Scientometrics Research Journal

Scientific Bi-Quarterly of Shahed University
Vol. 12, No. 1, Spring & Summer 2026 (Serial 23)

Research Article

DOI: 10.22070/rsci.2025.20548.1819

Scholarly Analysis and Knowledge Dynamics of Global Water Crisis Research: Co-word Patterns and Conceptual Clusters

Hamid Ahmadi [1*]

Bahman Farhadi Bansouleh [2]

1. Assistant Professor, Department of Information Science and Knowledge Studies, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran, (Corresponding author).

2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
Email: bfarhadi2001@yahoo.com

Email: hamid_ahmadi@razi.ac.ir

Received: 27/05/2025

Final revision: 05/08/2025

Accepted: 21/08/2025

Early online access: 23/08/2025

Published: 01/04/2026

CC BY

Abstract

Purpose: The objective of this study is to identify key concepts, research patterns, conceptual clusters, and the knowledge network structure within the global water crisis domain.

Methodology: This applied research employs a scientometric approach to analyze the conceptual structure of global studies on the water crisis. Using Utilizing analysis, it identifies relationships among key terms, while the K-means clustering technique organizes related concepts into thematic clusters. The study is based on a dataset of 23,980 articles retrieved from the Web of Science database, covering the period from 2000 to 2024. Data analysis was conducted using UCINET, NetDraw, and VOSviewer software, which enabled visualization of conceptual networks and the assessment of centrality metrics (degree, betweenness, and closeness). These methods helped facilitate the identification of emerging concepts, reveal interconnections, and provide a structured understanding of the current research landscape and gaps in the field of water crisis studies.

Findings: The findings of the study revealed that the concepts *water stress*, *water*, and *drought* had the highest frequency among the examined scientific documents. Furthermore, concepts such as *water scarcity*, *water quality*, *water pollution*, and *climate change* were also significantly repeated in the research literature. According to the results of this study, more than 100 new concepts related to the water crisis have emerged in the past decade. Clustering results indicate that the water crisis can be categorized into 11 conceptual clusters. The first cluster, with 769 concepts, is the largest and focuses on the topic of drought. The second cluster (570 concepts) centers on water quality, and the third cluster (493 concepts) is dedicated to water resource management. In total, research in this field forms 8 independent clusters. Although the ninth cluster shares some similarities with the third cluster, their differences distinguish them from one another. The tenth and eleventh clusters, with a limited number of concepts, indicate less research focus on these areas. The conceptual network analysis of this domain was conducted

Scientometrics Research Journal

Scientific Bi-Quarterly of Shahed University
Vol. 12, No. 1, Spring & Summer 2026 (Serial 23)

Research Article

DOI: 10.22070/rsci.2025.20548.1819

Hamid Ahmadi [1*]

Bahman Farhadi Bansouleh [2]

Received: *27/05/2025*

Final revision: *05/08/2025*

Accepted: *21/08/2025*

Early online access: *23/08/2025*

Published: *01/04/2026*

based on 3,005 nodes and 9,450 links. The average network density was 0.0335, with each concept linked to an average of 101 other concepts. According to the *degree centrality* index, the concepts *water* (7,080), *water stress* (6,551), and *drought* (4,027) play the most significant roles. Additionally, concepts such as *water scarcity*, *water quality*, "Water *Consumption*, *water pollution*, and *climate change* exhibit high connectivity. The average degree centrality was 101.342 with a standard deviation of 265.340, and the network concentration was 1.461%, indicating a relatively balanced distribution of connections. Based on the *betweenness centrality* index, the concepts *water* (13.121), *water stress* (9.057), and *drought* (4.847) play a key role in connecting concepts. The overall network concentration was 13.09% with a standard deviation of 0.343. In the *closeness centrality index*, the *concepts water* (69.620), *water stress* (66.005), and *drought* (62.039) showed the highest proximity, while the average for this index was 46.212. The most significant co-occurrences with link strength include *efficiency–water* (158), *sanitation–water* (129), *water stress–drought* (105), *climate change–water scarcity* (104), and *pollution–water* (98).

Conclusion: The water crisis is a multidimensional and complex concept that requires thorough examination from various perspectives. This study, employing co-word and conceptual network analysis, has explored the knowledge structure within this domain. The findings indicate that key concepts such as *water stress, drought, water scarcity, water quality*, and *climate change* constitute the core of research in this field. Additionally, the emergence of new concepts reflects the dynamism and evolution of this scientific domain in addressing complex challenges like climate change and the need for sustainable water resource management. These concepts represent the scientific community's efforts to develop effective and practical solutions. Concept clustering results reveal that research in the water crisis domain primarily focuses on central topics such as drought, water quality, and water resource management; however, attention has also been given to emerging and more specialized topics, including the impact of heatwaves and groundwater management. The diversity of conceptual clusters illustrates the inherent complexity of the water crisis and underscores the need for further research, particularly in environmental sustainability and innovative water technologies, to achieve comprehensive and efficient solutions. In summary, the water crisis is a multifaceted phenomenon rooted in the complex interplay of human, natural, and climatic factors. This complexity has driven significant growth in related research. However, the findings reveal that the conceptual network within this domain remains somewhat fragmented, with considerable potential to establish more meaningful connections between concepts and strengthen its theoretical coherence.

Keywords: Water crisis, Co-Word analysis, Concept clustering, Research articles, Conceptual network Structure.

پژوهش‌نامه علم‌سنجی
دوفصلنامه علمی دانشگاه شاهد/ دوره ۱۲/ شماره ۱/ بهار و تابستان ۱۴۰۵ (پیاپی ۲۳)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/rsci.2025.20548.1819

تحلیل دانش‌پژوهی و پویایی‌شناسی دانش حوزه مطالعات بحران آب در سطح جهانی: الگوهای هم‌واژگانی و خوشه‌های مفهومی

حمید احمدی [1*]

بهمن فرهادی بانسوله [2]

۱. استادیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسئول).

۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
Email: bfarhadi2001@yahoo.com

Email: hamid_ahmadi@razi.ac.ir

صفحه ۴۴۲-۴۱۳

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶

بازنگری نهایی: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰

زودآیند: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۱۲

CC BY

چکیده

هدف: این مطالعه باهدف شناسایی مفاهیم کلیدی، الگوهای پژوهشی، خوشه‌های مفهومی و ساختار شبکه دانش در حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی انجام‌شده است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر ازنظر هدف، کاربردی و با رویکرد علم‌سنجی و با روش تحلیل هم واژگانی انجام‌شده است. جامعهٔ آماری شامل ۲۳۹۸۰ مقالهٔ نمایه‌شده در پایگاه اطلاعاتی وب‌آوساینس است که در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ گردآوری شده‌اند. برای تحلیل داده‌ها از فنون تحلیل هم‌رخدادی واژگان، خوشه‌بندی K-means و ترسیم شبکه مفهومی بر مبنای شاخص‌های مرکزیت رتبه، بینابینی و نزدیکی استفاده شد. تحلیل‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای راور ماتریس، یوسی آی نت، نت دراو و ووس ویور انجام گرفت.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان دادند مفاهیمی همچون تنش آبی، خشکسالی، کمبود آب، کیفیت آب، آلودگی آب و تغییرات اقلیمی بیشترین بسامد را در مقالات علمی داشته‌اند. نتایج خوشه‌بندی بیانگر آن است که بحران آب در ۱۱ خوشهٔ مفهومی قابل طبقه‌بندی است. تحلیل شبکه مفهومی دانش این حوزه بر اساس پژوهش‌های آن از ۳۰۰۵ گره و ۹۴۵۰ پیوند تشکیل‌شده و میانگین تراکم شبکه ۰.۰۳۳۵ است، به‌گونه‌ای که هر مفهوم به‌طور متوسط با ۱۰۱ مفهوم دیگر پیوند دارد. مهم‌ترین هم‌رخدادی‌های مفهومی شامل بهره‌وری- آب، بهداشت- آب، تنش آبی- خشکسالی، تغییرات آب و هوایی- کمبود آب و آلودگی - آب است.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در دههٔ اخیر بیش از ۱۰۰ مفهوم جدید مرتبط با بحران آب در ادبیات علمی مطرح‌شده و مفاهیم کلیدی نظیر تنش آبی، خشکسالی، کمبود آب، کیفیت آب، آلودگی آب و تغییرات آب و هوایی محور اصلی پژوهش‌ها هستند. تحلیل هم‌واژگانی، تصویری جامع از ساختار دانش در حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی ارائه می‌کند و نشان می‌دهد این بحران دارای ریشه‌های انسانی، طبیعی و اقلیمی است و نیازمند اقداماتی هماهنگ در سطوح مختلف می‌باشد. این یافته‌ها به سیاست‌گذاران و پژوهشگران در تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر و بررسی عمیق‌تر مفاهیم نوظهور کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: بحران آب، مقالات پژوهشی، تحلیل هم‌واژگانی، خوشه‌بندی مفاهیم، ساختار شبکه مفهومی.

مقدمه و بیان مسئله

بحران آب، یکی از جدی‌ترین چالش‌های پیش‌روی جهان در قرن بیست و یکم است. این بحران ابعاد گسترده‌ای دارد و عوامل متعددی در ایجاد و تشدید آن نقش دارند. ازجمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به رشد سریع جمعیت، تغییرات اقلیمی، مدیریت ناکارآمد منابع آب و افزایش تقاضا برای آب در بخش‌های مختلفی مانند کشاورزی، صنعت و مصارف خانگی اشاره کرد.

رشد سریع جمعیت، تقاضا برای آب را افزایش داده و فشار مضاعفی بر منابع آبی محدود وارد آورده است (Hossein et al., 2023). تغییرات اقلیمی نیز با تغییر الگوهای بارندگی، کاهش پوشش برف و افزایش خشکسالی‌ها، کمبود آب را تشدید کرده است (Madi & Elshazly, 2021). علاوه بر این، مدیریت ناکارآمد منابع آب، نهادهای پراکنده و سیاست‌گذاری‌های ناکافی، بر شدت بحران آب افزوده‌اند (He et al., 2014). از سوی دیگر، شهرنشینی و فعالیت‌های اقتصادی مانند صنعت و کشاورزی، با آلودگی آب و بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع آبی، بر این بحران دامن زده‌اند (Lepcha et al., 2024).

پیامدهای بحران آب گسترده و چندبُعدی است. کمبود آب آشامیدنی سالم و بهداشت نامناسب، سالانه جان میلیون‌ها نفر را به دلیل بیماری‌های مرتبط با آب می‌گیرد. همچنین، کمبود آب، فعالیت‌های اقتصادی به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و صنعت را مختل کرده و منجر به زیان‌های اقتصادی قابل‌توجه و افزایش رقابت بر سر منابع آبی شده است (Aimar, 2017). علاوه بر این، تنش‌های ژئوپلیتیکی ناشی از کمبود آب، به‌ویژه در مناطقی مانند خاورمیانه و جنوب آسیا، به درگیری بر سر منابع آبی مشترک دامن زده است (Frimpong Boamah, 2020). بهره‌برداری بیش‌ازحد و آلودگی منابع آبی نیز اکوسیستم‌ها را تخریب کرده و تنوع زیستی را کاهش داده است (Lepcha et al., 2024). ازاین‌رو، بحران آب نه‌تنها زندگی روزمره میلیون‌ها نفر را تحت تأثیر قرار داده، بلکه تهدیدی جدی برای توسعه پایدار، امنیت غذایی و سلامت جهانی محسوب می‌شود و مستلزم اقدام فوری و همکاری در سطوح محلی، ملی و بین‌المللی است تا اثرات آن به حداقل برسد.

در این راستا، بهبود مدیریت منابع آب از طریق حکمرانی مؤثر (Shevah, 2019) و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین امری ضروری است. به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته در حوزهٔ حفظ و بازیافت آب، توسعهٔ سیستم‌های برداشت آب باران (Badran, 2017) و جلب مشارکت عمومی در برنامه‌های حفاظت از آب، ازجمله راهکارهای کلیدی به شمار می‌روند. همچنین، افزایش آگاهی عمومی نسبت به اهمیت منابع آب و نقش آن در پایداری بلندمدت (Lepcha et al., 2024) عامل تعیین‌کننده‌ای در موفقیت این راهبردهاست. این رویکردها تاکنون در برخی مناطق جهان با موفقیت اجراشده یا در مراحل مختلف پیاده‌سازی قرار دارند. بااین‌حال، پژوهش‌های حوزهٔ بحران تاکنون عمدتاً بر ابعاد متنوع و پراکنده‌ای تمرکز داشته‌اند که هریک بیانگر ضرورتی اساسی در مواجهه با شرایط پیش‌بینی‌ناپذیر و تهدیدآمیز این حوزه است.

در کنار بحران آب، بحران‌های اقتصادی و مالی که نظام‌های اقتصادی را به چالش کشیده‌اند و نیز بحران‌های بهداشتی نظیر همه‌گیری کووید-۱۹، ضرورت بازاندیشی در ساختارهای بهداشت و سلامت عمومی را برجسته کرده‌اند. همچنین، مسائلی چون تخریب محیط‌زیست، تغییرات اقلیمی و بحران‌های زیست‌محیطی، اهمیت پایداری را در کانون توجه قرار داده‌اند. از سوی دیگر، توجه به بحران‌های مدیریتی و سازمانی، به‌ویژه در زمینهٔ فساد و ناکارآمدی نهادها و نیز نقش رسانه‌ها در شکل‌دهی به ادراک عمومی از بحران‌ها، ابعاد جدیدی از پژوهش‌های بحران

را گشوده است (Aguirre & Paredes Cuervo, 2023; García-Ávila et al., 2023). همه این موارد نشان می‌دهد که بحران، صرفاً یک رخداد گذرا نیست، بلکه پدیده‌ای پیچیده و میان‌رشته‌ای است که نیازمند فهمی عمیق، جامع و مبتنی بر واقعیت‌های اجتماعی، روان‌شناختی، سیاسی و فرهنگی است.

پژوهش‌های علمی نقشی محوری در شناسایی علل بحران آب، ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد و تدوین سیاست‌های مؤثر ایفا می‌کنند. با وجود حجم بالای پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه، نبود یک تحلیل جامع از این مطالعات، مانع از ایجاد یک دیدگاه یکپارچه در مورد پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب شده است. تحلیل محتوای این پژوهش‌ها می‌تواند به شناسایی اولویت‌های پژوهشی و ترسیم نقشهٔ راهی منسجم برای مطالعات آتی کمک کند. ازآنجاکه بحران آب ماهیتی جهانی دارد، تبادل دانش و تجربیات میان کشورها و مناطق مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است و درک شباهت‌ها و تفاوت‌ها در رویکردهای پژوهشی و سیاست‌گذاری در کشورهای مختلف، می‌تواند به تدوین استراتژی‌های مؤثرتر در سطح بین‌المللی کمک کند.

تحلیل محتوای پژوهش‌های موجود در حوزهٔ بحران آب، فراتر از شناسایی صرف واژگان کلیدی، می‌تواند به شناسایی شکاف‌های دانشی، روندهای غالب و اولویت‌های پژوهشی در این حوزه منجر شود. چنین تحلیلی نقشی اساسی در ترسیم نقشهٔ راه پژوهشی ایفا می‌کند؛ به‌ویژه در شرایطی که بحران آب به‌عنوان چالشی جهانی و میان‌رشته‌ای، در تعامل پیچیده‌ای با تغییر اقلیم، رشد جمعیت، توسعه ناپایدار و کمبود منابع قرار دارد (Bai et al., 2022).

مطالعات علم‌سنجی با تحلیل الگوهای هم‌واژگانی و خوشه‌های مفهومی در تولیدات علمی، می‌توانند شکاف‌های پژوهشی را شناسایی و مسیرهای روشنی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی پژوهشی ترسیم کنند. برای نمونه، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که نبود ارتباط مؤثر میان پژوهشگران و سیاست‌گذاران، یکی از چالش‌های اصلی در تبدیل یافته‌های علمی به سیاست‌های عملی است. همچنین در حوزه‌هایی مانند تغییرات آب‌وهوایی، این شکاف منجر به تصمیم‌گیری‌های ناکارآمد شده است، درحالی‌که رویکردهای یکپارچه‌ای همچون «مدل دانش مشارکتی» می‌توانند با تسهیل تعامل بین ذی‌نفعان، راهکارهای مبتنی بر شواهد را تقویت کنند (Khomsi et al., 2024). از سوی دیگر، تحلیل‌های علم‌سنجی نشان می‌دهند که تمرکز نامتوازن پژوهش‌ها بر برخی حوزه‌ها و غفلت از زمینه‌های حیاتی دیگر، نیازمند بازنگری در تخصیص منابع و اولویت‌بندی پروژه‌هاست (زاهدی، ۱۴۰۳). توجه به رویکردهای نوین علم‌سنجی در سیاست‌گذاری‌های علمی می‌تواند به توزیع بهینهٔ منابع پژوهشی و هم‌راستایی آن‌ها با نیازهای ملی بینجامد. این تحلیل‌ها می‌توانند به‌عنوان چارچوبی برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در حوزه‌های علمی و فناوری مورد استفاده قرار گیرند.

