

ORIGINAL ARTICLE**An Analysis of the Impact of the Water Crisis on the Hydropolitics of Khuzestan Province with Emphasis on Environmental Challenges and Consequences**Alireza Mehrabi¹ , Soroush Farshchin^{2*} , Reza Hashemi³

1. Associate Professor,
Department of Human Geography,
Shahid Beheshti University,
Tehran, Iran.

2. Ph.D Candidate, Department of
Human Geography, Shahid
Behshti University, Tehran, Iran.

3. MSc. Department of Human
Geography, Shahid Beheshti
University, Tehran, Iran.

***Correspondence**

Soroush Farshchin
E-mail: s_farshchin@sbu.ac.ir

Receive Date: 11/June/2025

Revise Date: 23/May/2026

Accept Date: 25/May/2026

How to cite

Mehrabi, A., Farshchin, S., Hashemi, R. (2026). An Analysis of the Impact of the Water Crisis on the Hydropolitics of Khuzestan Province with Emphasis on Environmental Challenges and Consequences, *Urban Ecology Researches*, -(-), -.

EXTENDED ABSTRACT**Introduction**

Water resources constitute one of the most strategic components of sustainable development, environmental security, and regional stability, particularly in arid and semi-arid regions. In recent decades, the growing impacts of climate change, population growth, agricultural expansion, industrial development, and unsustainable water management practices have intensified water-related challenges across many regions of the world. In Iran, these challenges have become increasingly evident, especially in Khuzestan Province, which is traditionally recognized as one of the country's most water-rich regions. Khuzestan Province occupies a unique position in Iran's hydrological and geopolitical structure. The province hosts several major river systems, including the Karun, Karkheh, Dez, Maroon, and Zohreh river basins, which have historically supported agricultural production, industrial development, ecosystem sustainability, and human settlements. However, despite its significant water resources, Khuzestan has experienced growing water stress over the past decades. The increasing imbalance between water availability and water demand has generated a series of environmental, economic, social, and political challenges.

The concept of hydropolitics provides a useful analytical framework for understanding the interactions between water resources, governance systems, environmental processes, and political decision-making. Hydropolitical challenges emerge when water scarcity, resource competition, environmental degradation, and governance failures influence regional stability and socio-political relations. In Khuzestan, declining water availability has been accompanied by wetland degradation, dust storms, declining agricultural productivity, ecosystem deterioration, and increasing social concerns. These developments highlight the need for a comprehensive assessment of the relationship between water crisis indicators and hydropolitical dynamics. The present study aims to analyze the impact of the water crisis on the hydropolitical conditions of Khuzestan Province by examining major water resource indicators and their environmental consequences during two statistical periods, 2006 and 2016. By integrating hydropolitical and environmental perspectives, the study seeks to provide a comprehensive understanding of the drivers and consequences of water insecurity in one of Iran's most strategically important provinces.

Methodology

This research adopts a descriptive-analytical approach and utilizes a combination of quantitative and qualitative data. The study focuses on Khuzestan Province and evaluates changes in water resources, environmental indicators, and hydropolitical conditions between the years 2006 and 2016. To assess the status of water resources, several widely recognized indicators were employed, including the Falkenmark Water Stress Index, the Renewable Water Sustainability Threshold (RWST), the Consumption-to-Renewable-Water Ratio (C/RW), the River Basin Water Sustainability Index (RWSI), and the Maximum Irrigable Land Index (MILI). These indicators were selected because they provide a comprehensive evaluation of water availability, water consumption, agricultural carrying capacity, and basin-level sustainability. Data were collected from official statistical sources, hydrological reports, environmental databases, and relevant governmental publications. Environmental indicators such as wetland area, wetland depth, air quality, desertification extent, soil salinity, biodiversity status, and dust storm conditions were also examined to identify the environmental consequences of water scarcity. In addition, multiple regression analysis was used to investigate the relationship between hydropolitical variables and environmental indicators. Before conducting the regression analysis, all variables were normalized through linear standardization procedures to ensure comparability across datasets. The analysis further examined the relative influence of different factors, including water governance and management policies, water utilization patterns, climate change, inter-basin water transfers, and external geopolitical factors on the hydropolitical conditions of the province.

Findings

The findings reveal a significant deterioration in the status of water resources in Khuzestan Province between 2006 and 2016. The Falkenmark Index decreased from 1,743 cubic meters per capita to 1,230 cubic meters per capita, indicating a transition from relatively favorable conditions toward a critical water stress threshold. This decline reflects both reduced water availability and increasing water demand across agricultural, industrial, and domestic sectors. The analysis of agricultural water capacity demonstrated a substantial reduction in the Maximum Irrigable Land Index. The maximum cultivable area supported by available renewable water resources declined from 1,704,510 hectares in 2006 to 1,233,600 hectares in 2016. Simultaneously, the actual cultivated area exceeded the estimated sustainable capacity, indicating growing pressure on water resources and increasing environmental vulnerability. The Consumption-to-Renewable-Water Ratio increased from 0.64 to 0.75 during the study period, moving the province from a threshold condition to a critical water crisis status. This trend reflects the increasing imbalance between water consumption and renewable water availability. At the basin scale, the results indicate worsening sustainability conditions across all major river basins. While the Dez and Karkheh basins were already approaching critical thresholds in 2006, they experienced severe water stress by 2016. The Maroon-Jarrahi and Zohreh-Hendijan basins displayed the most critical conditions, with sustainability indicators reflecting severe water crisis levels.

