad, O., Bazrafshan, J., Hejabi, S., & Chu, X. (2021). Bias correction capabilities of quantile mapping methods for rainfall and temperature variables. *Journal of Water and Climate Change*, 2(2), 401-419. https://doi.org/10.2166/wcc.2020.261
8. Golkhatmi, N. S. N., & Farzandi, M. (2024). Enhancing rainfall data consistency and completeness: A spatiotemporal quality control approach and missing data reconstruction using MICE on large precipitation datasets. *Water Resources Management*, *38*(3), 815-833. http://dx.doi.org/10.1007/s11269-023-03567-0
9. Guo, J., Liu, Z., & Zhu, X. X. (2024). Assessing the macro-scale patterns of urban tree canopy cover in Brazil using high-resolution remote sensing images. *Sustainable Cities and Society*, *100*, 105003. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105003
10. Hinge, G., Hamouda, M. A ,„Long, D., & Mohamed, M. M. (2022). Hydrologic utility of satellite precipitation products in flood prediction: A meta-data analysis and lessons learnt. *Journal of Hydrology*, *612*, 128103. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128103
11. Hinge, G., Mohamed, M. M., Long, D., & Hamouda, M. A. (2021). Meta-analysis in using satellite precipitation products for drought monitoring: Lessons learnt and way forward. *Remote Sensing*, *13*(21), 4353. https://doi.org/10.3390/rs13214353
12. Hu, H., Liu, X., He, Y., Feng, J., Xu, Y., & Jing, J. (2025). Legacy effects of precipitation change: theories , dynamics, and applications. *Journal of Environmental Management*, *373*, 123729. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123729
13. Khashei Siuki, A. , Maroosi, A. and Tosan, M. (2025). Evaluation of the hybrid artificial neural network-coati optimization algorithm (ANN-COA) model for predicting saffron water demand using limited climatic parameters. *Saffron Agronomy and Technology*, 12(4), 391-413. doi: 10.22048/jsat.2024.465148.1533
14. Liao, L., & Meneghini, R. (2022). GPM DPR retrievals: Algorithm, evaluation, and validation. *Remote Sensing*, *14*(4), 843. https://doi.org/10.3390/rs14040843
15. Liu, J., Li, B., & Ma, M. (2024). Spatiotemporal variation and causes of typical extreme precipitation events in Shandong Province over the last 50 years. *Remote Sensing*, *16*(7), 1283. https://doi.org/10.3390/rs16071283
16. Lu, J., Wang, K., Wu, G., & Mao, Y. (2024). Evaluation of Multisource Datasets in Characterizing Spatiotemporal Characteristics of Extreme Precipitation from 2001 to 2019 in China. *Journal of Hydrometeorology*, *25*(3), 515-539. https://doi.org/10.1175/JHM-D-23-0162.1
17. Madhavi, M., Kolikipogu, R., Prabakar, S., Banerjee, S., Maguluri, L. P., Raj, G. B., & Balaram, A. (2024). Experimental evaluation of remote sensing–based climate change prediction using enhanced deep learning strategy. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 1-15. https://doi.org/10.1177/27539687251357020
18. Mirzaei Hassanlu, A., Erfanian, M., Javan, K., & Najafi, M. R. (2024). Daily precipitation concentration and Shannon's entropy characteristics: spatial and temporal variability in Iran, 1966–2018. *Theoretical and Applied Climatology*, *155*(1), 489-511. https://doi.org/10.1007/s00704-023-04647-2
19. Moazami, S., Golian, S., Kavianpour, M. R., & Hong, Y. (2013). Comparison of PERSIANN and V7 TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *International journal of remote sensing*, *34*(22), 8156-8171. http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2013.833360
20. Neelin, J. D., Martinez-Villalobos, C., Stechmann, S. N., Ahmed, F., Chen, G., Norris, J. M., Kuo, Y.-H., & Lenderink, G. (2022). Precipitation extremes and water vapor: relationships in current climate and implications for climate change. *Current Climate Change Reports*, *8*(1), 17-33. https://doi.org/10.1007/s40641-021-00177-z
21. Nouri, M. (2024). Unveiling precipitation trend characteristics in changing poorly-gauged regions: Leveraging alternative raster sources. *Water Resources Management*, 1-19. http://dx.doi.org/10.1007/s11269-024-04009-1
22. Pazhouhesh, F., Nasr Esfahani, M. A., & Ghasemi, A. R. (2025). The effects of NAO and ENSO on the frequency and intensity of atmospheric rivers in Iran. *Iranian Water Researches Journal*. https://doi.org/10.22034/iwrj.2025.15062.2655
23. Pepin, N., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., Palazzi, E., Seibert, P., Serafin, S., & Schöner, W. (2022). Climate changes and their elevational patterns in the mountains of the world. *Reviews of Geophysics*, *60* ,(۱)e2020RG000730. https://doi.org/10.1029/2020RG000730
24. Rahimzadeh, F., Asgari, A., & Fattahi, E. (2009). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, *29*(3), 329-34. https://doi.org/10.1002/joc.1739