بر این اساس، پژوهش حاضر به تحلیل کمی محتوای مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی می‌پردازد تا ضمن ارائه تصویری روشن از وضعیت کنونی، شکاف‌های پژوهشی موجود را شناسایی کرده و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ارائه دهد. در این مسیر، فنون علم‌سنجی به‌عنوان ابزارهایی کمی برای ارزیابی و تحلیل داده‌های علمی در مقیاس وسیع، نقشی کلیدی ایفا می‌کنند. نتایج این تحلیل می‌تواند برای پژوهشگران، سیاست‌گذاران و سازمان‌های بین‌المللی به‌عنوان ابزاری مؤثر در جهت مدیریت بهینه منابع آبی و مقابله با بحران‌های پیش‌رو مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، پرسش اصلی این است که چگونه می‌توان با استفاده از رویکرد علم‌سنجی و تحلیل محتوای متون علمی، ساختار مفهومی پژوهش‌های جهانی مرتبط با بحران آب را شناسایی و تحلیل کرد تا به درکی عمیق‌تری از وضعیت موجود و جهت‌گیری پژوهش‌های آینده در این حوزه دست یافت.

پرسش‌های پژوهش

با توجه به این‌که لازمهٔ مدیریت هدفمند علم و دانش، حصول شناخت و ارزیابی مستدلی از وضعیت کنونی یک حوزهٔ علمی است، به‌منظور دستیابی به هدف اصلی این پژوهش پرسش‌های زیر مطرح می‌شود:

۱. مفاهیم پرتکرار در پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی کدام‌اند؟

۲. مفاهیم نوظهور در ادبیات پژوهشی حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی کدام‌ها است؟

۳. خوشه‌بندی مفاهیم پژوهشی در حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی شامل چند خوشه است؟

٤. ساختار شبکه مفهومی دانش در حوزهٔ پژوهشی بحران آب در سطح جهانی چگونه ترسیم‌شده است؟

چارچوب نظری

بحران جهانی آب به کمبود فزاینده منابع آب در دسترس اشاره دارد که بر اثر ترکیبی از رشد جمعیت، تغییرات اقلیمی، مدیریت نادرست منابع آب و آلودگی ایجادشده است. شهرنشینی سریع و گسترش کشاورزی، تقاضا برای آب را افزایش داده‌اند، درحالی‌که برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و آلودگی ناشی از پسماندهای صنعتی و کشاورزی، کیفیت منابع آب را به‌طورجدی کاهش داده است (UNESCO, 2020). تغییرات اقلیمی نیز با تغییر الگوهای بارندگی، افزایش دوره‌های خشکسالی و کاهش ذخایر برفی و جریان رودخانه‌ها، این بحران را تشدید کرده است (Boretti & Rosa, 2019). افزون بر این، زیرساخت‌های ناکارآمد و ضعف در مدیریت و حکمرانی باعث توزیع ناعادلانه و استفاده ناپایدار از منابع آبی شده‌اند (Gleick, 2014). درنتیجه این عوامل، بیش از دو میلیارد نفر در کشورهایی با تنش آبی بالا زندگی می‌کنند (UN Water, & UNESCO, 2021) که این وضعیت پیامدهای جدی برای امنیت غذایی، سلامت و توسعه اقتصادی در پی دارد.

مطالعاتی که با بهره‌گیری از رویکردهای علم‌سنجی انجام می‌شوند، از طریق تحلیل نظام‌مند روندها، شکاف‌های دانش، نویسندگان تأثیرگذار و الگوهای همکاری‌های بین‌المللی، بینش‌های ارزشمندی دربارهٔ تحولات پژوهش‌های مرتبط با بحران آب فراهم می‌آورند. این تحلیل‌ها به سیاست‌گذاران و محققان کمک می‌کنند تا موضوعات نوظهوری مانند حکمرانی آب، کم‌آبی ناشی از تغییرات اقلیمی و مدیریت پایدار آب را شناسایی کنند و درنتیجه پاسخ‌های هدفمندتر و بین‌رشته‌ای ارائه دهند. درمجموع، پژوهش‌های علم‌سنجی برنامه‌ریزی راهبردی را بهبود می‌بخشند، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد را تقویت می‌کنند و دانش علمی را با تلاش‌های عملی برای پایداری منابع آب پیوند می‌زنند.

تحلیل هم‌واژگانی امکان ترسیم نقشهٔ علمی و شناسایی خوشه‌های موضوعی را فراهم می‌سازد و به درک بهتر روندها و تحولات علمی در یک حوزه خاص منجر می‌شود (Moftakhari Anasori Movahed et al., 2023). این روش برای بررسی تحول حوزه‌های علمی، هدایت اولویت‌های پژوهشی و شناسایی پیوندهای بین‌رشته‌ای بسیار ارزشمند است (Chen et al., 2020). در سال‌های اخیر، تحلیل هم‌واژگانی در مطالعات محیط‌زیستی و آب‌محور به‌طور گسترده به کار گرفته‌شده است تا ارتباط موضوعاتی مانند «تغییرات اقلیمی»، «حکمرانی آب» و «پایداری» در گفتمان علمی ردیابی شود (Zhang & Zhou, 2019).

روش هم‌رخدادی واژگانی، به‌عنوان یکی از روش‌های علم‌سنجی، با تحلیل شبکه‌ای از کلمات کلیدی و ارتباطات معنایی بین آن‌ها، به شناسایی خوشه‌های پژوهشی و روندهای تحقیقاتی در حوزه‌های مختلف کمک می‌کند. همان‌طور که حاجیان و زرجینی (۱٤۰۲) در پژوهش خود نشان دادند، این روش در صنعت بیمه برای شناسایی مفاهیم کلیدی

مانند «داده‌کاوی»، «مدیریت ریسک» و «شناسایی تقلب» استفاده‌شده و با ترسیم شبکه‌های هم‌استنادی، مجلات و پژوهش‌های معتبر را ارزیابی کرده‌اند.

خوشه‌بندی به معنای دسته‌بندی اعضای مجموعه بدون نظارت و دخالت است. فنون خوشه‌بندی نقش برجسته‌ای در پژوهش‌های علم‌سنجی و کتاب‌سنجی دارند. به‌عنوان‌مثال از آن‌ها برای شناسایی گروه‌هایی از انتشارات، نویسندگان یا مجلات مرتبط استفاده می‌شود. فنون خوشه‌بندی عمدتاً در زمینه‌هایی مانند آمار، علوم رایانه و علوم شبکه توسعه یافته‌اند (Van Eck & Waltman, 2017). خوشه‌بندی مفهومی به‌عنوان روشی در داده‌کاوی متنی و علم‌سنجی، اصطلاحات یا موضوعات مرتبط را بر اساس الگوهای تکرار و هم‌رخدادی آن‌ها در ادبیات علمی، در دسته‌های موضوعی منسجم گروه‌بندی می‌کند. این روش به شناسایی حوزه‌های اصلی پژوهش، موضوعات نوظهور و سازماندهی ساختاری دانش در یک رشته کمک می‌کند (Cobo et al., 2011). در پژوهش‌های مرتبط به بحران آب، خوشه‌بندی مفهومی امکان شناسایی موضوعات به‌هم‌پیوسته‌ای مانند «تغییرات اقلیمی»، «حکمرانی آب»، «بهره‌وری آبیاری» و «منازعات فرامرزی آب» را فراهم می‌سازد و تحول این مفاهیم را در طول زمان قابل‌ردیابی می‌کند. این یافته‌ها برای سیاست‌گذاران و پژوهشگرانی که به دنبال اولویت‌بندی اقدامات، تخصیص بهینهٔ منابع و طراحی رویکردهای بین‌رشته‌ای برای پایداری منابع آب هستند، اهمیت فراوانی دارد (Zhang, 2019).

تحلیل شبکه مفهومی یا نقشهٔ علمی که بیشتر با عنوان «نگاشت علمی هم‌واژگانی» نیز شناخته می‌شود برای نمایش ارتباطات میان مفاهیم کلیدی بر اساس هم‌رخدادی آن‌ها در متون علمی است. این فنون با ترسیم شبکه‌ای از کلیدواژه‌های پرتکرار، ساختار شناختی یک حوزه پژوهشی را آشکار می‌سازد (Cobo et al., 2011). ترسیم نقشه‌های علم، از زیرشاخه‌های حوزهٔ علم‌سنجی است. این حوزه، از طریق پردازش، استخراج و مرتب‌سازی اطلاعات به ترسیم نقشهٔ علمی می‌پردازد و امکان تحلیل، مسیریابی و نمایش دانش را فراهم می‌آورد؛ علاوه بر آن، این حوزه در جهت سهولت بخشیدن دسترسی به اطلاعات، آشکارسازی ساختار دانش و کمک به پژوهشگران دانش برای رسیدن به نتایج موفقیت‌آمیز حرکت می‌کند (نوروزی چاکلی، ۱۳۹۰). در پژوهش‌های بحران آب، از این تحلیل برای ردیابی تعامل پویا بین مفاهیمی مانند «کم‌آبی»، «تاب‌آوری اقلیمی»، «حکمرانی» و «پایداری» استفاده‌شده است. این تحلیل به پژوهشگران و سیاست‌گذاران امکان می‌دهد شکاف‌های دانشی و ارتباطات بین‌رشته‌ای را شناسایی کنند (Zhang & Zhou, 2019).

در پژوهش حاضر، برای تحلیل شبکه هم واژگانی یا مفهومی، از شاخص‌های تحلیل شبکه اجتماعی استفاده‌شده است. این شاخص‌ها که بر مبنای ساختار شبکه‌های انسانی تعریف می‌شوند، شامل مرکزیت درجه[1]، مرکزیت بینابینی[2] و مرکزیت نزدیکی[3] هستند (Fu et al., 2018). مرکزیت درجه، تعداد ارتباطات مستقیم یک مفهوم با سایر مفاهیم در شبکه را نشان می‌دهد. هرچه عدد آن بیشتر باشد، مفهوم موردنظر ارتباطات بیشتری دارد و از اهمیت بیشتری در شبکه برخوردار است. همچنین، مرکزیت بینابینی نشان‌دهندهٔ میزان قرارگیری یک مفهوم در مسیر ارتباطی میان سایر مفاهیم است. مفاهیمی با مرکزیت بینابینی بالا، نقش واسطه و پل ارتباطی بین بخش‌های مختلف شبکه را ایفا می‌کنند و مرکز نزدیکی نشان می‌دهد که یک مفهوم چقدر به سایر مفاهیم در شبکه نزدیک است. مفاهیمی با مرکزیت نزدیکی بالا، به‌سرعت می‌توانند به سایر مفاهیم دسترسی پیدا کنند و در انتشار اطلاعات نقش مهمی دارند.

1 . Degree Centrality
2 . Betweenness Centrality
3 . Closeness Centrality

در این پژوهش، از شاخص‌های مرکزیت درجه، بینابینی و نزدیکی برای شناسایی مفاهیم تأثیرگذار در نقشه یا شبکه مفهومی حوزهٔ پژوهشی «بحران آب» استفاده‌شده است. همچنین، از ماتریس هم‌رخدادی حاصل از تحلیل هم واژگانی، برای اجرای الگوریتم‌های خوشه‌بندی نظیر خوشه‌بندی سلسله مراتبی یا خوشه‌بندی K-means استفاده شد (Sedighi & Boostani, 2018). در ادامه، روش اجرای این پژوهش با توجه به مطالب پیش‌گفته تشریح می‌گردد.

پیشینهٔ پژوهش

تاکنون پژوهش‌های متعددی با رویکرد علم‌سنجی در حوزه‌های مختلف آب در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی انجام‌شده است. در این بخش، این پژوهش‌ها بر اساس تقسیم‌بندی موضوعی، به‌صورت مختصر معرفی و نتایج کلی آن‌ها تشریح می‌شود.

پژوهش‌های علم‌سنجی در حوزهٔ «مدیریت پایدار منابع آبی»، مانند برزگری و همکاران (۱۴۰۰)، حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2021)، بائو و همکاران (Bao et al., 2023) و همچنین پژوهش ژانگ (Zhang, 2019)، نشان‌دهندهٔ تمرکز جهانی بر همگرایی علم، فناوری و سیاست‌گذاری برای مدیریت بهینهٔ منابع آبی است. این مطالعات بر عوامل مؤثر بر توسعهٔ علمی، رویکردهای نوین مانند شهر اسفنجی و مدیریت هوشمند آب در راستای اهداف توسعه پایدار تأکید دارند. تحلیل‌ها حاکی از توجهٔ گسترده به ردپای اکولوژیکی و تولیدات علمی در کشورهای مختلف برای دستیابی به پایداری منابع آبی است.

پژوهش‌های علم‌سنجی در حوزهٔ «کیفیت آب» مانند پژوهش‌های موریرا و همکاران (Moreira et al., 2023)، یکا و دینکا و همکاران (Nika & Dinka, 2022)، ناصر و همکاران (Naseer et al., 2022) و لی و همکاران (Li et al., 2020) بیانگر افزایش توجه به این حوزه در دو دههٔ اخیر است. این مطالعات، به‌ویژه پژوهش‌های مرتبط با تأثیر تغییرات اقلیمی و بارش‌های شدید بر کیفیت آب، بر نقش تعیین‌کنندهٔ عوامل اقلیمی در تغییرات کیفی منابع آب تأکید دارند. وانگ و کومار (Wang et al., 2024) با تحلیل علم‌سنجی، پژوهش‌های بوم‌شناسی آب در هفت دانشگاه تخصصی اقیانوسی چین طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ نشان دادند مباحثی مانند تنوع زیستی و پویایی اکوسیستم به سمت موضوعات نوظهوری همچون مدیریت کیفیت آب و بازسازی بوم‌شناختی در حال حرکت است. این یافته‌ها، ضمن تثبیت دستاوردهای پیشین، بینش‌های ارزشمندی برای جهت‌دهی به پژوهش‌های آتی در زمینهٔ بوم‌شناسی آب ارائه می‌دهد.

پژوهش‌های علم‌سنجی در حوزهٔ «تصفیهٔ آب» همچون پژوهش‌های نیشی و ساروجا (Nishy & Saroja, 2018)، والدیویزو گونزالز و همکاران (Valdiviezo Gonzales et al., 2021)، جاپیرا (Jayapriya, 2021)، فو و همکاران (Fu et al., 2022) و مفتخری عناصری موحد و همکاران (Moftakhari Anasori Movahed et al., 2023) نشان می‌دهد تولیدات علمی این حوزه در بازهٔ زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ رشد قابل‌توجهی داشته است. این مطالعات بر توسعه مواد و روش‌های نوآورانه برای حذف آلاینده‌ها تمرکز دارند و بر ضرورت استفاده از فناوری‌های پایدار و کارآمد برای مدیریت منابع آبی و پاسخ‌گویی به چالش‌های زیست‌محیطی تأکید می‌کنند.

پژوهش‌های علم‌سنجی در حوزهٔ «آب آشامیدنی و بهداشتی» نشان‌دهندهٔ افزایش توجه به این حوزه، به‌ویژه در دههٔ اخیر (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲)، است. مطالعاتی مانند «دیدگاه‌ها و عملکردهای پایدار در مدیریت آب آشامیدنی» گارسیا اویلا و همکاران (García-Ávila et al., 2023)، «روش‌های کلرزنی و ضدعفونی و محصولات جانبی آن و بررسی

متغیرهای کیفی آب در زمان» شیندە و همکاران (Shindhe et al., 2021)، بر ضرورت بهبود فرایندهای تصفیه و مدیریت پایدار منابع آب تأکید دارند. همچنین، پژوهش شارما (Sharma, 2021) دربارۀ «تحلیل انتشارات حوزۀ آب بهداشتی در کشور هند»، رشد چشمگیر پژوهش‌ها در این زمینه را نشان می‌دهد که احتمالاً ناشی از چالش‌های دسترسی به آب سالم در این کشور است. به‌طورکلی، نتایج علم‌سنجی این حوزه حاکی از افزایش تولیدات علمی، تمرکز بر فناوری‌های نوین ضدعفونی و تلاش برای ارائه راه‌حل‌های پایدار و کارآمد در تأمین آب آشامیدنی سالم در سطح جهانی است که همگی بر اهمیت حفظ کیفیت و سلامت آب برای جوامع انسانی تأکید می‌کنند.