The environmental consequences of these developments were substantial. Wetland ecosystems experienced significant degradation, including reductions in both surface area and average depth. The loss of wetland ecosystems contributed to declining biodiversity and increased vulnerability to dust storm formation. The number of healthy air-quality days declined considerably during the study period, while desertified areas expanded significantly. Soil conditions also deteriorated. Soil salinity increased from previous levels, and the proportion of saline agricultural lands expanded substantially, reducing agricultural productivity and increasing the risk of soil degradation and erosion. Biodiversity indicators similarly declined, reflecting the cumulative impacts of ecosystem degradation and habitat loss. Regression analysis revealed that all examined hydropolitical factors significantly influenced water conditions in Khuzestan. However, their relative impacts varied. Water governance and management policies, water utilization patterns, and climate change emerged as the most influential factors affecting hydropolitical dynamics. In contrast, transboundary factors and inter-basin water transfer policies demonstrated comparatively weaker effects. The results further indicate that water scarcity significantly affects environmental indicators. The strongest relationships were observed between declining water resources and changes in wetland conditions, dust storm intensity, and surface water levels. As water availability decreased, wetland areas and water depths declined, while dust storm frequency and environmental degradation increased.

Discussion and Conclusion

The findings confirm that the water crisis in Khuzestan Province is not merely a hydrological problem but a multidimensional hydropolitical challenge involving environmental, social, economic, and governance dimensions. Although climate change and declining precipitation have contributed to reduced water availability, the results suggest that governance-related factors and patterns of resource utilization play a more decisive role in shaping current hydropolitical conditions. These findings are generally consistent with recent national and international studies that emphasize the interaction between climate pressures and governance failures in generating water insecurity. Similar studies have demonstrated that environmental degradation, unsustainable water consumption, and ineffective allocation policies often amplify the impacts of climatic stress. The present study extends these findings by providing an integrated assessment of hydropolitical indicators and environmental consequences at the provincial scale. One of the principal contributions of this research lies in its integration of multiple hydropolitical indices with environmental indicators to evaluate the broader consequences of water scarcity. Unlike many previous studies that focus exclusively on hydrological or environmental dimensions, this research provides a comprehensive framework for understanding how water crises influence hydropolitical stability and environmental sustainability simultaneously. The study also demonstrates that environmental degradation should be considered both a consequence and a driver of hydropolitical instability. Wetland degradation, increasing dust storms, declining biodiversity, and expanding desertification not only result from water scarcity but also create additional pressures on governance systems and local communities. Despite its contributions, the study faces certain limitations. Data availability and temporal consistency across environmental indicators constrained the level of detail that could be achieved for some variables. In addition, the analysis focused on two major statistical periods and therefore may not capture all short-term fluctuations in hydrological conditions. Future research may expand the temporal scope of analysis, incorporate climate projection scenarios, and examine the socio-economic dimensions of hydropolitical vulnerability at local scales. Comparative studies among different Iranian river basins may also provide valuable insights into regional variations in water governance and environmental resilience. Based on the findings, several policy recommendations can be proposed. Improving water governance mechanisms, increasing irrigation efficiency, promoting sustainable agricultural practices, protecting environmental water rights, preventing excessive withdrawals from river headwaters, and strengthening integrated water resource management systems should be prioritized. Furthermore, environmental restoration programs targeting wetlands and degraded ecosystems can contribute to reducing dust storms and improving ecological resilience. In conclusion, the future hydropolitical stability of Khuzestan Province depends on the adoption of integrated and sustainable water management strategies. Without significant reforms in governance structures, water utilization patterns, and environmental protection policies, the ongoing deterioration of water resources may further intensify environmental degradation and hydropolitical challenges in the province.

Keywords

Hydropolitics, Khuzestan Province, Environmental challenges and consequences, Water crisis.



تحلیل تأثیر بحران آب بر هیدروپلیتیک استان خوزستان با توجه به چالش‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی

علیرضا محرابی^۱، سروش فرش‌چین^{۲*}، رضا هاشمی^۳

چکیده

در این پژوهش استان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ از منظر منابع آب و هیدروپلیتیک مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش با رویکرد توصیفی-تحلیلی و با استفاده از داده‌های کمی و کیفی، و بر مبنای شاخص‌های فالکن، RWST و حداکثر اراضی فاریاب (MILI) انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که وضعیت منابع آب استان طی این دوره به‌طور معناداری به سمت بحران حرکت کرده و برخی حوضه‌های آبی، به‌ویژه هنديجان، در شرایط بحران شدید قرار گرفته‌اند. بر اساس یافته‌ها، عوامل مؤثر بر بحران آب شامل تغییرات اقلیمی، الگوی بهره‌برداری و سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب بوده‌اند که در میان آن‌ها «سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب» و «نوع بهره‌برداری از منابع آبی» بیشترین اثر و «عوامل برون‌مرزی و انتقال آب» کمترین اثر را بر هیدروپلیتیک استان داشته‌اند. پیامدهای این وضعیت شامل کاهش سطح و عمق تالاب‌ها، افزایش ریزگردها، کاهش کیفیت هوا و تشدید تنش‌های محیط‌زیستی بوده است. نوآوری این پژوهش در ترکیب هم‌زمان سه شاخص کمی هیدروپلیتیک و پیوند دادن آن‌ها با تحلیل تغییرات محیط‌زیستی و هیدروپلیتیک در سطح حوضه‌های آبریز استان خوزستان است که تصویری یکپارچه از روند تشدید بحران ارائه می‌دهد. در نهایت، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بازنگری در سیاست‌های مدیریت منابع آب، اصلاح الگوی کشت و بهره‌برداری و به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری از مهم‌ترین راهکارهای کاهش بحران آب در استان خوزستان است. همچنین تأمین حقایق‌های محیط‌زیستی و تقویت حکمرانی یکپارچه آب می‌تواند نقش مؤثری در کاهش پیامدهای هیدروپلیتیک و محیط‌زیستی این بحران داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

هیدروپلیتیک، استان خوزستان، بحران آب، چالش‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی، امنیت محیط‌زیستی.