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]

25. Salahi, A., Ashrafzadeh, A., & Vazifedoust, M. (2024). Remote sensing-based precipitation forecasting using cloud optical characteristics: threshold optimization and evaluation in Northern and Western Iran. *Natural Hazards*, *120*(4), 3661-3675. https://doi.org/10.1007/s11069-023-06352-9
26. Sharifi, E., Steinacker, R., & Saghafian, B. (2016). Assessment of GPM-IMERG and other precipitation products against gauge data under different topographic and climatic conditions in Iran: Preliminary results. *Remote Sensing*, *8*(2), 135. https://doi.org/10.3390/rs8020135
27. Shen, W., Chen, S ,.Xu, J., Zhang, Y., Liang, X., & Zhang, Y. (2024). Enhancing extreme precipitation forecasts through machine learning quality control of precipitable water data from satellite FengYun-2E: A Comparative study of minimum covariance determinant and isolation forest methods. *Remote Sensing*, *16*(16), 3104. https://doi.org/10.3390/rs16163104
28. Shen, Z., Yong, B., Gourley, J. J., & Qi, W. (2021). Real-time bias adjustment for satellite-based precipitation estimates over Mainland China. *Journal of Hydrology*, *596*, 126133. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126133
29. Soltani, M., Laux, P ,.Kunstmann, H., Stan, K., Sohrabi, M., Molanejad, M., Sabziparvar, A., Ranjbar SaadatAbadi, A., Ranjbar, F., & Rousta, I. (2016). Assessment of climate variations in temperature and precipitation extreme events over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, *126*, 775-795. https://doi.org/10.1007/s00704-015-1609-5
30. Some'e, B. S., Ezani, A., & Tabari, H. (2012). Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. *Atmospheric research*, *113*, 1-12. http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.04.016
31. Terink, W., Immerzeel, W. W., & Droogers, P. (2013). Climate change projections of precipitation and reference evapotranspiration for the Middle East and Northern Africa until 2050. *Int. J. Climatol*, *33*(14), 3055-3072. https://doi.org/10.1002/joc.3650
32. Tosan, M., Dastourani, M., Akbarpour, A., & Gharib, M. R. (2024). Global trend analysis of numerical simulation application in groundwater based on WoS database using VOSviewer and Biblioshiny between 1997 and 2023. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, *12*(2), 79-104. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.2.6.1. [In Persian]
33. Tosan, M., Nourani, V., Kisi, O., & Dastourani, M. (2025). Evolution of ensemble machine learning approaches in water resources management: a review. *Earth Science Informatics*, *18*(2), 1-36. http://dx.doi.org/10.1007/s12145-025-01911-z. [In Persian]
34. Tosan, M., Gharib, M. R., Attar, N. F., & Maroosi, A. (2025). Enhancing evapotranspiration estimation: A bibliometric and systematic review of hybrid neural networks in water resource management. *Computer Modeling in Engineering & Sciences (CMES)*, *142*(2). https://doi.org/10.32604/cmes.2025.058595. [In Persian]
35. Tosan, M., Khashei-Siuki, A., Maroosi, A., & Gharib, M. R. (2024). A review of smart water management for sustainable agriculture based on the internet of things. *Water Management in Agriculture*, *11*(1), 145-166.
36. Tosan, M., Khashei Siuki, A., Sangari, M., & Rezvani Moghaddam, P. (2024). Analysis of the global research trend of saffron (Crocus sativus L.) between 2000-2023. *Saffron Agronomy and Technology*, *12*(2), 115-138. https://doi.org/10.22048/jsat.2024.443037.1524
37. Tosan, M., & Maroosi, A. (2024). Investigating the performance of artificial rabbit optimization hybrid algorithm (ANN-ARO) in forecasting reference evapotranspiration with limited climatic parameters. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, *12*(1), 47-66. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.1.3.6
38. Tosan, M., Shamshirgaran, R. and Falaki, M. (2025). A review of participatory management's role in reducing vulnerability and enhancing resilience to climate change and drought (2006-2024). *Journal of Drought and Climate change Research*, *2*(4), 161-184. doi: 10.22077/jdcr.2025.8565.1095
39. Uysal, G., & Şorman, A. Ü. (2021). Evaluation of PERSIANN family remote sensing precipitation products for snowmelt runoff estimation in a mountainous basin. *Hydrological Sciences Journal*, *66*(12). 1790-1807. http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2021.1954651
40. Varma, A. K. (2024). Space-borne RADARs for precipitation measurement. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s12524-024-02044-4
41. Zhang, L., Jiapaer, G., Yu, T., Umuhoza, J., Tu, H., Chen, B., Liang, H., Lin, K., Ju, T., & De Maeyer, P. (2024). Evaluating and correcting temperature and precipitation grid products in the arid region of Altay, China. *Remote Sensing*, *16*(2), 283. https://doi.org/10.3390/rs16020283

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.2.1.3]