پژوهش‌های علم‌سنجی مرتبط با سایر حوزه‌های مختلف آب، ازجمله «مسائل فنی لوله‌های آب» همچون پژوهش کنور (Konur, 2017)، «مدیریت فاضلاب» پژوهش داور آذر و همکاران (Davarazar et al., 2021)، «آلودگی آب» پژوهش ریاحی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) و «ارتباط آب با رشد اقتصادی و پایداری» پژوهشی از بای و همکاران (Bai et al., 2022)، نشان‌دهندۀ گستردگی و تنوع موضوعات پژوهشی در این حوزه است. همچنین مطالعاتی مانند پژوهش راویچاندران و ویوکاناندان (Ravichandran & Vivekanandan, 2021) در زمینۀ «مدیریت فاضلاب در مقیاس جهانی» و پژوهش‌های انجام‌شده در هند نظیر پژوهش سینگ و همکاران (Singh et al., 2023)، بر چالش‌های منطقه‌ای و جهانی در تأمین و مدیریت پایدار منابع آب تأکید دارند. افزون بر این، تحلیل پژوهش‌های مرتبط با «امنیت و حکمرانی آب در سطح جهانی» توسط آگویر و کوئرووو دی (Aguirre & Paredes Cuervo, 2023) بر اهمیت همگرایی علم، فناوری و سیاست‌گذاری در مواجهه با بحران آب تأکید می‌کند. به‌طورکلی، نتایج پژوهش‌های علم‌سنجی این حوزه‌های مرتبط با مسائل بحران آب حاکی از افزایش تولیدات علمی، تمرکز بر پایداری و نیاز به رویکردهای چند رشته‌ای و جامع برای مدیریت منابع آب در ابعاد محلی، منطقه‌ای و جهانی است.

در ایران نیز پژوهش‌هایی با رویکرد علم‌سنجی در حوزۀ آب انجام‌شده است. ازجمله می‌توان به مطالعه حاتمی و محمودی (۱۴۰۳) با عنوان علم‌سنجی آلودگی آب‌های سطحی: تحلیل روندها، چالش‌ها و راهکارهای نوین و پژوهش ریاحی نیا و همکاران (۱۴۰۲) با عنوان تحلیل هم‌استنادی و هم‌رخدادی تولیدات علمی حوزۀ آلودگی آب اشاره کرد. علاوه بر این، برخی پژوهش‌ها در حوزه‌های مرتبط با مدیریت بحران و منابع طبیعی انجام‌شده‌اند که می‌توانند به‌طور غیرمستقیم با بحران آب در ارتباط باشند. اکبری جاوید و غفاری (۱۴۰۲) با بهره‌گیری از رویکرد علم‌سنجی، تولیدات علمی حوزۀ مدیریت بحران و مخاطرات را در پایگاه اسکوپوس بررسی کردند. آن‌ها با ترسیم نقشۀ دانش، خوشه‌های موضوعی و روندهای پژوهشی را شناسایی کرده‌اند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان الگویی برای تحلیل تولیدات علمی در حوزۀ بحران آب استفاده شود و به شناسایی شکاف‌های پژوهشی و اولویت‌بندی موضوعات کمک کند.

در مطالعه‌ای دیگر، بتولی و بتولی (۱۴۰۰) به ارزیابی تأثیر اجتماعی و علمی تولیدات پژوهشگران مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور پرداختند. چنین رویکردی برای بررسی تأثیر علمی و اجتماعی پژوهش‌های مربوط به بحران آب، به‌ویژه در زمینۀ سیاست‌گذاری و آگاهی‌بخشی عمومی، بسیار سودمند خواهد بود.

همچنین، شهمیرزادی و همکاران (۱۳۹۸) با تمرکز بر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، به واکاوی شاخص‌های سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری پرداختند. این مطالعه با تحلیل نظام‌مند شاخص‌های علمی و نوآورانه، چارچوبی برای سنجش اثربخشی فعالیت‌های پژوهشی در سازمان‌های دولتی ارائه می‌دهد. این چارچوب می‌تواند در بررسی اثربخشی پروژه‌ها و مطالعات علمی در حوزۀ مدیریت منابع آب نیز به کار گرفته شود، به‌ویژه در نهادهایی که در امر پژوهش و توسعه پایدار منابع طبیعی فعال هستند.

مرور پیشینهٔ پژوهش‌ها نشان می‌دهد تمرکز اصلی مطالعات علم‌سنجی حوزهٔ آب بر تحلیل روند انتشارات علمی، شناسایی موضوعات و حوزه‌های کلیدی پژوهشی، بررسی همکاری‌های علمی، ارزیابی تأثیر و مرجعیت انتشارات علمی و تحلیل ساختار دانش بوده است. در بازهٔ زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲٤، حدود ٤۱ پژوهش علم‌سنجی در موضوعات مختلف آب انجام‌شده که بیانگر توجه روزافزون جامعه علمی به این حوزه از دانش است. در این میان، بیشترین تمرکز پژوهش‌ها بر موضوع «کیفیت آب» بوده است. نتایج این پژوهش‌ها معمولاً به شناسایی نویسندگان و مؤسسات پیشرو، مجلات شاخص، تولیدات علمی با کیفیت، کشورهای پیشرو در تولید علم در حوزهٔ آب و همچنین شناسایی واژگان و مفاهیم کلیدی منجر شده است. داده‌های مورد استفاده بسیاری از این پژوهش‌ها از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر مانند وب‌آوساینس[1] و اسکوپوس[2] استخراج‌شده است.

برخلاف مطالعات پیشین که اغلب به ارائه داده‌های توصیفی بسنده کرده‌اند، این پژوهش با تمرکز بر ابعاد مفهومی و روابط بین مفاهیم، به شناخت دقیق‌تر و جامع‌تری از این حوزه دست یافته است. این رویکرد نه‌تنها به شناسایی شکاف‌های پژوهشی کمک می‌کند، بلکه چارچوبی تحلیلی برای مطالعات آینده فراهم می‌آورد. یکی از ویژگی‌های برجسته این پژوهش، پرهیز از ارائه داده‌های صرفاً کمی و تمرکز بر تحلیل کیفی و مفهومی است و با تلفیق روش‌های مختلف و نگاهی جامع، نه‌تنها به یک فهم نظام‌مند از وضعیت پژوهش‌های مرتبط با بحران آب دست یافته، بلکه زمینه‌ساز رویکردهای نوآورانه در مطالعات آتی نیز خواهد بود.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی است و با بهره‌گیری از فنون حوزهٔ علم‌سنجی انجام‌شده است. ازجمله این فنون می‌توان به تحلیل هم‌واژگانی یا هم رخدادی واژگان، خوشه‌بندی اطلاعات و ترسیم شبکهٔ مفهومی اشاره کرد که امروزه جایگاه مهمی در تحلیل‌های علم‌سنجی یافته‌اند. این روش‌ها کارکردهای متعددی ازجمله مطالعهٔ ساختار فکری نویسندگان، پژوهشگران، شناسایی حوزه‌های دانش‌پژوهی، بررسی پویایی و روند تحول علم و نیز تحلیل روابط مفهومی در متون و اسناد علمی دارند (احمدی و عصاره، ۱۳۹٦). داده‌های مورد استفاده در این مقاله شامل ۲۳۹۸۰ مقاله است که از پایگاه وب‌آوساینس در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲٤ استخراج شده‌اند. برای جستجوی جامع‌ترین اسناد مرتبط با حوزهٔ «بحران آب» کلمات کلیدی بر اساس اصطلاح‌نامه‌های موجود و همچنین مشورت با متخصصان حوزهٔ آب انتخاب شدند و با استفاده از عملگر OR در فیلد موضوع پایگاه، به فرمت زیر مورد جست‌وجو قرار گرفتند:

"Water Crisis" OR "Water Scarcity" OR "Water Stress" OR "Overextractiom Water" OR "Water Rights" OR "Water Diplomacy" OR "Water Consumption" OR "Water Withdrawal" OR "Virtual Water" OR "Water Access" OR "Water Use" OR "Water Pollution"

فرض بر این است که وجود این کلمات کلیدی در فیلد جست‌وجوی ذکرشده که بخشی از فیلدهای اصلی در فرایند جست‌وجو به شمار می‌آید، ضمن جلوگیری از حذف کاذب و جست‌وجوی نتایج نامربوط تا حد زیادی به جامعیت منجر شود. گفتنی است که داده‌های این پژوهش صرفاً از پایگاه وب‌آوساینس استخراج‌شده است. از این نظر ممکن است در پایگاه‌های دیگری مانند اسکوپوس یا سایر پایگاه‌های تخصصی دیگر، مقالاتی بوده باشد که در تحلیل این پژوهش لحاظ نشده باشند. مراحل اجرا پژوهش در چند گام به شرح زیر است:

گام اول: به‌منظور استخراج مفاهیم از مدارک، دو رویکرد کلی وجود دارد: روش نخست، تحلیل محتوای دستی و

1 . Web of Science (WoS)
2 . Scopus

روش دوم، متن‌کاوی خودکار. در روش دستی، واژگان و مفاهیم به‌صورت یکجا از عنوان، چکیده و کلیدواژگان توصیف‌گر استخراج می‌شوند. در پژوهش حاضر، از روش متن‌کاوی نیمه‌خودکار (تلفیقی) برای گردآوری داده‌های موردنیاز استفاده شد؛ به‌گونه‌ای که علاوه بر استخراج یکجای کلیدواژگان توصیف‌گر، برای شناسایی مفاهیم موجود در عناوین و چکیده‌ها از ابزار متن‌کاوی نرم‌افزار ووس ویور نسخه (۱.٦.۳) نیز استفاده شد (Van Eck & Waltman, 2017).

گام دوم: آماده‌سازی و انتخاب نهایی مفاهیم. در این مرحله، معمولاً چهار عمل صورت می‌گیرد که شامل یکدست‌سازی واژه‌ها، برچسب‌گذاری، تهیه سیاهه کلمات بازدارنده و انتخاب روش مناسب برای گزینش مفاهیم یا کلیدواژه‌های مهم از میان واژگان اولیهٔ استخراج‌شده انجام شد. برای تبدیل واژگان به مفاهیم و انتخاب نهایی در مرحله بعدی، از روش C-value استفاده گردید. این روش تلفیقی از رویکردهای زبانی و آماری برای استخراج واژه‌های ترکیبی است. در پژوهش حاضر، از مؤلفه‌های زبانی روش C-value شامل برچسب‌گذاری اجزای کلام، پالایه‌های زبانی و سیاههٔ واژگان بازدارنده استفاده شد. برچسب‌گذاری اجزای کلام، شامل اختصاص دادن برچسب‌های گرامری (نظیر اسم، صفت، فعل، حرف‌اضافه، ضمیر و غیره) به هر واژه در متن است (احمدی و پرهام نیا، ۱٤۰۳). در این چارچوب، سه پالایهٔ زبانی در رابطه ۱ در نظر گرفته‌شده که عبارت است از:

(۱).

1. Noun+Noun
2. (Adj|Noun)+Noun
3. ((Adj| Noun) +((Adj|Noun) *(Noun preposition)?) (Adj|Noun)*) Noun

بر اساس این پالایه‌ها، واژگان و کلیدواژه‌های استخراج‌شده در مرحلهٔ قبل نمایه‌سازی مفهومی شدند و برخی از آن‌ها به مفاهیم ترکیبی تبدیل گردیدند. به‌بیان‌دیگر، برای مفهوم‌سازی بخشی از مفاهیم از این سه پالایه زبانی استفاده شد.

گام سوم: در گام سوم برای ترسیم نقشه‌ها و خوشه‌بندی‌ها از ماتریس هم‌رخدادی واژگان استفاده شد. تحلیل ویژگی‌ها و شاخص‌های ماتریس هم‌رخدادی مهم‌ترین مرحله از تحلیل هم‌رخدادی واژگان است. در پژوهش حاضر، با استفاده از نرم‌افزار راور ماتریس،[1] ماتریس‌های هم‌رخدادی مفاهیم و واژگان استخراج شد.

گام چهارم: رتبه‌بندی مفاهیم، خوشه‌بندی، تحلیل و ترسیم نقشه یا شبکهٔ مفهومی بر اساس داده‌های هم‌رخدادی انجام گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در چند مرحله و باهدف پاسخ‌گویی به پرسش‌های پژوهش صورت پذیرفت و در این فرایند، تغییر فرمت و تبدیل داده‌ها متناسب با هر پرسش انجام شد و در برخی موارد از نرم‌افزارهای تخصصی استفاده گردید. برای نمونه، به‌منظور پاسخ به پرسش اول و تعیین فراوانی مفاهیم، از نرم‌افزار «راور ماتریس» بهره گرفته شد و ماتریس هم‌رخدادی نیز با همین نرم‌افزار ایجاد گردید. در مرحلهٔ خوشه‌بندی و محاسبهٔ وزن مفاهیم (تعیین مفاهیم متناظر)، از یک ماتریس متقارن ۲۵٦×۲۵٦ با حداقل بسامد ۵ به‌عنوان نقطهٔ برش استفاده شد. سپس، با بهره‌گیری از نرم‌افزار «نت‌دراو»، فرمت خروجی نرم‌افزار «ووس ویور» استخراج شد تا نقشه‌های مفهومی باکیفیت بالاتری ترسیم شوند. علاوه بر این، برای محاسبهٔ شاخص‌های ساختار شبکه مفهومی، از بخش تحلیل شبکه نرم‌افزار «یو.سی.آی.نت» استفاده گردید. درنهایت، نتایج محاسبات و تحلیل‌های آماری در قالب جداول و نقشه‌ها ارائه شد و پرسش‌های پژوهش مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفتند.