۱. دانشیار، گروه جغرافیای سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. دانشجو دکتری، گروه جغرافیای سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: سروش فرش‌چین

رایانامه: s_farshchin@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

استناد به این مقاله:

محرابی، علیرضا؛ فرش‌چین، سروش و هاشمی، رضا (۱۴۰۵). تحلیل تأثیر بحران آب بر هیدروپلیتیک استان خوزستان با توجه به چالش‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی. پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، سال (شماره)، صفحه.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. © ۱۴۰۵ ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



This is an open access article under the CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<https://grup.journals.pnu.ac.ir/>

مقدمه

آب به‌عنوان یکی از بنیادی‌ترین عناصر توسعه پایدار، نقش تعیین‌کننده‌ای در امنیت ملی، ثبات اجتماعی و پایداری زیست‌محیطی کشورها دارد. در ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مسئله آب از یک موضوع صرفاً زیست‌محیطی فراتر رفته و به یکی از مؤلفه‌های کلیدی در سیاست‌گذاری‌های توسعه‌ای و امنیتی تبدیل شده است. در این میان، استان خوزستان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کانون‌های هیدروژئوپلیتیکی کشور، به دلیل برخورداری از شبکه گسترده رودخانه‌ای، ظرفیت‌های کشاورزی و صنعتی و موقعیت ژئواستراتژیک در مجاورت خلیج فارس و مرز عراق، جایگاه ویژه‌ای در معادلات منابع آب ایران دارد.

با وجود اهمیت این استان، طی دهه‌های اخیر ساختار منابع آب خوزستان تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی با فشارهای فزاینده‌ای مواجه شده است. تغییرات اقلیمی، کاهش بارش‌ها، افزایش دما، کاهش آورد رودخانه‌ها، برداشت‌های بی‌رویه از منابع سطحی و زیرزمینی، توسعه نامتوازن فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، و همچنین تغییر در الگوهای حکمرانی آب، از مهم‌ترین عواملی هستند که به تشدید بحران آب در این منطقه منجر شده‌اند. این وضعیت پیامدهای گسترده‌ای از جمله افت کیفیت و کمیت منابع آبی، تخریب تالاب‌ها، افزایش گردوغبار، کاهش تنوع زیستی و بروز تنش‌های اجتماعی و منطقه‌ای را به همراه داشته است. مرور ادبیات موجود نشان می‌دهد که مطالعات انجام‌شده درباره بحران آب در خوزستان عمدتاً به‌صورت بخشی و تک‌بعدی بوده‌اند. بخشی از پژوهش‌ها بر تغییرات اقلیمی و خشکسالی تمرکز داشته‌اند، برخی دیگر به مسائل کیفیت آب، آلودگی منابع یا پیامدهای کشاورزی پرداخته‌اند، و گروهی نیز ابعاد اجتماعی یا مدیریتی بحران آب را بررسی کرده‌اند. با این حال، آنچه در ادبیات موجود کمتر مورد توجه قرار گرفته، تحلیل هم‌زمان و تلفیقی روابط میان بحران آب، پویای‌های هیدروپلیتیکی و پیامدهای محیط‌زیستی در قالب یک چارچوب کمی-تحلیلی یکپارچه است.

این خلأ پژوهشی نشان می‌دهد که هنوز درک منسجمی از چگونگی تعامل میان فشارهای هیدرولوژیک، ساختارهای حکمرانی آب و پیامدهای اکولوژیکی در استان خوزستان ارائه نشده است. در واقع، پیوند میان بحران آب و تحولات هیدروپلیتیکی و همچنین بازتاب‌های محیط‌زیستی آن، نیازمند رویکردی چندسطحی و شاخص‌محور است که بتواند ابعاد مختلف این پدیده پیچیده را به‌طور هم‌زمان تحلیل کند. بر این

اساس، مسئله اصلی پژوهش حاضر این است که بحران آب در استان خوزستان چگونه بر وضعیت هیدروپلیتیکی این استان اثر گذاشته و این تحولات چه پیامدهایی برای محیط‌زیست و امنیت آبی منطقه ایجاد کرده است. اهمیت این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که تداوم کاهش منابع آبی در خوزستان نه تنها اکوسیستم‌های حیاتی مانند تالاب‌ها را با تهدید جدی مواجه کرده، بلکه زمینه‌ساز افزایش تعارضات بر سر تخصیص منابع، تشدید نابرابری‌های محیط‌زیستی و افزایش آسیب‌پذیری اجتماعی شده است.

سؤال اصلی این پژوهش این است که بحران منابع آب در استان خوزستان چگونه شکل گرفته است و چه عواملی بیشترین تأثیر را بر تشدید وضعیت هیدروپلیتیکی و پیامدهای محیط‌زیستی آن داشته‌اند؟ نوآوری این پژوهش در ارائه یک رویکرد تلفیقی است که با بهره‌گیری از شاخص‌های کمی هیدروپلیتیکی و داده‌های محیط‌زیستی، امکان تحلیل هم‌زمان تغییرات منابع آب، پویای‌های هیدروپلیتیکی و پیامدهای اکولوژیکی را فراهم می‌سازد. این مطالعه تلاش می‌کند شکاف میان رویکردهای صرفاً محیط‌زیستی و تحلیل‌های صرفاً هیدروپلیتیکی را پر کرده و چارچوبی یکپارچه برای فهم بحران آب در سطح منطقه‌ای ارائه دهد.

مبانی نظری

هیدروپلیتیک به بررسی تأثیر و نقش منابع آب در روابط سیاسی و استراتژیک کشورها می‌پردازد. این مفهوم به‌طور خاص به پاسخ دادن به این سؤال می‌پردازد که چگونه می‌توان از منابع آب برای اعمال قدرت استفاده کرد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۳). هیدروپلیتیک به‌عنوان یک رشته بین‌رشته‌ای، ابعاد سیاسی، اجتماعی و محیط‌زیستی آب را مورد مطالعه قرار می‌دهد و هدف آن ارتقای ثبات سیاسی جوامع، امنیت منطقه‌ای، رفاه، توسعه اقتصادی و پایداری محیط‌زیستی است (Kehl, 2011). این رشته در پی بررسی چگونگی استفاده از آب به‌عنوان یک عامل مؤثر در تصمیم‌گیری‌های سیاسی در سطوح محلی، منطقه‌ای و جهانی است. در این زمینه، هیدروپلیتیک بر پایه سه پدیده جهانی یعنی آب، زمین و سیاست تأسیس شده است (گلکرمی و کلویانی‌راد، ۱۳۹۶). از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی، که در اثر افزایش جمعیت، تخریب جنگل‌ها، فعالیت‌های کشاورزی، دامداری، صنعتی و غیره به وجود آمده است، پدیده‌ای برگشت‌ناپذیر توصیف شده که تأثیرات زیادی بر منابع آبی خواهد گذاشت.

سیستم‌های انسانی مانند کشاورزی و صنایع که وابسته به ثبات اقلیمی هستند، در صورت تغییرات اقلیمی، با بحران‌های

شدید مواجه خواهند شد. هر تغییری در اقلیم می‌تواند نتایج گسترده‌ای در امنیت آبی و هیدروپلیتیک به همراه داشته باشد (کریمی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

افزایش دما و تغییرات اقلیمی از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که به شدت بر منابع آبی تأثیر گذاشته‌اند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که افزایش دما و بارش‌های حدی اکنون به‌طور کامل از محدوده اقلیم تاریخی خارج شده‌اند (Robinson et al, 2021). این تغییرات به افزایش گسترده‌ای در بروز دماهای حدی منجر شده است، که پیوندهای زیادی با پیامدهای منفی انسانی دارد، از جمله مرگ‌ومیر مستقیم، افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی، مشکلات سلامت روان و مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی ریوی (Ebi et al, 2021). تغییرات اقلیمی در مقیاس جهانی موجب شده است که میلیاردها نفر با گرمای شدید مواجه شوند (Arrighi et al, 2024). به‌طور خاص، مرگ‌ومیر ناشی از گرما در ایالات متحده به‌سرعت در حال افزایش است و تعداد مرگ‌های مرتبط با گرما از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۳ حدود ۱۱۷ درصد افزایش یافته است (Haward et al, 2024). از آنجا که سیستم زمین به‌شدت غیرخطی است، نرخ وقوع پدیده‌های حدی و فجایع می‌تواند به‌طور چشمگیری افزایش یابد و اثرات آن بر زندگی گیاهان و جانوران نیز به‌وضوح قابل مشاهده است (Robinson et al, 2021)، این افزایش دما و شرایط جوی شدید، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر منابع آبی و سیستم‌های هیدرولوژیک دارد و می‌تواند بحران‌های آبی بیشتری را در پی داشته باشد.

در مباحث هیدروپلیتیک، مفهوم هژمون آبی به کشوری اطلاق می‌شود که از منابع آبی یک حوضه مشترک به‌طور ناعادلانه بهره‌برداری می‌کند و به‌ویژه در مناطق بالادست قدرت سیاسی بیشتری دارد. این کشورها تمایل دارند که سلطه خود را در بهره‌برداری از منابع آبی حفظ کنند، حتی اگر موقعیت بالادست یا پایین‌دست نداشته باشند. نمونه‌هایی از هژمون آبی شامل اسرائیل در حوضه رود اردن و ترکیه در حوضه‌های دجله و فرات هستند (Warner & Zeitoun, 2008). هیدروپلیتیک نه تنها به بررسی روابط بین کشورهای همسایه بر سر منابع مشترک می‌پردازد، بلکه مسائل مرتبط با استفاده ناپایدار از منابع آب و تأثیرات آن بر محیط‌زیست را نیز در برمی‌گیرد. بحران آب، که به‌ویژه با افزایش جمعیت، شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی ارتباط دارد، می‌تواند منجر به جنگ‌ها و مناقشات بین‌المللی شود. در دهه‌های اخیر، بحران آب و جنگ‌های مربوط به آن، توجه بسیاری از محققان و رسانه‌ها را به خود جلب کرده است (Biswas & Tortajada, 2019). کمبود آب به‌طور مستقیم به کمبود حجم آب یا فقدان آن در