1 . Ravar_matrix

یافته‌های پژوهش

پاسخ به پرسش اول پژوهش. مفاهیم پرتکرار در پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی کدام‌اند؟

یافته‌ها نشان داد که از حدود ۲۳۹۸۰ مقاله نمایه‌شده در پایگاه اطلاعاتی وب‌آوساینس در حوزهٔ بحران آب، درمجموع ۳۷۳٤۰ مفهوم یا کلیدواژه شناسایی‌شده است. این مفاهیم با بسامدهای متفاوت یا توسط نویسندگان مقالات و یا از سوی پایگاه داده به‌منظور نمایه‌سازی موضوعی تعیین شده‌اند. در جدول ۱، فهرستی از ۵۰ مفهوم پرتکرار ارائه‌شده

جدول ۱. مفاهیم پربسامد پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در مقیاس جهانی

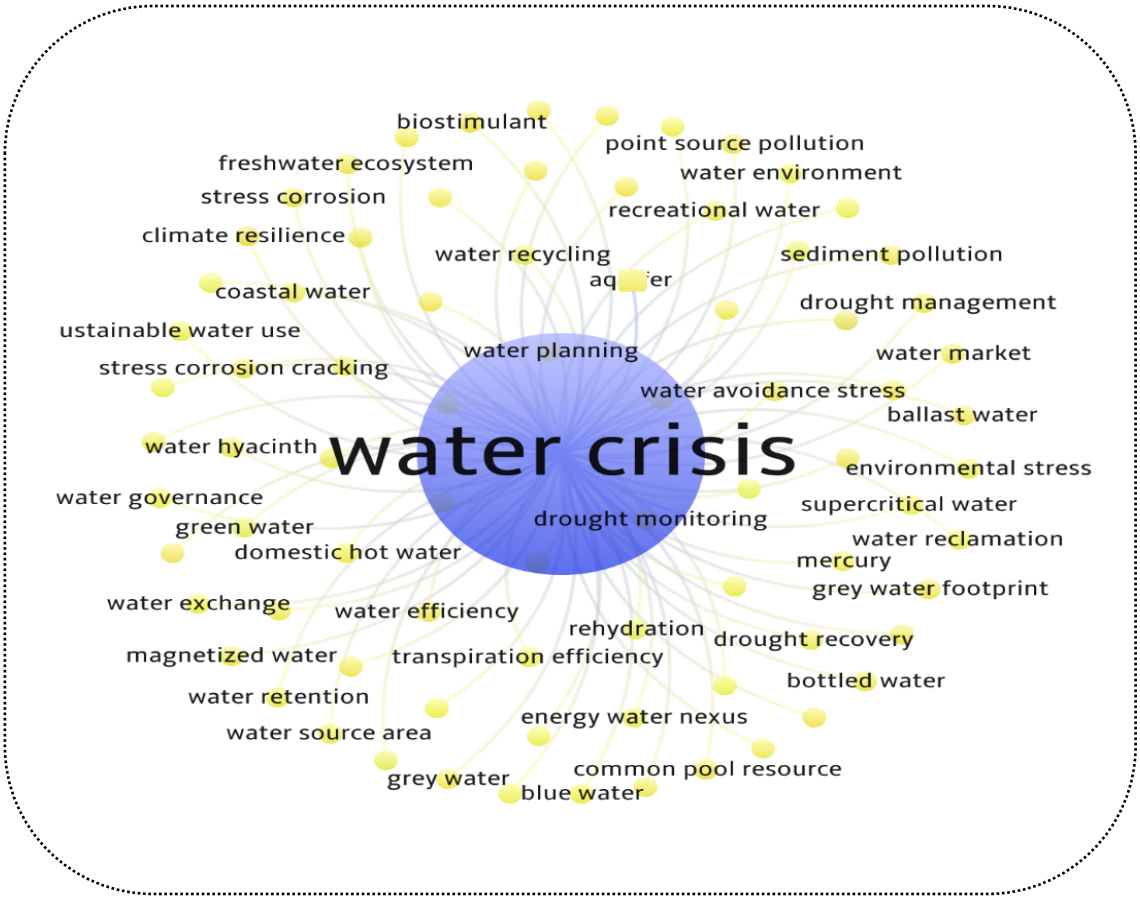
رتبه	مفاهیم	فراوانی	رتبه	مفاهیم	فراوانی
۱	Water stress	۱۷٤۳	۲۵	Water management	۲۱۰
۲	Water	۱۵٤۵	۲٦	Proline	۲۰٤
۳	Drought	۹۸٤	۲۷	Efficiency	۲۰۲
٤	Water onsumption	٦۵٦	۲۸	Drinking water	۱۹۱
۵	Water scarcity	٦۵۳	۲۹	Water supply	۱۸٦
٦	Water quality	۵۳۰	۳۰	Groundwater	۱۸٤
۷	Water pollution	٦۱۵	۳۲	Abiotic stress	۱۸۱
۸	Climate change	٤۹٤	۳۳	Growth	۱۸۰
۹	Pollution	٤٤٦	۳٤	Drought olerance	۱۷۹
۱۰	Drought stress	٤۳۳	۳۵	Sustainability	۱۷٦
۱۱	Photosynthesis	۳٦۷	۳۵	Surface water	۱۷٦
۱۲	Heavy metal	۳٦۲	۳٦	Sanitation	۱۷۰
۱۳	Irrigation	۳٤۱	۳۷	Agriculture	۱٦٤
۱٤	Stress	۳۳۱	۳۸	Deficit irrigation	۱٦۲
۱۵	Water deficit	۳۱٤	۳۹	Gas exchange	۱٦۱
۱٦	Oxidative stress	۳۰٤	٤۰	Abscisic acid	۱۵۲
۱۷	onductance Stomatal	۲٦٤	٤۱	Water potential	۱۵۰
۱۸	Yield	۲۳۰	٤۱	Antioxidant enzyme	۱۵۰
۱۹	Wheat	۲۳۲	٤۲	Temperature	۱٤۷
۲۰	Stress corrosion	۲۱۸	٤۳	Maize	۱٤٦
۲۱	Water footprint	۲۱۷	٤٤	Transpiration	۱٤۳
۲۲	Water use efficiency	۲۱٤	٤٤	Water deficit stress	۱٤۳
۲۳	Evapotranspiration	۲۱۲	٤٤	Remote sensing	۱٤۳
۲٤	Water resource	۲۱۲	٤۵	Chlorophyll	۱٤۱
۲٤	Salinity	۲۱۱	٤٦	Nitrogen	۱۳۵

است که مجموع فراوانی آن‌ها بیش از ۱۱ درصد از کل فراوانی مفاهیم شناسایی‌شده را شامل می‌شود. این مفاهیم بر اساس بیشترین تا کمترین فراوانی مرتب شده‌اند و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان مفاهیم کلیدی و پرکاربرد در حوزهٔ موردبررسی در نظر گرفت. چنین نتایجی می‌تواند بیانگر جهت‌گیری پژوهش‌ها، اولویت‌های علمی و روندهای غالب در ادبیات پژوهشی حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی باشد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مفاهیم تنش آبی، آب و خشکسالی بیشترین فراوانی را در میان مدارک علمی موردبررسی به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر مفاهیم ذکرشده، مفاهیمی مانند کمبود آب، کیفیت آب، آلودگی آب و تغییرات اقلیمی نیز به‌طور چشمگیری در ادبیات پژوهشی تکرار شده‌اند. نکتهٔ قابل‌توجه دیگر، تکرار کم بسیاری از مفاهیم است که در این میان بیش از ۷۵ درصد مفاهیم، تنها یک‌بار در پژوهش‌ها به‌کاررفته‌اند.

پاسخ به پرسش دوم پژوهش. مفاهیم نوظهور در ادبیات پژوهشی حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی کدام‌ها است؟

در ادامه یافته‌های پژوهش، در پاسخ به پرسش دوم، بر اساس نتایج تحلیل مفاهیمِ اسناد و مدارکِ حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی، مشخص شد که تقریباً در یک دهه اخیر، مفاهیم جدید و نوظهوری وارد ادبیات این حوزه شده‌اند. برای به دست آوردن این مفاهیم جدید، سه دورهٔ زمانی مشخص شدند. طبق دوره اخیر (۲۰۱۵ تا ۲۰۲٤) در شکل زیر، تعداد ۸۰ مفهوم پربسامد دیده می‌شود.

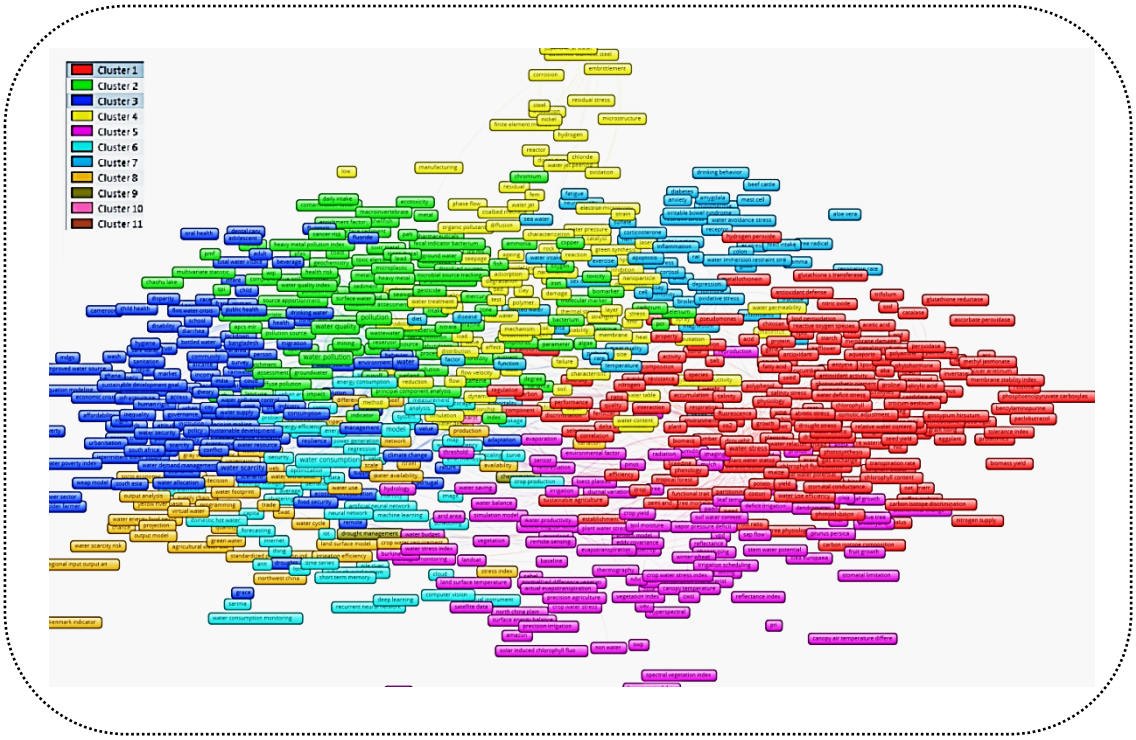


شکل ۱. مفاهیم نوظهور پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

شکل ۱، مفاهیم مکرر همراه با «بحران آب» در اسناد علمی را نشان می‌دهد. این مفاهیم عمدتاً از ۲۰۱۵ وارد ادبیات علمی شده و اخیراً به موضوعات مهم پژوهشی تبدیل شده‌اند. برخی از آن‌ها نقش کلیدی در خوشه‌بندی‌های مرتبط با بحران آب دارند و در تحلیل داده‌ها استفاده می‌شوند. در این تحلیل فقط هم‌رخدادی با «بحران آب» بررسی‌شده است. ممکن است این مفاهیم پیش‌تر در حوزه‌های دیگر مطرح‌شده باشند، اما به دلیل هم‌رخدادی در پژوهش‌های بحران آب، به‌عنوان مفاهیم نوظهور این حوزه شناخته می‌شوند. تمرکز اصلی پژوهش شناسایی مفاهیم خاص مرتبط با بحران آب است.

پاسخ به پرسش سوم پژوهش. خوشه‌بندی مفاهیم پژوهشی در حوزهٔ بحران آب در سطح جهانی شامل چند خوشه است؟

در ادامه بررسی نتایج تحلیل دانش مربوط به حوزهٔ بحران آب، برای شناسایی الگوهای رایج ارتباط بین مفاهیم در مدارک بررسی‌شده و درک جامعی از موضوعات اصلی حاکم بر آن‌ها، خوشه‌های مفهومی مرتبط با پژوهش‌ها بررسی و شناسایی شدند. نتایج این خوشه‌بندی به‌وضوح در شکل ۲ قابل‌مشاهده است. این خروجی توسط نرم‌افزار ووس ویور نسخه ۱،٦،۳ ترسیم‌شده است.



شکل ۲. خروجی خوشه‌بندی مفاهیم پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

خوشه‌بندی هوشمندِ انجام‌شده، منجر به شکل‌گیری ۱۱ خوشه اصلی برای پژوهش‌های مربوط به بحران آب شده است. این خوشه‌ها از طریق تحلیل ماتریس هم‌رخدادی ۳۰۸۰ مفهوم با حداقل ۵ بسامد به‌دست‌آمده‌اند. در نقشه ارائه‌شده، هر رنگ نشان‌دهندهٔ یک خوشه است. برای درک بهتر، مشخصات کامل این خوشه‌ها در قالب جدولی با ۵ ستون ارائه‌شده است (جدول ۲).

جدول ۲. خوشه‌های شکل‌گرفته مفاهیم پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

شماره خوشه	رنگ خوشه	تعداد مفاهیم	مفاهیم بالاترین وزن	موضوع خوشه
۱		۷۶۹	Water Stress, Drought, Drought Stress, Photosynthesis, Water Deficit,Yield, Efficiency, Stomatal Conductance, Growth, Wheat, Water Use Efficiency, Salinity, Quality, Proline, Abiotic Stress, Drought Tolerance, Water Potential, Plant, Gas Exchange, Nitrogen, Rice, Maize, Abscisic Acid, Antioxidant Enzyme, Water Deficit Stress,Acid,Chlorophyll, Antioxidant, Chlorophyll Fluorescence, Interaction, Protein, Water Relation, Gene Expression, Ratio, Activity, Alt Stress, Germination, Osmotic Adjustment, Root, Crop, Eaf Water Potential, Response, …	تنش خشکسالی و تأثیر آن بر گیاهان زراعی (Drought stress and its impact on crop plants)
۲		۵۷۰	Water Pollutiont, Pollution, Water Quality, River, Heavy Metal, Index, Groundwater, Surface Water, Monitoring, Area, Sediment Wastewater, Contamination, Lake, Modeling, Risk Assessment, River Basin, Indicator, Modelling, Assessment, Risk, Basin, Fish, Water Quality Index, Reservoir, Microplastic, Principal Component Analysis, Source, Parameter, Approach, Eutrophication, Process ,Concentration, Nutrient, Pollution Index, Bacterium, Phosphorus, Impact, Pesticide, Ecosystem,…	کیفیت منابع برای حفظ اکوسیستم‌های آبی و سلامت انسان در برابر اثرات آلودگی (Quality of resources for protecting aquatic ecosystems and human health against pollution effects)
۳		٤۹۳	water, water scarcity, climate change, management, water Resource, Water, Management, Consumption, Sustainability, Water Supply, Drinking Water, Agriculture, Sanitation, Environment, Access, Development, Policy, Technology, Health, Adaptation,Change, Water Access, Water Crisis, Behavior, Theory, Water Conservation, City, Cost, Water Security, Industry, Resilience, Community, Sugar, Strategy, Governance, Value, Ulnerability, …	مدیریت منابع آب در مواجهه با بحران آب و تغییرات اقلیمی (Water resources management in the face of water crisis and climate change)
٤		۳٤۵	Tress, Method, Stress Corrosion, Effect, Soil, Simulation, Test, Distribution, Flow, Recovery, Alloy, Coefficient, Mechanism, Reduction, Stainless Steel, Structure, Level, Water Content, Treatment, Water Treatment, Characteristic, Adsorption, Condition, Oxidation, Dynamic, Corrosion, Load, Design, Pressure, Material	مهندسی مواد خوردگی و محیط‌زیست تحت عواملی محیط آبی (Corrosion and Environmental Materials Engineering under Aquatic Environmental Factors)

ادامه جدول ۲. خوشه‌های شکل‌گرفته مفاهیم پژوهش‌های حوزۀ بحران آب در ابعاد جهانی

شماره خوشه	رنگ خوشه	تعداد مفاهیم	مفاهیم بالاترین وزن	موضوع خوشه
۵		۲۶۶	Irrigation, Evapotranspiration, Deficit Irrigation, Transpiration, Remote Sensing, Crop Water Stress Index, Sensor, Soil Moisture, Water Productivity, Region, Cwsi, Canopy Temperature, Water Balance, Forest, Tree, Irrigation Scheduling, Winter Wheat,Grapevine, Hydrology, Stem Water Potential, Water Stress Index, Vegetation Index, …	مدیریت آب در بخش کشاورزی و پایش منابع آب برای بهره‌وری و روش‌های پایدار (Agricultural Water Management and Water Resources Monitoring for Productivity and Sustainable Practices)
۶		۲۲۷	Model, Water Consumption, Analysis, System, Energy, Optimization, Energy Consumption, Control, Water Demand, Desalination, Data, Machine Learning, Prediction, Detection, Algorithm, Regression, Measurement, Forecasting, Classification, Demand, Variability, Storage, Technique, Water Resources Management, Neural Network, Building, Energy Efficiency, Artificial Neural Network, Intensity, Internet, Economic Growth, Thing, , Point, Image, Estimation, Gradient, Problem..	مدیریت و بهینه‌سازی منابع آب با فناوری‌های پیشرفته (Water Resources Management and Optimization Using Advanced Technologies)
۷		۱۸۳	Oxidative Stress, Temperature, Factor, Rate,Heat Stress, Function, Disease, Pathway, Cell, Water Intake, Dehydration, Morphology, Cortisol, Rat, Diet, Delta, Behaviour, Inflammation, Broiler, Liver, Life, Water Temperature, Apoptosis, Mortality, Mouse, Receptor, Depression, Hydrogen Rich Water, Water Immersion Restraint Stress, Oxygen Consumption, Calcium, Glucose, Turkey, Water Avoidance Stress, Mineral Water, Corticosterone, Alcohol, Hormone, Barrier, …	تنش محیطی، فیزیولوژی و روانی بر سلامت موجودات زنده ناشی از آب‌های آلوده (Environmental, physiological, and psychological stress on living organisms' health caused by polluted water)
۸		۱۶۵	Water Footprint, China, Water Use, Production, Virtual Water, Water Withdrawal, Water Availability, Life Cycle Assessment, Network, Uncertainty, Difference, Emission, Rogramming, Trade, Food, Allocation, Variation, Swat, Scale, Economy, Nvironmental Impact,Blue Water, Availability, Green Water, Water Transfer, Food Consumption, Virtual Water Trade, Arid Region, Pakistan,Footprint, Decision, Scenario Analysis, Input Output Analysis, Land Use Change, Carbon Footprint, Global Warming, Grey Water .,Otprint, Output Analysis, Output Model, Irrigation Efficiency, …	ارزیابی و مدیریت منابع آب با تمرکز بر بهره‌برداری آب، تجارت آب مجازی و ارتباط متقابل آب با انرژی، غذا و اقتصاد (Water Resources Assessment and Management with Focus on Water Utilization, Virtual Water Trade, and Water-Energy-Food-Economy Nexus)

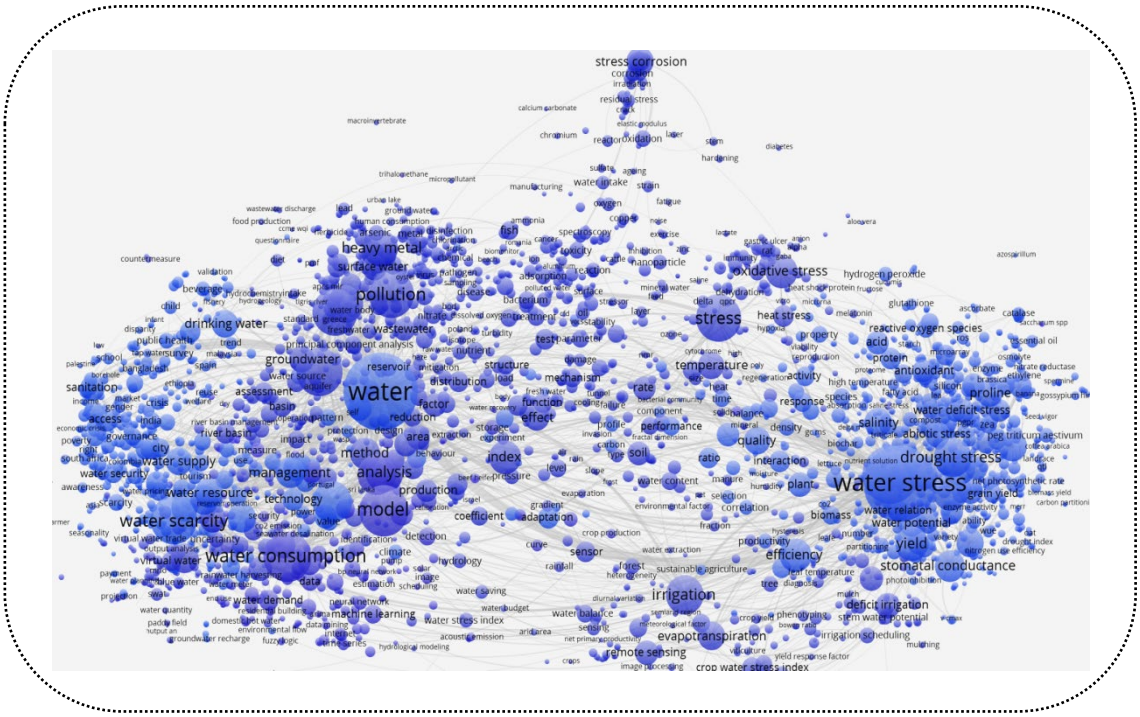
ادامه جدول ۲. خوشه‌های شکل‌گرفته مفاهیم پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

شماره خوشه	رنگ خوشه	تعداد مفاهیم	مفاهیم بالاترین وزن	موضوع خوشه
۹		۳۲	Measure, Regime, Frequency, Flood, Differential Game, Rural, Reservoir Operation, Bioenergy, Drought Management, Hierarchical Cluster Analysis, Policy Instrument, Transboundary Water Pollution, Agricultural Water Pollution, Gorges Reservoir, Metal Concentration, Plant Breeding, Principal Components Analysis, Saccharum Spp, Carotenoids, Climate Change Impact, Dry, Hca, Pollution Evaluation, Regional Difference, Surface Runoff, Beef Heifer, Carvacrol, Chemometric, Conflict Resolution, Contaminant Transport, Hydrological Drought, Water Environment Pollution…	مدیریت پایدار منابع آب با توجه به أثیرات زیست‌محیطی، کشاورزی و تغییرات اقلیمی (Sustainable Water Resources Management Considering Environmental Impacts, Agricultural Demands, and Climate Change)
۱۰		۳	Adaptation Strategy,Groundwater Management,Karst	مدیریت آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستی (Groundwater Management in Karst Regions)
۱۱		۳	Heatwave, Mitigation Strategy, Environmental Performance	اثرات موج گرما بر آب (Effects of Heat Waves on Water Resources)

برای تعیین موضوع اصلی هر خوشه، شاخص‌هایی مانند تراکم، مرکزیت و فراوانی مفاهیم مورد توجه قرار گرفت. مفاهیم پر تأثیر به‌عنوان «پُر وزن» شناسایی شدند و موضوع هر خوشه بر اساس آن‌ها استنباط شد. همان‌گونه که جدول ۳ نشان می‌دهد، خوشه اول با ۷۶۹ مفهوم بزرگ‌ترین بوده و به موضوع خشکسالی اختصاص دارد. خوشهٔ دوم با ۵۷۰ مفهوم به کیفیت آب و خوشهٔ سوم با ۴۹۳ مفهوم به مدیریت منابع آب می‌پردازد. درمجموع، پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در قالب هشت خوشهٔ مستقل سازماندهی شده‌اند. خوشهٔ نهم اگرچه شباهت‌هایی با خوشهٔ سوم دارد، اما تفاوت‌هایی نیز میان آن‌ها مشاهده می‌شود که موجب تمایز این دو خوشه شده است. به‌عنوان‌مثال، در خوشهٔ سوم، با توجه به مسائل کلی تغییرات اقلیمی، مباحث مدیریت منابع آب مطرح‌شده است، درحالی‌که در خوشهٔ نهم، علاوه بر تغییرات اقلیمی، موضوعات مرتبط با کشاورزی نیز موردبررسی قرارگرفته‌اند. همچنین خوشه‌های دهم و یازدهم، به دلیل برخورداری از تعداد اندک مفاهیم، بیانگر تمرکز کمتر پژوهش‌ها در این حوزه‌ها هستند.

پاسخ به پرسش چهارم پژوهش. ساختار شبکه مفهومی دانش در حوزهٔ پژوهشی بحران آب در سطح جهانی چگونه ترسیم‌شده است؟

تحلیل شبکه مفهومی دانش در حوزهٔ پژوهشی بحران آب در مقیاس جهانی نشان می‌دهد این شبکه از ۳۰۰۵ گره و ۹۴۵۰ پیوند تشکل شده است. در شکل ۳، نقشهٔ شبکهٔ مفهومی این حوزه با نمایش حداکثر ارتباطات میان مفاهیم ارائه‌شده است.



شکل ۳. نقشهٔ شبکهٔ مفهومی پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

نقشهٔ شبکهٔ مفهومی شامل گره‌ها (مفاهیم یا کلیدواژه‌ها) و لبه‌ها (روابط میان آن‌ها) است. اندازهٔ گره‌ها بیانگر بسامد و میزان دریافت پیوندها بوده و ضخامت لبه‌ها نشان‌دهندهٔ قدرت و تعداد هم‌رخدادی مفاهیم است. همچنین، طول لبه‌ها میزان نزدیکی معنایی میان مفاهیم را نشان می‌دهد. برای تحلیل شبکهٔ هم‌واژگانی از شاخص‌های مرکزیت درجه، مرکزیت بینابینی و مرکزیت نزدیکی استفاده‌شده است. میانگین چگالی (تراکم) شبکه ۰.۰۳۳۵ است که نشان‌دهندهٔ پراکندگی زیاد و ارتباطات کم میان مفاهیم است. در جدول ۳، ده مفهوم با بیشترین عدد در شاخص‌های درجه، بینابینی و نزدیکی ارائه‌شده است.

جدول ۳. مفاهیم ازنظر مرکزیت درجه، بینابینی و نزدیکی در حوزهٔ دانش بحران آب در مقیاس جهانی

مفاهیم	مرکزیت درجه	مفاهیم	مرکزیت بینابینی	مرکز نزدیکی
Water	۷۰۸۰	Water	۱۳.۱۲۱	٦۲۰.٦۹
Water stress	٦٥٥۱	Water stress	۹.۰٥۷	۰۰٥.٦٦
Drought	٤۰۲۷	Drought	٤.۸٤۷	۰۳۹.٦۲
Water scarcity	۲٦٤۷	Water pollution	۲.٦٥۳	٤٦٥.٥۸
Water quality	۲٤۸۱	Water onsumption	۲.۳٦۲	۲٤۰.٥٦
Water consumptio	۲٤۷۹	Water quality	۲.۳۱۳	۰۳۹.٥۹
Water pollution	۲۲۸٤	Pollution	۲.۰۰٦	٦۸٥.٥۷
Pollution	۲۲۷٦	Climate change	۱.۷۷۹	٦٥۲.٥۷
Climate change	۲۰٦۳	Drought stress	۱.٤۳۸	٥۲۰.٦٥

ادامه جدول ۳. مفاهیم ازنظر مرکزیت درجه، بینابینی و نزدیکی در حوزهٔ دانش بحران آب در مقیاس جهانی

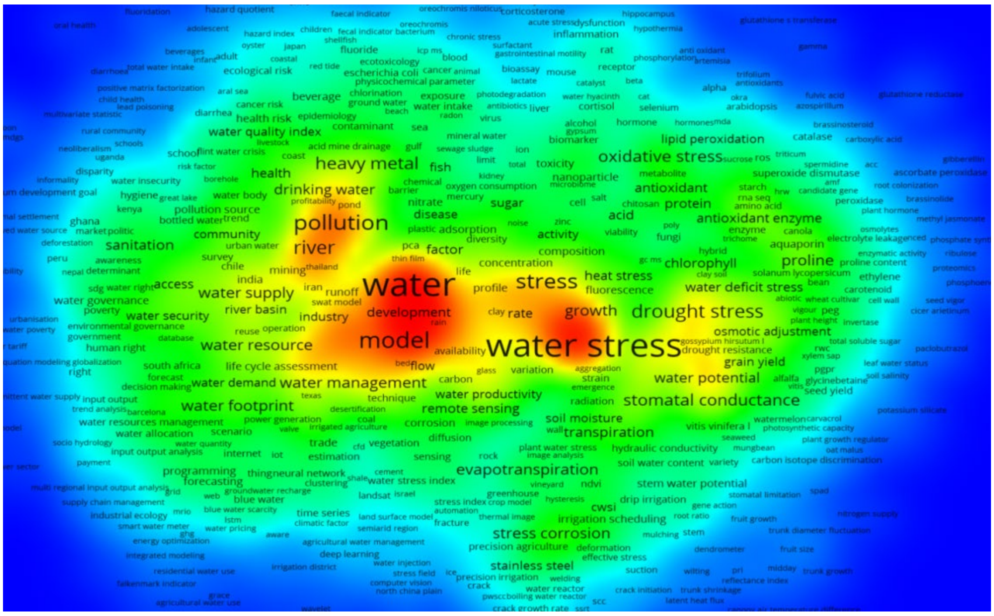
مفاهیم	مرکزیت درجه	مفاهیم	مرکزیت بینابینی	مرکز نزدیکی
Irrigation	۱۶۶۳	Irrigation	۱.۲۴۴	۳۹۴.۵۶
مرکزیت شبکه	۱.۴۶۱ درصد	مرکزیت شبکه	۱۳.۰۹ درصد	۴۷.۰۲ درصد
میانگین	۱۰۱.۳۴۲	میانگین	۰.۰۳۹	۴۶.۱۲۱
انحراف معیار	۲۵۶.۶۳۹	۰.۳۴۳		۵.۵۹۴

بر اساس شاخص «درجه مرکزیت»، مفاهیم «آب» (۷۰۸۰)، «تنش آبی» (۶۵۵۱) و «خشکسالی» (۴۰۲۷) بیشترین نقش را دارند. مفاهیم «کمبود آب»، «کیفیت آب»، «مصرف آب»، «آلودگی آب» و «تغییرات آب و هوایی» نیز ارتباطات بالایی نشان می‌دهند. میانگین درجهٔ مرکزیت ۱۰۱.۳۴۲ و انحراف معیار ۲۶۵.۳۴۰ است. تمرکز شبکه ۱.۴۶۱ درصد که نشان می‌دهد توزیع ارتباطات نسبی است. بر اساس شاخص «مرکزیت بینابینی»، مفاهیم «آب» (۱۳.۱۲۱)، «تنش آبی» (۹.۰۵۷) و «خشکسالی» (۴.۸۴۷) نقش اتصالی مهمی دارند. تمرکز کل شبکه ۱۳.۰۹ درصد و انحراف معیار ۰.۳۴۳ است. بر اساس شاخص «مرکزیت نزدیکی»، مفاهیم «آب» (۶۹.۶۲۰)، «تنش آبی» (۶۶.۰۰۵) و «خشکسالی» (۰۳۹.۰۳۹) بیشترین نزدیکی را نشان می‌دهند. میانگین این شاخص ۴۶.۲۱۲ است. در شبکهٔ مفهومی بحران آب، از ۳۰۰۵ مفهوم با بسامد بالای ۵، ۱۵۰۰ هم‌رخدادی شناسایی شد. جدول ۴، ۳۰ زوج با قوی‌ترین پیوندهای هم‌رخدادی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. هم‌رخدادی مفاهیم پژوهش‌های حوزهٔ بحران آب در ابعاد جهانی

هم‌رخدادی مفاهیم		قدرت پیوند	هم‌رخدادی مفاهیم		قدرت پیوند
Efficiency	Water	۱۵۸	Model	Water consumption	۶۷
Sanitation	Water	۱۲۹	Stress	Water	۶۵
Water stress	Drought	۱۰۵	Climate change	Drought	۶۲
Climate change	Water scarcity	۱۰۴	Water stress	Abscisic acid	۵۹
Pollution	Water	۹۸	Water footprint	Water scarcity	۵۶
Water stress	Yield	۸۸	Pollution	River	۵۵
Access	Water	۸۷	Consumption	Water	۵۱
Water stress	Photosynthesis	۸۳	Water stress	Stomatal conductance	۴۹
Drought	Photosynthesis	۸۰	Sustainability	Water scarcity	۴۸
Pollution	Water quality	۷۷	Water stress	Rice	۴۷
Water stress	Wheat	۷۷	Drought	Wheat	۴۶
Water stress	Growth	۷۱	Drought	Water scarcity	۴۵
Energy	Water	۷۰	Water stress	Irrigation	۴۲
Model	Water	۶۸	Water management	Water scarcity	۳۹
Water	Model	۶۸	Chlorophyll	Fluorescence	۳۵

با توجه به داده‌های جدول فوق، در ستون «هم‌رخدادی» (Co-occurrence) دو مفهومی را نشان مـی‌دهـد کـه در متون مربوط به بحران آب با هم ظاهر شده‌اند. ستون «قدرت پیوند (Link strength)» «میزان این هم‌رخدادی را نشان می‌دهد؛ عدد بزرگ‌تر به معنای ارتباط قوی‌تر است. در این هم رخدادی مفهوم «آب» نقش محوری دارد و بـا مفـاهیم زیادی هم‌رخدادی دارد. مهم‌ترین هم‌رخدادی‌هـا عبـارت‌انـد از: «بهـره‌وری – آب» (۱۵۸)، «بهداشـت – آب» (۱۲۹)، «تنش آبی – خشکسالی» (۱۰۵)، «تغییرات آب و هوایی – کمبـود آب» (۱۰٤) و «آلـودگی – آب» (۹۸). ایـن جـدول نشان‌دهندهٔ ارتباطات مهم بین مفاهیم مختلف در حوزهٔ بحران آب است. در شکل ٤، بـرای درک روشـن‌تـر از تمرکـز مفاهیم این حوزه، نقشهٔ چگالی یا تراکم به‌عنوان یک الگوی کلی نمایش داده‌شده است.