تأمین نیازهای آبی یک منطقه اطلاق می‌شود. این بحران ممکن است به‌طور مداوم یا در بازه‌های زمانی خاص در سراسر مناطق مختلف اندازه‌گیری شود. در همین راستا، تنش آبی زمانی ایجاد می‌شود که تقاضا برای آب بیشتر از مقدار موجود در یک دوره معین باشد یا کیفیت آب به‌گونه‌ای تغییر کند که امکان استفاده از آن محدود شود. این مشکلات معمولاً شامل بهره‌برداری بیش از حد از آبخوان‌ها، خشک شدن رودخانه‌ها، یا آلودگی ناشی از انباشت مواد آلی هستند (Schulte, 2014). در بسیاری از پژوهش‌ها، جنگ آب به‌عنوان یک تهدید بالقوه مطرح شده است. این پدیده زمانی اتفاق می‌افتد که بحران آب به سطحی برسد که کشورهای مختلف بر سر منابع آبی مشترک وارد درگیری شوند. از دیدگاه شورای جهانی آب، کشورهایی که میزان منابع آب شیرین تجدید شونده آن‌ها از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال کمتر باشد، به‌طور مداوم با تنش آبی مواجه خواهند بود (سیف‌اللهی و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از مسائل کلیدی در هیدروپلیتیک، ارتباط میان منابع آب و تعاملات سیاسی در سطح محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی است. از یک‌سو، منابع آب‌های فرامرزی می‌توانند به منابع تعارض تبدیل شوند و از سوی دیگر، بستری برای همکاری‌های برد برد فراهم کنند. این نگاه، به‌ویژه در مناطق مرزی و حوضه‌های مشترک، می‌تواند پیامدهای مهمی در زمینه سیاست‌گذاری‌های آبی داشته باشد. در این راستا، برخی پژوهشگران به تبیین تعارضات هیدروپلیتیکی بر اساس قدرت‌های اقتصادی و سیاسی کشورهای مختلف پرداخته‌اند. تعارض آب زمانی شدت می‌یابد که کشورهای حوضه‌های مشترک به دلیل کمبود آب و رقابت‌های اقتصادی و سیاسی بر سر منابع محدود، وارد درگیری‌های مستقیم یا غیرمستقیم می‌شوند (Bréthaut et al, 2022). نظریه‌ها و مدل‌های مختلفی برای تبیین این تعارضات مطرح شده‌اند که یکی از آنها، مدل «گفتمان هیدروپلیتیک» است که تأکید دارد بر اینکه گفتمان‌ها (ایده‌ها و مفاهیم مورد استفاده بازیگران در روابط آبی) می‌توانند تصمیمات سیاسی و اقتصادی را شکل دهند و تأثیرات بلندمدتی بر نحوه مدیریت منابع آب داشته باشند (Allouche, 2020). این گفتمان‌ها، علاوه بر آنکه نوع نگرش به بحران‌های آبی را تعیین می‌کنند، نحوه سیاست‌گذاری و حتی منافع کشورهای مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در بسیاری از حوضه‌های فرامرزی، هیدرودپلماسی به‌عنوان ابزار اصلی برای حل مناقشات آبی و پیشگیری از تشدید بحران‌ها شناخته شده است.

هیدرودپلماسی، به مجموعه روابط دیپلماتیک و گفت‌وگوهای میان کشورها یا بازیگران دیگر در حوزه مدیریت منابع آب مشترک

آب زیرزمینی، کاهش تغذیه آبخوان‌ها و افزایش تخییر ناشی از گرم‌شدن هوا، از مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده بحران منابع آب در استان خوزستان هستند. نویسندگان بر ضرورت مدیریت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و اتخاذ رویکردهای پایدار برای مقابله با کم‌آبی تأکید کردند.

حمیدی و همکاران (۲۰۲۴)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص‌های NSFWQI و IRWQISC به بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه کارون پرداختند. نتایج نشان داد که ورود پساب‌های صنعتی، زه‌آب‌های کشاورزی و کاهش جریان آب و در نتیجه کاهش ظرفیت رقیق‌سازی رودخانه، از عوامل اصلی کاهش کیفیت آب کارون هستند. یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده ارتباط مستقیم میان فعالیت‌های انسانی، مدیریت منابع آب و تشدید مشکلات زیست‌محیطی رودخانه کارون است.

بانک جهانی (۲۰۲۴)، در بررسی تغییرات اقلیمی جنوب غرب ایران، از جمله استان خوزستان، افزایش دما و تشدید رخدادهای گرمایی، همراه با کاهش بارش مؤثر را مورد توجه قرار داده است. بر اساس این بررسی، افزایش دما و تغییرات بارشی موجب افزایش تخییر و تعلق، کاهش رواناب و در نتیجه افزایش نیاز آبی بخش کشاورزی می‌شود. این شرایط می‌تواند فشار مضاعفی بر منابع محدود آب در استان خوزستان وارد کرده و آسیب‌پذیری نظام‌های انسانی و محیطی منطقه را افزایش دهد.

مالکی و همکاران (۲۰۲۴)، در پژوهشی با عنوان «تحلیل ساختاری عوامل مؤثر بر تنش آبی در ایران» به بررسی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و تشدید تنش آبی در کشور پرداختند. نتایج نشان داد که استان خوزستان یکی از مهم‌ترین کانون‌های ساختاری تنش آبی در ایران است و شکل‌گیری این وضعیت حاصل تعامل میان عوامل مدیریتی، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری فزاینده از منابع آب است. این یافته نشان می‌دهد که بحران آب در خوزستان را نمی‌توان صرفاً به کاهش بارش یا عوامل طبیعی نسبت داد، بلکه ساختار مدیریت و نحوه بهره‌برداری از منابع نیز در آن نقش اساسی دارد.

ذکی و نصیری زرقانی (۱۴۰۳)، در پژوهشی با عنوان «تحلیل فضایی پیامدهای اجتماعی - سیاسی کمبود آب در استان خوزستان» به بررسی پیامدهای ناشی از کمبود و افت کیفیت منابع آب در این استان پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که کمبود آب، کاهش کیفیت منابع آبی، مناقشات مربوط به حقابه، وضعیت تالاب‌ها و نابرابری‌های زیست‌محیطی، پیامدهای اجتماعی و سیاسی قابل توجهی در خوزستان ایجاد کرده‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش، بحران آب در خوزستان ماهیتی صرفاً محیط‌زیستی ندارد، بلکه با مسائل حکمرانی آب، مدیریت سدها، سیاست‌های

اطلاق می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که هیدرودیلیماسی می‌تواند در کاهش تنش‌ها و تبدیل منابع آبی مشترک به فرصت‌های همکاری و توسعه پایدار بسیار مؤثر باشد (Wilder et al, 2020). برای مثال، تاریخ هیدرودیلیماسی بین ایالات متحده و مکزیک نشان می‌دهد که چگونه حاکمیت تطبیقی و یادگیری اجتماعی در مدیریت آب‌های فرامرزی می‌تواند به کاهش تنش‌ها و ایجاد راهکارهای مؤثر برای حفاظت از منابع آبی منجر شود. در این زمینه، حاکمیت انعطاف‌پذیر و نهادهای معتبر به‌عنوان عوامل اساسی برای مدیریت پایدار منابع آبی معرفی شده‌اند (همان). همچنین، در بسیاری از حوضه‌ها، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها (تغییر مسیر، فرسایش، رسوب‌گذاری و جابه‌جایی کناره‌ها) می‌تواند موجب بروز مشکلات جدی در مدیریت منابع آبی شود. این مشکلات زمانی پیچیده‌تر می‌شوند که با ملاحظات سیاسی و امنیت ملی نیز گره خورده باشند، همان‌طور که در حوضه آبریز هیرمند بین ایران و افغانستان مشاهده می‌شود (Mianabadi, 2016).