شکل ٤. نقشه چگالی (تراکمی) پژوهش‌های حوزه بحران آب در ابعاد جهانی

شکل ٤، نقشه چگالی مفهومی حوزه پژوهشی بحران آب را نشـان مـی‌دهـد کـه بـرای شناسـایی مفـاهیم کلیـدی طراحی‌شده است. در این نقشه، رنگ‌های قرمز و زرد تراکم بالا و رنگ آبی تراکم پـایین مفـاهیم را نشـان مـی‌دهنـد. مفاهیم مرکزی با رنگ قرمز مشخص شده‌اند و نشان‌دهنده «مفاهیم داغ» هسـتند. ایـن نقشـه بـه درک سـاختار حـوزه پژوهشی کمک می‌کند. مناطق پرتراکم بیشترین توجه پژوهشی را نشان می‌دهند و نقاط کلیدی خوشه‌ها، مفاهیم اصلی را بازتاب می‌دهند. مناطق کم تراکم می‌توانند شکاف‌های پژوهشی یا موضوعات نوظهور باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش دربارهٔ بحران آب در ابعاد جهانی، با تمرکز بر تحلیل هم‌واژگانی و شبکهٔ مفهومی، بـه شـرح زیر تبیین و تحلیل می‌شود.

مفاهیم پربسامد/ پرکاربرد

یافته‌ها نشان می‌دهند که مفاهیم «تنش آبی»، «آب» و «خشکسالی» محور اصلی مباحث مطرح‌شده در پژوهش‌هـای مرتبط با بحران آب را تشکیل می‌دهند. این امر منطقی است؛ زیرا این سه مفهوم به‌طور مستقیم با ابعاد گوناگون بحران

آب در ارتباط‌اند. افزون بر این، مفاهیمی مانند «کمبود آب»، «کیفیت آب»، «آلودگی آب» و «تغییرات آب و هوایی» نیز از دیگر مفاهیم پرتکرار به شمار می‌روند که اهمیت موضوعات مرتبط با آن‌ها را در این حوزه نشان می‌دهند. این مفاهیم ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر و با خود بحران آب دارند و به‌طور گسترده در مطالعات این حوزه بررسی شده‌اند. تحلیل روابط علت و معلولی میان این مفاهیم به درک عمیق‌تر ابعاد مختلف بحران آب و ارائهٔ راهکارهای مناسب برای مدیریت آن کمک می‌کند. تکرار بالای این مفاهیم در مدارک علمی در سطوح منطقه‌ای، ملی و جهانی نشان می‌دهد که بحران آب چالشی مهم است که ریشه در تعاملات پیچیدهٔ انسانی، طبیعی و اقلیمی دارد. این مفاهیم به‌صورت سیستماتیک به هم وابسته‌اند و هرکدام می‌توانند علت یا معلول دیگری باشند. بنابراین، بحران آب یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر با ابعاد پیچیده است و نمی‌توان آن را صرفاً به یک عامل خاص نسبت داد. این بحران نیازمند اقدامات هماهنگ در سطوح ملی و بین‌المللی است و تنها با رویکردی جامع، یکپارچه و مبتنی بر عدالت در مدیریت منابع آبی می‌توان اثرات آن را کاهش داد و پایداری منابع آبی را برای نسل‌های آینده تضمین کرد. اینکه بیش از ۷۵ درصد مفاهیم فقط یک‌بار در پژوهش‌های این حوزه استفاده شده‌اند، نشان‌دهندهٔ تنوع زیاد موضوعات فرعی و تخصصی در این حوزه پر چالش است. نتایج این پژوهش در مفاهیم پرکاربرد یا پرتکرار با نتایج چندین پژوهش دیگر همخوانی دارد.

در این راستا، مفهوم پربسامد «تصفیه آب» با پژوهش جاپیرا (Jayapriya, 2021)، مفهوم «امنیت آب» با پژوهش آگویر و کوئروو (Aguirre & Paredes Cuervo, 2023)، مفهوم «کیفیت آب» با پژوهش‌های لرهول و همکاران (Lrhoul et al., 2021) و ریاحی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، همسو است. همچنین در مفهوم پربسامد «تأمین منابع آب» با پژوهش بای و همکاران (Bai et al., 2022)، در مفهومی همچون «آلودگی آب» با پژوهش نیکا و دینکا (Nyika & Dinka, 2022) و لرهول و همکاران (Lrhoul et al., 2021). در مفاهیمی همچون «حاکمیت و دیپلماسی آب» با پژوهش آگویر و کوئروو (Aguirre & Paredes Cuervo, 2023)، در مفهوم «تصفیه فاضلاب» با پژوهش با گارسیا اویلا و همکاران (García-Ávila et al., 2023)، در مفهوم «آب آشامیدنی» با پژوهش جاپیرا (Jayapriya, 2021)، در مفهوم پربسامد «تغییرات اقلیمی» با پژوهش‌های چن و همکاران (Chen et al., 2018) و فاروغی و همکاران (Farooqi et al., 2024) و در مفهوم «جذب آب» با پژوهش ریاحی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) همسو است.

مفاهیم نوظهور

تحلیل هم‌واژگانی نشان می‌دهد که در دههٔ اخیر، مفاهیم نوظهوری وارد ادبیات بحران آب شده‌اند. شناسایی ۸۰ مفهوم جدید که با «بحران آب» هم‌رخدادی داشته‌اند، گویای چند نکتهٔ مهم است: ظهور این مفاهیم جدید نشان می‌دهد که این حوزهٔ پژوهشی ایستا نبوده و به‌طور مداوم در حال تکامل و پیشرفت است. یافته‌های علمی جدید و تغییرات در نگرش‌ها و سیاست‌ها باعث ظهور مفاهیم جدید می‌شوند. هم‌رخدادی این مفاهیم جدید با «بحران آب» به‌طور مستقیم نشان می‌دهد که این مفاهیم در تلاش برای پاسخ‌گویی به چالش‌های نوظهور و پیچیده‌تر مرتبط با بحران آب هستند. این چالش‌ها می‌توانند شامل مواردی مانند تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب (مانند تغییر الگوهای بارش، افزایش دما، ذوب یخچال‌ها، افزایش تقاضا برای آب به دلیل رشد جمعیت، توسعهٔ کشاورزی و صنعتی، آلودگی‌های جدید منابع آب (مانند آلاینده‌های دارویی، میکرو پلاستیک‌ها، مدیریت یکپارچهٔ منابع آب، استفاده از فناوری‌های نوین، مسائل اجتماعی و اقتصادی مرتبط با دسترسی به آب و توزیع عادلانهٔ آن و تمرکز بر

رویکردهای جدید باشد. همچنین، تمرکز بر رویکردهای جدیدی مانند مدیریت یکپارچهٔ منابع آب، مدیریت تقاضای آب، آب مجازی، انطباق با تغییرات اقلیمی، نقش فناوری‌های نوین باعث استفاده از این مفاهیم جدید در پژوهش‌های یک دهه اخیر است.

به‌طور خلاصه مفاهیم نوظهور در چند ُبعد قابل‌بررسی است: ۱. ادغام رویکردهای پایداری و چرخشی؛ در سال‌های اخیر گارسیا اویلا و همکاران (García-Ávila et al., 2023) و داور آذر (Davarazar et al., 2021) تغییر پارادایم به سمت اقتصاد چرخشی آب و ادغام عمیق ملاحظات پایداری در مدیریت منابع آب را موردتوجه قرار دادند. ۲. تمرکز بر تنش‌ها و انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی؛ در این میان پژوهش‌هایی در مورد تأثیر رویدادهای بارش شدید بر کیفیت آب و تأثیرات تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی دریایی توسط موری‌را و همکاران (Moreira et al., 2023) و لی و همکاران (Li et al., 2020) انجام‌شده است. ۳. حاکمیت پیچیده و رویکردهای اقتصادی–اجتماعی؛ در این میان پژوهش بای و همکاران (Bai et al., 2022). نشان‌دهندهٔ درک فزاینده از ابعاد پیچیده اجتماعی، اقتصادی و نهادی بحران آب است. ٤. پیشرفت‌های فناورانه هدفمند در تصفیه و پایش آب. در پژوهش ناصر و همکاران (Naseer et al., 2022) به مفاهیم مرتبط با فناوری در تصفیه آب اشاره‌شده است. ۵. توجه به ابعاد اکوسیستمی و سلامت انسان. در این زمینه با پژوهش‌های نیکا و دینکا (Nyika & Dinka, 2022) و شارما (Sharma, 2021) همسو است. پژوهش‌های نوظهور در بحران آب نشان‌دهندهٔ درک چندُبعدی‌تر و پیچیده‌تر از بحران آب هستند. بنابراین، ورود این مفاهیم به ادبیات علمی و بحث در دانشگاه‌ها نشان‌دهندهٔ اهمیت و به‌روز بودن آن‌ها در جامعهٔ علمی و پژوهشی است. این امر نشان می‌دهد که پژوهشگران و دانشگاهیان در تلاش برای درک بهتر چالش‌های جدید و ارائهٔ راهکارهای مناسب برای آن‌ها هستند.

خوشه‌بندی مفاهیم

تحلیل ساختار دانش در حوزهٔ بحران آب منجر به شناسایی ۱۱ خوشهٔ موضوعی متمایز شده است که گستردگی و تنوع پژوهش‌های این حوزه را به‌خوبی نشان می‌دهد. این خوشه‌بندی به درک بهتر تمرکزها و شکاف‌های پژوهشی کمک شایانی می‌کند.

بزرگ‌ترین خوشه به بررسی تنش خشکسالی و تأثیرات آن بر گیاهان زراعی اختصاص دارد. تمرکز اصلی این خوشه بر پیامدهای خشکسالی بر امنیت غذایی و سیستم‌های کشاورزی است. مطالعات این حوزه نشان می‌دهد که کاهش منابع آبی می‌تواند تا ٤٠ درصد از عملکرد محصولات استراتژیک را کاهش دهد (Khan et al., 2025) و چالش‌های اقتصادی–اجتماعی جدی ایجاد کند. پژوهش‌های این خوشه عمدتاً بر توسعه راهکارهای سازگاری ازجمله کشاورزی هوشمند و ارقام مقاوم به خشکی متمرکز هستند. اهمیت این موضوع ازآن‌رو چشمگیر است که خشکسالی می‌تواند به کاهش تولیدات محصولات کشاورزی، ناامنی غذایی و بروز مشکلات اقتصادی و اجتماعی منجر شود.

دومین خوشهٔ بزرگ به موضوع کیفیت آب و پیامدهای آلودگی‌های آبی می‌پردازد. این خوشه با بررسی آلاینده‌های نوظهور مانند میکرو پلاستیک‌ها و فلزات سنگین، ارتباط مستقیمی بین سلامت اکوسیستم‌های آبی و بهداشت عمومی برقرار می‌کند. این موضوع حیاتی است، چراکه آب آلوده می‌تواند منجر به بیماری‌های مختلف و آسیب به محیط‌زیست شود.

خوشهٔ سوم بر مدیریت منابع آب در شرایط تغییرات اقلیمی تمرکز دارد و به دنبال توسعهٔ راهکارهای انعطاف‌پذیر برای مقابله با بی‌ثباتی منابع آبی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ دسترسی به

آب شیرین را تا ۲۰ درصد کاهش دهد(Siegel, 2021) امری که ضرورت توجه به این حوزه را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد. نتایج این خوشه با پژوهش فاروغی و همکاران (Farooqi et al., 2024) همسو است.

خوشهٔ چهارم به جنبه‌های فنی و مهندسی بحران آب می‌پردازد. مسائلی نظیر خوردگی مواد در محیط‌های آبی که می‌تواند به زیرساخت‌های آبی آسیب برساند و موجب آلودگی آب و افزایش هزینه‌ها شود، در این خوشه مسائلی مانند خوردگی سازه‌های آبی، فرسایش لوله‌های انتقال و مشکلات کیفی آب موردبررسی قرار می‌گیرند. مطالعات نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰ درصد از آب انتقالی در سیستم‌های فرسوده هدر می‌رود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

خوشهٔ پنجم بر بهینه‌سازی مدیریت آب در بخش کشاورزی متمرکز است و به توسعهٔ سیستم‌های پایش هوشمند و روش‌های کارآمد آبیاری است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند تا ۳۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی به همراه داشته باشد (Abdelmoneim et al., 2024).

خوشهٔ ششم به بررسی فناوری‌های نوین در مدیریت منابع آب اختصاص دارد. این حوزه شامل توسعهٔ سیستم‌های پیشرفتهٔ تصفیه، فناوری‌های نمک‌زدایی و کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی نیاز آبی است. مطالعات نشان می‌دهد که این فناوری‌های نوین می‌توانند تا ۵۰ درصد کارایی سیستم‌های آبی را افزایش دهند. این خوشه تا حد زیادی با خوشهٔ چهارم هم‌پوشانی دارد، با این تفاوت که تمرکز آن به فناوری‌های نوظهور در مدیریت منابع آب است.

خوشهٔ هفتم به تأثیرات تنش‌های محیطی، فیزیولوژیکی و روانی ناشی از آب‌های آلوده بر سلامت موجودات زنده می‌پردازد. این خوشه با خوشه دوم ارتباط دارد، اما بیشتر بر جنبه‌های انسانی، مانند استرس و تأثیرات روانی، تمرکز کرده است.

خوشهٔ هشتم با تمرکز بر ابعاد اقتصادی و حکمرانی آب، به تحلیل شاخص‌های کلیدی مانند ردپای آب و تجارت مجازی آب می‌پردازد که نشان‌دهندهٔ ارتباط پیچیده بین مصرف آب، تولید کالا و الگوهای تجاری بین‌المللی است. همچنین، این حوزه ارتباط آب با امنیت انرژی را بررسی می‌کند، چنین مطالعاتی به‌ویژه در مناطق خشک که با کم‌آبی و رقابت بخش‌های مختلف مواجه هستند، از اهمیت راهبردی برخوردارند.

خوشه نهم به مدیریت پایدار منابع آب اختصاص دارد. این حوزه بر توسعهٔ راهکارهای جامع برای حفاظت از منابع آبی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی تأکید دارد. پژوهش محمدی و اسدپوریان (۱۴۰۳) در ایران با نتیجهٔ این خوشه همسویی دارد. با وجود اهمیت موضوع پایداری، تعداد مفاهیم این خوشه نسبتاً کم است و نشان می‌دهد که پژوهش‌های بیشتری در این زمینه موردنیاز است. شباهت این خوشه با خوشهٔ سوم نشان می‌دهد که پایداری بخشی از مدیریت منابع آب است، اما به‌طور جداگانه نیز موردتوجه قرارگرفته است.

خوشهٔ دهم به چالش‌های خاص مدیریت آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستی می‌پردازد. این حوزه به دلیل شرایط زمین‌شناسی ویژه، نیازمند راهکارهای تخصصی است.

خوشهٔ یازدهم به بررسی تأثیر امواج گرمایی بر منابع آب اختصاص دارد. این حوزهٔ نوظهور نشان می‌دهد که هر درجهٔ افزایش دما می‌تواند دسترسی به آب را کاهش دهد. پژوهش‌های این حوزه بر توسعهٔ مدل‌های پیش‌بینی و راهکارهای سازگاری متمرکز است.

نتایج خوشه‌بندی مفاهیم در حوزهٔ بحران آب هرکدام نمایانگر یک حوزهٔ تخصصی یا رویکرد تحلیلی در مواجهه با این بحران هستند. این خوشه‌ها از مسائل زیربنایی مانند خشکسالی و کیفیت آب تا فناوری‌های نوین، ابعاد اقتصادی، حکمرانی و پایداری را در برمی‌گیرند و نشان‌دهندهٔ گستردگی و تنوع ادبیات علمی بحران آب هستند. چنین طبقه‌بندی

منسجمی به پژوهشگران کمک می‌کند تا تمرکزهای اصلی، پیوندهای موضوعی و خلأهای پژوهشی را بهتر شناسایی کرده، پژوهش‌های هدفمندتر و هماهنگ‌تری طراحی کرده و راهکارهای مؤثرتری برای مدیریت بحران آب ارائه دهند.

ساختار شبکهٔ مفهومی

ساختار شبکهٔ مفهومی بر اساس هم‌رخدادی مفاهیم در اسناد مرتبط با بحران آب ترسیم‌شده است. اندازهٔ گره‌ها نشان‌دهندهٔ فراوانی و دریافت لینک و ضخامت لبه‌ها نشان‌دهندهٔ قدرت و تعداد هم‌رخدادی مفاهیم است. طول لبه‌ها نیز بیانگر نزدیکی معنایی بیشتر است. بر اساس شاخص‌های تحلیل شبکه اجتماعی، مفاهیم «آب»، «تنش آبی» و «خشکسالی» بیشترین درجه مرکزیت را دارند، به این معنی که بیشترین ارتباط را با سایر مفاهیم دارند و نقش کلیدی در انسجام شبکه ایفا می‌کنند. میانگین درجهٔ مرکزیت و انحراف معیار بالا نشان‌دهندهٔ توزیع ناهمگن ارتباطات است. تمرکز پایین شبکه بر اساس این شاخص نشان می‌دهد که ارتباطات نسبتاً توزیع شده‌اند و یک مفهوم کاملاً غالب وجود ندارد، هرچند مفهوم «آب» از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین، مفاهیم «آب»، «تنش آبی» و «خشکسالی» نیز بیشترین مرکزیت بینابینی را دارند، به این معنی که نقش مهمی در اتصال سایر مفاهیم به یکدیگر ایفا می‌کنند و به‌عنوان پل ارتباطی بین موضوعات مختلف عمل می‌کنند. تمرکز نسبتاً پایین شبکه از این نظر نیز نشان می‌دهد که قدرت واسطه‌ای بین مفاهیم تا حدی توزیع‌شده است. چگالی پایین (۰.۳۳۵۰) نشان می‌دهد که شبکه نسبتاً پراکنده و ارتباطات بین مفاهیم آن کم است. انحراف معیار بالا نیز این پراکندگی را تأیید می‌کند. تعداد گره‌ها (۳۰۰۵) و پیوندها (۳۰٦٦٦) نشان‌دهندهٔ بزرگی و پیچیدگی شبکه است، اما چگالی پایین نشان می‌دهد که پتانسیل ارتباطات بیشتری در این حوزه وجود دارد که هنوز به‌طور کامل در پژوهش‌ها منعکس نشده است.

بحران آب مفهومی با ابعاد پیچیده است. این پژوهش با استفاده از تحلیل هم‌واژگانی و شبکه مفهومی، تصویری جامع از ساختار دانش در حوزهٔ «بحران آب» در سطح جهانی ارائه می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهند مفاهیم کلیدی مانند «تنش آبی»، «خشکسالی»، «کمبود آب»، «کیفیت آب»، «آلودگی آب» و «تغییرات آب و هوایی» محور اصلی پژوهش‌های مرتبط با بحران آب را تشکیل می‌دهند. همچنین، ظهور مفاهیم نوظهور در ادبیات بحران آب، نشان‌دهندهٔ پویایی و تکامل این حوزهٔ پژوهشی است که در پاسخ به چالش‌های پیچیده و نوظهور مرتبط با تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های جدید و نیاز به مدیریت پایدار منابع آب شکل گرفته‌اند. این مفاهیم نوظهور بیانگر تلاش جامعهٔ علمی و مدیریتی برای ارائه راهکارهای مؤثر و جامع به‌منظور مقابله با بحران آب در قرن حاضر هستند.

خوشه‌بندی مفاهیم نشان می‌دهد که پژوهش‌های بحران آب، عمدتاً بر موضوعات کلیدی مانند خشکسالی، کیفیت آب و مدیریت منابع آب متمرکز هستند، اما به موضوعات نوظهور و تخصصی‌تر مانند تأثیر موج گرما و مدیریت آب‌های زیرزمینی نیز توجه شده است. تنوع خوشه‌ها بیانگر پیچیدگی مفهومی این حوزه است و نیاز به پژوهش‌های بیشتر، به‌ویژه در حوزه‌های پایداری و فناوری‌های نوین، برای ارائه راهکارهای جامع و مؤثر را نشان می‌دهد.

بحران آب مفهومی چندوجهی است که ریشه در ابعاد انسانی، طبیعی و اقلیمی دارد. به همین دلیل، پژوهش‌های مرتبط با این حوزه رشد چشمگیری داشته‌اند. بااین‌حال، نتایج نشان می‌دهد که شبکه مفهومی این حوزه نسبتاً پراکنده است و ظرفیت بالایی برای ایجاد ارتباط بیشتر بین مفاهیم وجود دارد. در این میان، بای و همکاران (Bai et al., 2022) و فو و همکاران (Fu et al., 2022) تأکید کرده‌اند که بحران آب ماهیتی چندوجهی دارد؛ به‌گونه‌ای که هم‌زمان تحت تأثیر عوامل انسانی، تنوع مقیاس‌ها و سطوح تحلیلی (از محلی و منطقه‌ای تا جهانی) و تفاوت در اولویت‌ها و چالش‌های هر کشور یا اقلیم قرار می‌گیرد.

این ماهیت چندوجهی موجب شده است تا مفاهیم و چارچوب‌های تحلیلی مورد استفاده در مطالعات مختلف، ناهمگون و پراکنده باشند. همچنین، فقدان چارچوب‌های نظری مشترک یا میان‌رشته‌ای منسجم در بسیاری از پژوهش‌ها، به تضعیف ارتباطات مفهومی انجامیده است.

به‌طورکلی مزیت اصلی پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین در آن است که برای نخستین بار، پژوهش‌های مرتبط با بحران آب را به‌صورت جامع بررسی کرده و نتایج آن طیف گسترده‌ای از مفاهیم را پوشش می‌دهد؛ درحالی‌که در پیشینه‌های موجود، تنها جنبه‌های خاصی از این بحران تحلیل‌شده است. همچنین، این پژوهش برای اولین بار یک خوشه‌بندی هوشمند و نظام‌مند از مسائل بحران آب ارائه می‌کند. بنابراین، یافته‌های این مطالعه از جامعیت بیشتری برخوردار بوده و تا حدی قابل استنادتر از سایر پژوهش‌های این حوزه است.

یافته‌های این پژوهش فرصتی ارزشمند برای پژوهشگران فراهم می‌کند تا مفاهیم مرتبط با بحران آب را به‌طور عمیق‌تر مطالعه کنند. به‌ویژه، خوشه‌های موضوعی و مفاهیم نوظهور شناسایی‌شده می‌توانند به‌عنوان محورهای پژوهشی جدید برای مطالعات آینده مطرح شوند. مدیریت مؤثر بحران آب مستلزم اقدامات هماهنگ در سطوح ملی و بین‌المللی و اتخاذ رویکردی جامع و عادلانه است. نتایج این پژوهش برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران، تصویری از اولویت‌های کنونی و فرصت‌های مغفول در سیاست‌گذاری منابع آب ترسیم می‌کند و بر این نکته تأکید دارد که مقابله مؤثر با بحران آب نیازمند رویکردی جامع، میان‌رشته‌ای و آینده‌نگر مبتنی بر شناسایی پیوندهای مفهومی، توسعهٔ فناوری‌های نوین و ارتقای تاب‌آوری در برابر چالش‌های اقلیمی و زیست‌محیطی است.

پیشنهادهای اجرایی پژوهش

پژوهش‌های علمی برای پاسخ به نیازهای شناسایی‌شده، پر کردن شکاف‌های موجود و حل مسائل پژوهشی انجام می‌شوند. یافته‌های این پژوهش‌ها نه‌تنها به سؤالات مطرح‌شده پاسخ می‌دهند، بلکه راهکارهایی برای اقدامات عملی و مطالعات بعدی ارائه می‌کنند. در ادامه با توجه به نتایج پژوهش حاضر ادامه پیشنهادهایی برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران در سطح جهانی و ملی ارائه می‌شود.

- با توجه به یافته‌های تحلیل هم‌واژگانی در حوزهٔ بحران آب که نشان از ظهور مفاهیم نوظهور دارد، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران این حوزه، راهبردهای نوین مدیریت بحران آب را با تأکید بر تغییرات اقلیمی، فناوری‌های پیشرفته و عدالت اجتماعی و با بهره‌گیری از مفاهیم کلیدی مطرح‌شده در ادبیات پژوهشی دههٔ اخیر، تدوین کنند.
- تحلیل هم‌رخدادی مفهومی در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که سه محور «آب، تنش آبی و خشکسالی» ارتباط معناداری در ادبیات بحران آب دارند. با توجه به پیچیدگی و اثرات چندبُعدی این مفاهیم، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی داخلی و بین‌المللی، به‌ویژه در کشورهای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، این سه‌گانه را به‌عنوان یک چارچوب پژوهشی یکپارچه موردبررسی عمیق قرار دهند.
- با توجه به یافته‌های نظام‌مند خوشه‌بندی موضوعی در پژوهش‌های بحران آب و با درک تفاوت‌های اقلیمی-هیدرولوژیکی کشورها، پیشنهاد می‌شود دولت‌ها با اتخاذ رویکردی سیستمی، «چارچوب جامع تاب‌آوری آبی» را به‌عنوان پارادایمی جدید در مدیریت منابع آب اجرایی کنند.
- ایجاد سامانه ملی پایش و تحلیل داده‌محور برای مدیریت یکپارچه منابع آب، به‌ویژه در ایران که در ناحیهٔ تقریباً خشک کره زمین قرار دارد، ازجمله راهکارهایی است که می‌تواند با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین اطلاعات یک سامانه ملی برای پایش، تحلیل و پیش‌بینی تنش آبی، خشکسالی و تغییرات منابع آب زیرزمینی ایجاد کرد.

- با توجه به یافته‌های پژوهش و شرایط خاص اقلیم خشک ایران، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران و دست‌اندرکاران حوزهٔ آب «راهبردهای جامع مدیریت بحران آب در ایران: از فناوری‌های نوین تا حکمرانی عادلانه در اقلیم خشک» را تدوین کنند.
- تدوین چارچوب سیاست‌گذاری یکپارچه با رویکرد میان‌رشته‌ای در حوزهٔ بحران آب در مراکز آموزشی و پژوهشی، به‌ویژه در کشورهای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک مانند ایران امری ضروری است.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

- به‌منظور افزایش دقت و کاربردی بودن یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با تکیه بر داده‌های داخلی ایران انجام شود تا امکان مقایسه سیستماتیک بین نتایج پژوهش حاضر و پژوهش آینده فراهم گردد.
- با توجه به تحولات مفهومی پویا در حوزهٔ بحران آب و ظهور مفاهیم نوظهور مرتبط با چالش‌های پیچیدهٔ این حوزه، پیشنهاد می‌شود پژوهشی میان‌رشته‌ای باهدف «تحلیل نظام‌مند نقش مفاهیم جدید در ادبیات بحران آب و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب در ایران» انجام شود.
- همچنین به پژوهشگران، به‌ویژه اعضای هیئت‌علمی دانشگاه، پیشنهاد می‌شود با توجه به خوشه‌های موضوعی شکل‌گرفته و مفاهیم مستعد این حوزه، زمینهٔ انجام پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی در چارچوب خوشه‌های مفهومی را فراهم کنند.
- ازآنجاکه در روش تحلیل هم‌واژگانی تمرکز بر واژگان پرتکرار در متون پژوهشی است و این امر ممکن است به نادیده گرفتن بافت مفهومی عمیق‌تر، روابط معنایی پنهان و رویکردهای کیفی منجر شود، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با بهره‌گیری از رویکردهای کیفی انجام شود.
- نتایج تحلیل هم‌واژگانی نشان داد مفاهیم مدیریتی در پژوهش‌های حوزهٔ آب کمتر موردتوجه قرار گرفته‌اند؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با تمرکز بر سیاست‌گذاری و مدیریت فناوری اطلاعات در حوزهٔ منابع آب انجام شود.
- با توجه به اهمیت راهبردی موضوعات «مدیریت آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستی» و «اثرات موج گرما بر منابع آب» در تشدید بحران آب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، پیشنهاد می‌شود این دو خوشه کم مطالعه شده در اولویت پژوهش‌های آینده قرار گیرند.
- با توجه به پراکندگی شبکه مفهومی در حوزهٔ بحران آب که نشان‌دهندهٔ ظرفیت بالای توسعهٔ ارتباطات بین مفهومی است، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌هایی با رویکرد تحلیل شبکه‌ای و در چارچوب یکپارچگی مفهومی برای مدیریت بحران آب انجام گیرد.

تقدیر و تشکر (Acknowledgment)

این مقاله حاصل یک پژوهش مستقل است که توسط نویسندگان انجام‌شده و تحت هیچ سازمانی قرار نداشته است.

تعارض منافع (Conflict of Interest)

نویسندگان اعلام می‌دارند که در خصوص انتشار این مقاله تضاد منافع وجود ندارد. علاوه بر این، موضوعات اخلاقی، ازجمله سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر و همچنین، سیاست مجله در قبال استفاده از هوش مصنوعی از سوی نویسندگان رعایت شده است.

فهرست منابع

احمدی، ح.، و پرهام نیا، ف. (۱٤۰۳). تحلیل و ترسیم شبکه مفهومی پژوهش‌های حوزه مرجعیت علمی در ایران: تحلیل هم واژگانی. *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، *۳۹*(٤)، ۱۲۲۵-۱۲۵۷.
https://doi.org/10.22034/jipm.2024.2025232.1582

احمدی، ح.، و عصاره، ف. (۱۳۹٦). بررسی مفاهیم، تعاریف و کارکردهای تحلیل هم واژگانی. *مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات*، *۲۸*(۱)، ۱۲۵-۱٤۵.
https://ensani.ir/file/download/article/20180114082414-9556-258.pdf

اکبری جاوید، م.، و غفاری، س. (۱٤۰۲). ترسیم نقشه دانش تولیدات علمی حوزه مدیریت بحران و مخاطرات در پایگاه اسکوپوس ۱۹۷۳-۲۰۲۰. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، *۹*(۲)، ۳۵۳-۳۸٤.
https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15968.1569

بتولی، ح.، و بتولی، ز. (۱٤۰۰). ارزیابی تأثیر تولیدات علمی پژوهشگران با ابزار پلام‌ایکس: مطالعه موردی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، *۷*(۲)، ۲۳-۵۰.
https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5442.1380

برزگری، ف.، اکرمی، ص.، و شرقی، ط. (۱٤۰۰). عوامل مؤثر بر توسعه و تولیدات علمی مفهوم مدیریت پایدار منابع آبی در کشورهای مختلف. *مدیریت آب در کشاورزی*، *۸*(۲) ۵۳-٦٦.
https://wmaj.iaid.ir/article_136451.html

حاتمی، ز.، و محمودی، م. (۱٤۰۳). *علم‌سنجی آلودگی آب‌های سطحی: تحلیل روندها، چالش‌ها و راهکارهای نوین* [مقاله کنفرانسی]. سیزدهمین همایش بین‌المللی ایده‌های نوین در معماری، شهرسازی، جغرافیا و محیط‌زیست پایدار، مشهد. https://civilica.com/doc/2177217

حاجیان، ح.، و زرجینی، الف. (۱٤۰۲). تحلیلی بر کاربردهای داده‌کاوی در صنعت بیمه بر اساس شبکه هم رخدادی واژگان‌ها و شناسایی معتبرترین مجلات با شاخص استناد به پژوهش‌های علمی با استفاده از رویکرد علم‌سنجی. *پژوهشنامه بیمه*، *۱۳*(۱)، ۷۱-۸٦. https://doi.org/10.22056/ijir.2024.01.06

ریاحی‌نیا، ن.، دانیالی، س.، و عظیمی ع. (۱٤۰۲). تحلیل هم‌استنادی و هم‌رخدادی تولیدات علمی حوزه آلودگی آب. *مجله علم‌سنجی کاسپین*، *۱۰*(۲)، ٤۳-۵۲. https://cjs.mubabol.ac.ir/article-1-309-fa.pdf

زاهدی، ز. (۱٤۰۳). رویکردهای نوین علم‌سنجی در ارزیابی سیاست‌گذاری مسئولانه پژوهش. *مطالعات کاربردی علم‌سنجی*، *۱*(٤)، ۷-۱٤. https://doi.org/10.22091/apss.2024.12004.1029

شهمیرزادی، ط.، حریری، ن.، فهیم نیا، ف.، باب‌الحوائجی، ف.، و مطلبی، د. (۱۳۹۸). واکاوی شاخص‌های سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، *۵*(۱)، ٤۷-٦٦. https://doi.org/10.22070/rsci.2018.639

محمدی، ح.، حکیمی خرم، ع.، و احمدی، الف. (۱۳۹۸). امکان‌سنجی اجرای پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای در ایران (مطالعهٔ موردی: طرح انتقال آب بهشت‌آباد-فلات مرکزی). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، *۵۱*(٤)، ۱۰۷۳-۱۰۹۲. https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.248156.1007603