بحران‌های آب نه تنها به تهدیدات داخلی بلکه به بحران‌های منطقه‌ای و جهانی منجر می‌شوند. تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آب، بسترهای جدیدی برای جنگ‌های آبی فراهم می‌آورند. به‌ویژه در مناطقی که منابع آبی مشترک میان کشورها وجود دارد، کمبود منابع آب می‌تواند به مناقشات و جنگ‌های نظامی منتهی شود. در این راستا، کارشناسان بر این باورند که بحران آب می‌تواند تبدیل به یک تهدید امنیتی جدی شود و پیامدهای آن به فراتر از مرزها کشیده خواهد شد. امنیت آبی به معنای دسترسی به منابع آب کافی با کیفیت مطلوب برای تأمین نیازهای انسانی و توسعه پایدار است. این مفهوم، نه تنها با امنیت غذایی و امنیت انرژی در ارتباط است، بلکه صحت عمومی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بحران آب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند موجب مشکلات جدی برای بهداشت و رفاه اجتماعی شود، به‌ویژه برای جمعیت‌های فقیر که بیشتر در معرض تهدیدات مربوط به کمبود آب قرار دارند (مختاری هشی و همکاران، ۱۳۹۸).

پیشینه پژوهش

بحیرایی و همکاران (۲۰۲۵)، در پژوهشی با عنوان «مدیریت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در پاسخ به چالش‌های کم‌آبی در استان خوزستان، ایران^۱» به بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی استان خوزستان و چالش‌های ناشی از بهره‌برداری از این منابع پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که برداشت بیش از ظرفیت منابع

1. Groundwater Resources Exploitation Management in Response to Water Scarcity Challenges in Khuzestan Province, Iran

تخصیص منابع و روابط هیدروپلیتیکی پیوند خورده و در نتیجه می‌تواند به افزایش نارضایتی اجتماعی و فشار بر زیرساخت‌های محیطی و انسانی منجر شود.

ذکی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی با عنوان «تحلیل تأثیر مخاطرات انسانی بر آمایش نواحی مرزی» به بررسی نقش مخاطرات ناشی از فعالیت‌های انسانی، از جمله تغییرات محیط‌زیستی و بحران آب، در وضعیت نواحی مرزی پرداختند. نتایج نشان داد که مخاطرات انسانی می‌تواند با تأثیرگذاری بر شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیطی، الگوی استقرار و آمایش نواحی مرزی را تحت تأثیر قرار دهند و در نتیجه پیامدهایی برای امنیت و پایداری این مناطق ایجاد کنند.

کلوپانی‌راد و رئیس‌السادات (۱۳۹۷)، در پژوهشی به بررسی ارتباط میان خشکسالی و پیامدهای اجتماعی و امنیتی آن پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که تشدید خشکسالی و کاهش منابع طبیعی می‌تواند از طریق ایجاد فشارهای اقتصادی و معیشتی، زمینه افزایش مهاجرت و شکل‌گیری چالش‌های امنیتی را فراهم کند. این پژوهش بر اهمیت بررسی پیامدهای اجتماعی و سیاسی بحران‌های محیط‌زیستی، در کنار ابعاد طبیعی آن‌ها، تأکید دارد.

کلوپانی‌راد و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان «تبیین بازتاب‌های امنیتی تأثیر خشکسالی بر مهاجرت» به بررسی ارتباط میان خشکسالی، مهاجرت و پیامدهای امنیتی آن، با تأکید بر استان سیستان و بلوچستان، پرداختند. نتایج نشان داد که تشدید خشکسالی می‌تواند با ایجاد فشار بر منابع معیشتی و کاهش ظرفیت زیست‌پذیری سکونتگاه‌ها، مهاجرت را افزایش داده و پیامدهایی در سطح امنیت اجتماعی و منطقه‌ای ایجاد کند. این یافته اهمیت توجه به مهاجرت به‌عنوان یکی از پیامدهای مهم بحران‌های محیط‌زیستی را نشان می‌دهد.

آلتین‌گوز و همکاران^۱ (۲۰۲۲)، در پژوهشی با عنوان «هیدروپلیتیک در دریای سیاه: از رقابت سیاسی تا همکاری زیست‌محیطی؟»^۲ به بررسی تحولات هیدروپلیتیکی دریای سیاه پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که رقابت‌های سیاسی و ژئوپلیتیکی پیرامون منابع آب و محیط‌زیست دریای سیاه، در دوره پسا شوروی، به تدریج زمینه‌هایی برای همکاری میان دولت‌ها و ذی‌نفعان محیط‌زیستی ایجاد کرده است. پژوهش با توجه به مشکلاتی همچون آلودگی و غنی شدن بیش از حد آب^۳ دریای سیاه و وضعیت بحرانی اکوسیستم آن، بر اهمیت همکاری میان

بازیگران مختلف در مدیریت منابع و مسائل زیست‌محیطی تأکید می‌کند.

بوشنریدر و همکاران^۴ (۲۰۱۷)، در پژوهشی با عنوان «امنیت انسانی و جابه‌جایی پناهندگان محیط‌زیستی آواره داخلی در کامرون»^۵ به بررسی وضعیت افرادی پرداختند که در پی فاجعه دریاچه نیوس^۶ در سال ۱۹۸۶ جابه‌جا شده بودند. نتایج نشان داد که مؤلفه‌های امنیت انسانی، به‌ویژه امنیت اقتصادی و سلامت، در تصمیم افراد برای بازگشت یا ماندن در محل جابه‌جایی نقش مهمی دارند و شرایط محیط‌زیستی و دسترسی به منابع آب نیز بر این تصمیمات تأثیرگذار است. این پژوهش نشان می‌دهد که جابه‌جایی ناشی از مخاطرات محیط‌زیستی صرفاً مسئله‌ای مکانی نیست و با ابعاد اقتصادی، اجتماعی و امنیت انسانی پیوند دارد.

مورالس-مونوز و همکاران^۷ (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان «بررسی ارتباطات میان تغییرات محیط‌زیستی، امنیت غذایی و خشونت به‌عنوان عوامل مهاجرت: مروری انتقادی بر پژوهش‌ها»^۸ به بررسی ارتباط میان تغییرات محیط‌زیستی، امنیت غذایی، خشونت و مهاجرت در مناطق مختلف جهان، از جمله کلمبیا، میانمار و تانزانیا، پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات محیط‌زیستی و بحران منابع، به‌ویژه در شرایطی که امنیت غذایی را تهدید می‌کنند، می‌تواند از طریق سازوکارهای اجتماعی و اقتصادی به افزایش خشونت و در نهایت مهاجرت منجر شوند. این پژوهش بر ضرورت مدیریت مؤثر منابع آب و محیط‌زیست برای کاهش فشارهای اجتماعی و مهاجرتی تأکید می‌کند.

در مجموع، بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات انجام شده، ابعاد مختلف بحران آب، هیدروپلیتیک، تغییرات محیط‌زیستی و مهاجرت را بررسی کرده‌اند، اما بخش قابل‌توجهی از این مطالعات، هر یک تنها بر یکی از ابعاد مسئله تمرکز داشته‌اند. در برخی پژوهش‌ها، بحران آب و پیامدهای محیط‌زیستی آن بررسی شده، در حالی که مطالعات دیگر بر پیامدهای اجتماعی، سیاسی، امنیتی یا مهاجرتی تمرکز داشته‌اند. از این‌رو، همچنان نیاز به رویکردی تلفیقی وجود دارد که بتواند ارتباط میان تغییرات منابع آب، حکمرانی و هیدروپلیتیک، پیامدهای اکولوژیکی و پیامدهای اجتماعی - سیاسی آن را به‌صورت هم‌زمان بررسی کند. بر همین اساس، پژوهش حاضر با رویکردی یکپارچه و با استفاده از شاخص‌های کمی هیدروپلیتیکی و محیط‌زیستی، تحلیل‌های

4. Buchenrieder et al

5. Human Security and the Relocation of Internally Displaced Environmental Refugees in Cameroon

6. Lake Nyos

7. Morales-Muñoz

8. Exploring Connections—Environmental Change, Food Security and Violence as Drivers of Migration—A Critical Review of Research

1. Altinogoz et al

2. Hydropolitics in the Black Sea: From Political Competition to Environmental Cooperation?

3. Eutrophication

در این پژوهش، شاخص‌ها بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات هیدروپلیتیک و مطالعات بحران آب انتخاب شده‌اند؛ به گونه‌ای که هم با شرایط اقلیمی و مدیریتی ایران سازگار باشند و هم امکان مقایسه با سایر مطالعات را فراهم کنند. مجموعه شاخص‌های مورد استفاده عبارت‌اند از:

شاخص فالکن^۱

سنجه سرانه آب شیرین تجدیدپذیر؛ به این صورت محاسبه می‌شود که حجم کل منابع آب شیرین تجدیدپذیر سالانه (مترمکعب) بر جمعیت تقسیم می‌گردد. مقادیر کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب به عنوان آستانه تنش آبی و مقادیر کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب به عنوان کمبود شدید آب تعریف می‌شوند.

شاخص MILI، ظرفیت فاریاب: نسبت آب قابل برداشت برای کشاورزی به نیاز آبی محصولات کشاورزی در منطقه. این شاخص نشان می‌دهد که تا چه حد منابع آب موجود پاسخگوی نیاز بخش کشاورزی است و چه میزان فشار بر منابع آب برای تأمین این نیاز وارد می‌شود. محاسبه آن بر اساس تقسیم حجم آب قابل تخصیص به کشاورزی بر مجموع نیاز آبی خالص محصولات در اراضی فاریاب انجام می‌شود.

شاخص C/RW، نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر: نسبت آب مصرفی سالانه به آب تجدیدپذیر (سطحی و زیرزمینی) است و به عنوان شاخصی برای سنجش پایداری برداشت به کار می‌رود. هر چه این نسبت به ۱ نزدیک‌تر یا از آن فراتر رود، نشان‌دهنده فشار شدید بر منابع آب و کاهش حاشیه ایمنی هیدرولوژیک است.

شاخص RWSI، شاخص پایداری منابع آب: شاخصی ترکیبی که با در نظر گرفتن بارندگی، تبخیر و تعرق، جریان‌های سطحی و وضعیت آلودگی منابع آب، وضعیت پایداری سامانه آبی را نشان می‌دهد. در این پژوهش، RWSI بر اساس تلفیق داده‌های بارش، تبخیر، کیفیت آب و تغییرات حجمی منابع آب در حوضه‌ها محاسبه شده است.