محمدی، ی، و اسدپوریان، ز. (۱٤۰۳). ترسیم نقشه علمی پژوهش‌های مدیریت منابع آب در کشور ایران با تأکید بر روندها، الگوها و جهت‌گیری آینده. *علم‌سنجی کاسپین*، *۱۱*(۱)،۷٦-۹۲.
http://dx.doi.org/10.22088/cjs.11.1.76

نوروزی چاکلی، ع. (۱۳۹۰). *آشنایی با علم‌سنجی (مبانی، مفاهیم، روابط و ریشه‌ها)*. سازمان مطالعه و تدوین کتب دانشگاهی در علوم اسلامی و انسانی (سمت)؛ دانشگاه شاهد. https://samt.ac.ir/fa/book/99

Abdelmoneim, A. A., Khadra, R., Elkamouh, A., Derardja, B., & Dragonetti, G. (2024). Towards affordable precision irrigation: An experimental comparison of weather-based and soil water potential-based irrigation using low-cost Iot-tensiometers on drip irrigated lettuce. *Sustainability, 16*(1), 306. https://doi.org/10.3390/su16010306

Ahmadi, H., & Osareh, F. (2017). Co-word analysis concept, definition and application. *Librarianship and Information Organization Studies*, *28*(1), 125–145. https://ensani.ir/file/download/article/20180114082414-9556-258.pdf **[In Persian].**

Ahmadi, H., & Parhamnia, F. (2024). Analysis and drawing the conceptual network of researches in the field of scientific authority in Iran: Co-word analysis. *Iranian Journal of Information Processing and Management, 39*(4), 1225-1257. https://doi.org/10.22034/jipm.2024.2025232.1582 **[In Persian].**

Aguirre, K. A., & Paredes Cuervo, D. (2023). Water safety and water governance: A scientometric review. *Sustainability*, *15*(9). https://doi.org/10.3390/su15097164

Aimar, A. (2017). Managing water crisis in the North African Region: With particular reference to Jijel region. In M., Behnassi, & K. McGlade (Eds.), *Environmental Change and Human Security in Africa and the Middle East* (pp. 219-237). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45648-5_12

Akbari Javid, M., & Ghaffari, S. (2023). Knowledge mapping of crisis and risk management scientific products at Scopus during 1973 and 2020. *Scientometrics Research Journal*, *9*(2), 353–384. https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15968.1569 **[In Persian].**

Badran, A. (2017). Climate change and water science policy in management. In S. Murad, E. Baydoun, & N. Daghir (Eds.), *Water, Energy & Food Sustainability in the Middle East: The Sustainability Triangle* (3-19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48920-9_1

Bai, W., Yan, L., Liang, J., & Zhang, L. (2022). Mapping knowledge domain on economic growth and water sustainability: A scientometric analysis. *Water Resources Management*, *36*, 4137-4159. https://doi.org/10.1007/s11269-022-03245-7

Bao, F. Y., Martek, I., Wu, Q. H., Wang, Z. Q., Yang, Y., Chen, C., & Chan, A. P. (2023). Scientometric review of smart water management literature from the sustainable development goal perspective. *International Journal of Strategic Property Management*, *27*(4), 218-232. https://doi.org/10.3846/ijspm.2023.19936

Barzagari, F., Akrami, S., & Sharghi, T. (2021). The factors affecting the development and scientific production of sustainable management of water resources concept in different countries. *Water Management in Agriculture*, *8*(2), 53-66. https://wmaj.iaid.ir/article_136451.html **[In Persian].**

Batooli, H., & Batooli, Z. (2021). Evaluating the impact of the scientific output of researchers using PlumX tools: A case study of the Research Institute of Forests and Rangelands. *Scientometrics Research Journal*, *7*(2), 23-50. https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5442.1380 **[In Persian].**

Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water, 2*(1), 15. https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9

Chen, D., Bi, B., Luo, Z. H., Yang, Y. W., Webber, M., & Finlayson, B. (2018). A scientometric review of water research on the Yangtze River. *Applied Ecology & Environmental Research*, *16*(6). https://doi.org/10.15666/aeer/1606_79697987

Chen, J., Li, W., Zhang, H., Jiang, W., Li, W., Sui, Y., Song, X., & Shibasaki, R. (2020). Mining urban sustainable performance: GPS data-based spatio-temporal analysis on on-road braking emission. *Journal of Cleaner Production*, *270*, 122489. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122489

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *62*(7), 1382–1402. https://doi.org/10.1002/asi.21525

Davarazar, M., Kamali, M., & Lopes, I. (2021). Engineered nanomaterials for (waste) water treatment-A scientometric assessment and sustainability aspects. *NanoImpact*, *22*, 100316. https://doi.org/10.1016/j.impact.2021.100316

Farooqi, T. J. A., Irfan, M., Zhou, X., Pan, S., Atta, A., & Li, J. (2024). Advancing knowledge in forest water use efficiency under global climate change through scientometric analysis. *Forests*, *15*(11), 1893. https://doi.org/10.3390/f15111893

Frimpong Boamah, E. (2020). Governing to deliver safe and affordable water: Perspectives from urban planning and public policy. In K. Smith, P. Ram (Eds), *Transforming Global Health: Interdisciplinary Challenges, Perspectives, and Strategies* (pp. 1-18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32112-3_1

Fu, C., Zeng, W., Ding, R., Mao, C., He, C., Chen, G. (2018). Social network analysis of China computer federation co-author network. In Q. Zu, & B. Hu, (Eds.), *Human Centered Computing: Third International Conference, HCC 2017, Kazan, Russia, August 7-9 2017, Revised Selected Papers* (Vol. 10745, pp. 422-432). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74521-3_45

Fu, L., Mao, S., Chen, F., Zhao, S., Su, W., Lai, G., Yu, A., & Lin, C.-T. (2022). Graphene-based electrochemical sensors for antibiotic detection in water, food and soil: A scientometric analysis in CiteSpace (2011–2021). *Chemosphere*, *297*, 134127. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134127

García-Ávila, F., Cabello-Torres, R., Iglesias-Abad, S., García-Mera, G., García-Uzca, C., Valdiviezo-Gonzales, L., & Donoso-Moscoso, S. (2023). Cleaner production and drinking water: Perspectives from a scientometric and systematic analysis for a sustainable performance. *South African Journal of Chemical Engineering*, *45*(1), 136-148. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.05.003

Gleick, P. H. (2014). Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, *6*(3), 331–340. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1

Hajiyan, H., & Zarjini, A. (2023). A comprehensive analysis of keywords co-occurrence network and the most cited journals on data mining techniques in insurance industry using scientometrics approach. *Iranian Journal of Insurance Research*, *13*(1), 71-86. https://doi.org/10.22056/ijir.2024.01.06 **[In Persian].**

Hamidi, A., Ramavandi, B., & Sorial, G. A. (2021). Sponge City—An emerging concept in sustainable water resource management: A scientometric analysis. *Resources, Environment and Sustainability*, *5*, 100028. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100028

Hatami, Z., & Mahmoudi, M. (2024). *Scientometric analysis of surface water pollution: Trend analysis, challenges, and innovative solutions* [Conference presentation]. Proceedings of the 13th International Conference on Novel Ideas in Architecture, Urban Planning, Geography, and Sustainable Environment, Mashhad, Iran. https://civilica.com/doc/2177217 **[In Persian].**

He, C., Zhang, L., Zhang, X., & Eslamian, S. (2014). Water security: Concept, measurement, and operationalization. In S. Eslamian, (Ed.), *Handbook of Engineering Hydrology: Environmental Hydrology and Water Management* (pp. 545-554). CRC Press. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b16766-32/water-security-concept-measurement-operationalization-chansheng-lanhui-zhang-xifeng-zhang-saeid-eslamian

Hossein, M., Asha, R., Bakari, R., Islam, N. F., Jiang, G., & Sarma, H. (2023). Exploring eco-friendly approaches for mitigating pharmaceutical and personal care products in aquatic ecosystems: A sustainability assessment. *Chemosphere*, *316*, 137715. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137715

Jayapriya, R. (2021). Scientometrics Analysis on Water Treatment During 2011 to 2020. *Indian Journal of Information Sources and Services*, *11*(2), 58-63. https://doi.org/10.51983/ijiss-2021.11.2.2889

Khan, A. A., Wang, Y. F., Akbar, R., & Alhoqail, W. A. (2025). Mechanistic insights and future perspectives of drought stress management in staple crops. *Frontiers in Plant Science*, *16*. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1547452

Khomsi, K., Bouzghiba, H., Mendyl, A., Al-Delaimy, A. K., Dahri, A., Saad-Hussein, A., Balaw, G., El Marouani, I., Sekmoudi, I., Adarbaz, M., Khanjani, N., & Abbas, N. (2024). Bridging research-policy gaps: An integrated approach. *Environmental Epidemiology 8*(1), p. e281, https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000281

Konur, O. (2017). 20- Scientometric overview regarding water nanopurification. In A. M. B. T.-W. P. Grumezescu (Ed.), *Water Purification* (pp. 693-716). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804300-4.00020-4

Lepcha, R., Patra, S. K., Ray, R., Thapa, S., Baral, D., & Saha, S. (2024). Rooftop rainwater harvesting a solution to water scarcity: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 26, 101305. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101305

Li, X., Li, Y., & Li, G. (2020). A scientometric review of the research on the impacts of climate change on water quality during 1998–2018. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*, 14322-14341. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08176-7

Lrhoul, H., El Assaoui, N., & Turki, H. (2021). Mapping of water research in Morocco: A scientometric analysis. *Materials Today: Proceedings*, *45*, 7321-7328. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.1222

Madi, A.I., Elshazly, A. (2021). Mitigating the impacts of climate change on water scarcity and drought: Wastewater treatment as an exemplary solution in the Mediterranean. In D. La Rosa, & R. Privitera (Eds.), *Innovation in Urban and Regional Planning: Proceedings of 11th INPUT Conference* (Vol. 146, pp. 401-409). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68824-0_43

Moftakhari Anasori Movahed, S., Calgaro, L., & Marcomini, A. (2023). Trends and characteristics of employing cavitation technology for water and wastewater treatment with a focus on hydrodynamic and ultrasonic cavitation over the past two decades: A Scientometric analysis. *Science of The Total Environment*, *858*, 159802. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159802

Mohamadi, H. R., Hakimi Khorram, A., & Ahmadi, E. (2019). Feasibility study of the implementation of inter-basin water transfer projects in Iran (Case study: Beheshtabad - Central Plateau Water Transfer Project). *Human Geography Research Quarterly, 51*(4), 1073-1092. https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.248156.1007603 **[In Persian].**

Mohammadi, Y., & Asadpourian, Z. (2024). Mapping the scientific landscape of water resources management research in Iran focusing on trends, patterns, and future directions. *Caspian Scientometrics Journal*, *11*(1), 76–92. http://dx.doi.org/10.22088/cjs.11.1.76 **[In Persian].**

Moreira, C. V. M., Costa, M. R. A. D., & Becker, V. (2023). Impacts of extreme precipitation events in water quality: A scientometric analysis in global scale. *Acta Limnologica Brasiliensia*, *35*, e17. https://doi.org/10.1590/S2179-975X0223

Naseer, M. N., Dutta, K., Zaidi, A. A., Asif, M., Alqahtany, A., Aldossary, N. A., Jamil, R., Alyami, S. H., & Jaafar, J. (2022). Research trends in the use of polyaniline membrane for water treatment applications: A scientometric analysis. *Membranes*, *12*(8), 777. https://doi.org/10.3390/membranes12080777

Nishy, P., & Saroja, R. (2018). A scientometric examination of the water quality research in India. *Environmental Monitoring and Assessment*, *190*, 1-13. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6601-y

Noroozi Chakoli, A. (2011). *Introduction to Scientometrics (Foundations, Concepts, Relations & Origins)*. The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Islamic Sciences and the Humanities (SAMT); Shahed University. https://samt.ac.ir/fa/book/99 **[In Persian].**

Nyika, J., & Dinka, M. (2022). A scientometric study on quantitative microbial risk assessment in water quality analysis across 6 years (2016–2021). *Journal of Water and Health*, 20(2), 329-343. https://doi.org/10.2166/wh.2022.228

Ravichandran, S., & Vivekanandhan, S. (2021). Scientometric analysis of waste water management research publications from Scopus database during 2010-2019. *Library Philosophy and Practice*, 1-17. Retrieved June 25, 2024, from https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5139

Riahinia N, Daniali S, & Azimi A. (2023). Co-citation and co-occurrence analysis of scientific productions in water pollution field. *Caspian Journal of Scientometrics*, *10*(2), 43-52. https://cjs.mubabol.ac.ir/article-1-309-fa.pdf **[In Persian].**

Sedighi, Z., & Boostani, R. (2018). Extracting prior knowledge from data distribution to migrate from blind to semi-supervised clustering. *Journal of AI and Data Mining*, *6*(2), 287-295. https://doi.org/10.22044/jadm.2017.5064.1611

Shahmirzadi, T., Hariri, N., Fahimnia, F., Babalhavaeji, F., & Matlabi, D. (2019). Investigation of evaluating indicators for science, technology and innovation in the Agricultural Research, Education and Extension Organization. *Scientometrics Research Journal*, *5*(1), 47-66. https://doi.org/10.22070/rsci.2018.639 **[In Persian].**

Sharma, A. K. (2021). A scientometric analysis of Indian publication output in clean water and sanitation during 2011-2020. *Library Philosophy and Practice*, 1-18. Retrieved July 21, 2024, from https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5260/

Shevah, Y. (2019). Chapter 3- Impact of persistent droughts on the quality of the Middle East water resources. In S. B. T.-S. S. & T. Ahuja (Ed.), *Evaluating Water Quality to Prevent Future Disasters* (Vol. 11, pp. 51–84). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815730-5.00003-X

Shindhe, S. R., Apte, S. D., Khare, K., & Mr, P. O. (2021). Chlorination as drinking water disinfection technique and disinfection by products: A scientometric analysis. *Library Philosophy and Practice*, 2021, 1-15. Retrieved June 14, 2024, from https://www.researchgate.net/publication/352902072_Chlorination_as_Drinking_Water_Disinfection_Technique_and_Disinfection_by_Products_A_Scientometric_Analysis

Siegel, F. R. (2021). Global warming and water 2050: More people, yes; less ice, yes; more water, yes; more fresh water, probably; more accessible fresh water? In F. R. Siegel (Ed.), *The Earth's Human Carrying Capacity*: Limitations Assessed, Solutions Proposed (pp. 71-85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73476-3_7

Singh, H., Arya, R., & Jaiswal, B. (2023). Tracking the impact and trends in water resources research in India: A scientometric analysis. *Library Progress International*, *43*(2), 172-186. https://doi.org/10.48165/bpas.2023.43.2.5

UNESCO. (2020). *UN World Water Development Report 2020*: Water and Climate Change. Retrieved June 29, 2024, from https://www.unesco.org/en/wwap/wwdr/2020

Valdiviezo Gonzales, L. G., García Ávila, F. F., Cabello Torres, R. J., Castañeda Olivera, C. A., & Alfaro Paredes, E. A. (2021). Scientometric study of drinking water treatments technologies: Present and future challenges. *Cogent Engineering*, *8*(1), 1-38. https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1929046

Van Eck, N.J., Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics, 111, 1053–1070*. https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7

Wang, G., Li, D., & Kumar, S. (2024). Scientometric analysis of water ecology research: Insights from Chinese Ocean universities. *Desalination and Water Treatment*, *320*, 100897. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100897

UN Water, & UNESCO. (2021). *The United Nations World Water Development Report 2021*: *Valuing Water* [Report]. UN Water; UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724

Zahedi, Z. (2024). Novel Scientometrics approaches for responsible research evaluation and policy making. *Applied Scientometric Studies*, *1*(4), 7-14. https://doi.org/10.22091/apss.2024.12004.1029 **[In Persian].**

Zhang, L. (2019). A Scientometric analysis of water from 2006-2019. *Journal of Coastal Research*, (93, s1), 1–8. https://doi.org/10.2112/SI93-001.1

Zhang, X., & Zhou, G. (2019). A Scientometric Analysis of Ecological Footprint of Water Resources from 2006-2018. *Ekoloji Dergisi*, 107, 1539. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A33399841/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A136264782&crl=f&link_origin=www.google.com