در کنار این شاخص‌ها، در این پژوهش ۱۰ شاخص محیط‌زیستی شامل مواردی همچون: سرانه و مساحت تالاب‌ها، تغییرات مساحت تالاب‌های اصلی، شاخص کیفیت هوا (با تأکید بر وقوع پدیده گردوغبار)، میزان فرسایش خاک، تغییر در مساحت مراتع و اراضی طبیعی، و برخی شاخص‌های کیفی آب (در دسترس بودن آب شرب سالم) مورد سنجش قرار گرفته است. همچنین، برای تحلیل هیدروپلیتیک، پنج بُعد کلیدی در قالب متغیرهای تبیینی در نظر گرفته شده است:

چندمتغیره و ابزارهای GIS، تلاش می‌کند روابط میان تغییرات منابع آب، شیوه‌های حکمرانی، پیامدهای زیست‌محیطی و تحولات اجتماعی - سیاسی را در استان خوزستان تبیین کند.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت، توصیفی تحلیلی و از نظر نوع داده، مبتنی بر ترکیب داده‌های کمی و کیفی است. در گام نخست، برای تدوین پیشینه پژوهش، ادبیات نظری و مبانی مفهومی، از منابع کتابخانه‌ای شامل کتاب‌ها، مقالات علمی - پژوهشی، گزارش‌های رسمی، سالنامه‌های آماری و اسناد سازمانی استفاده شد. در این مرحله، علاوه بر منابع کلاسیک، از مطالعات داخلی ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۴ و پژوهش‌های بین‌المللی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ در حوزه هیدروپلیتیک و شاخص‌های بحران آب نیز بهره گرفته شد تا انتخاب شاخص‌ها بر مبنای مرور به‌روز منابع صورت گیرد. در گام دوم، برای گردآوری داده‌های کمی مربوط به شاخص‌های آبی و محیط‌زیستی استان خوزستان، از داده‌های دستگاه‌های متولی نظیر وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، سازمان هواشناسی کشور، سازمان حفاظت محیط‌زیست و مرکز آمار ایران استفاده شد. داده‌ها برای دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ استخراج گردید تا امکان تحلیل تغییرات ده‌ساله فراهم شود. داده‌های کمی پس از پالایش و یکسان‌سازی، ابتدا در نرم‌افزار اکسل وارد و کدگذاری شدند و شاخص‌های پایه (سرانه آب تجدیدپذیر، آب قابل برداشت، مساحت تالاب‌ها)، محاسبه و استانداردسازی شدند. سپس، برای تحلیل آماری و بررسی روابط بین شاخص‌های هیدروپلیتیک و متغیرهای محیط‌زیستی، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. نوع تحلیل آماری اصلی در این پژوهش رگرسیون خطی چندگانه است؛ به گونه‌ای که در آن، شاخص‌های محیط‌زیستی (مساحت تالاب‌ها، کیفیت هوا، فرسایش خاک و مساحت مراتع) به عنوان متغیرهای وابسته و شاخص‌ها و ابعاد هیدروپلیتیک (شاخص‌های منابع آب، مدیریت بهره‌برداری)، به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. ضرایب رگرسیون، میزان اثرگذاری هر یک از مؤلفه‌های هیدروپلیتیک را بر وضعیت محیط‌زیست استان نشان می‌دهد.

در گام سوم، برای نمایش فضایی الگوهای بحران آب و شاخص‌های هیدروپلیتیک، از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. لایه‌های مکانی (حوضه‌های آبریز، مرزهای اداری، تالاب‌ها، شبکه رودخانه‌ای) تهیه و داده‌های محاسبه‌شده شاخص‌ها بر این لایه‌ها الحاق گردید تا نقشه‌های تحلیلی تولید شود. این نقشه‌ها به تفسیر فضایی نتایج آماری و شناسایی پهنه‌های بحرانی در سطح استان کمک کرده است.

شاخص‌ها و متغیرهای مورد پژوهش

۱. تغییرات اقلیم (بارش، دما، رخداد خشکسالی و ترسالی)، ۲.
- مدیریت منابع (سیاست‌گذاری، تخصیص، حق‌آبه‌ها، الگوی حکمرانی آب)، ۳. الگوی بهره‌برداری (میزان برداشت‌های کشاورزی، صنعتی و شرب، راندمان مصرف)، ۴. طرح‌های انتقال آب (درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای و اثرات آن‌ها بر تعادل آبی)، ۵. عوامل برون‌مرزی (تأثیر طرح‌ها و سیاست‌های آبی کشورهای هم‌جوار در حوضه‌های مشترک)

انتخاب این مجموعه شاخص‌ها و ابعاد، بر اساس این منطق صورت گرفته است که از یک‌سو ابعاد کمی فشار بر منابع آب (سرانه، نسبت مصرف، ظرفیت کشاورزی، پایداری منابع) را پوشش دهد و از سوی دیگر، پیامدهای محیط‌زیستی و هیدروپلیتیکی (تغییر تالاب‌ها، گردوغبار، فرسایش خاک و بازتاب‌های سیاستی) را قابل تحلیل سازد.

جدول ۱. مدل پیاز پژوهش

یکی از نمونه‌های برجسته جامعه چندقومیتی در ایران به شمار آید

مدل پیاز پژوهش، هستی‌شناسی و معرفت‌شناسی

لايه	انتخاب در این پژوهش	توضیح کوتاه
هستی‌شناسی	رنالیسم انتقادی	فرض بر وجود یک واقعیت عینی (بحران آب و پیامدهای آن) است، اما شناخت ما از آن ناقص و متأثر از ساختارهای اجتماعی و سیاسی است.
معرفت‌شناسی	رویکرد ترکیبی (کمی-کیفی)	هم بر سنجش تجربی شاخص‌ها (نگرش پوزیتیویستی) و هم بر تفسیر زمینه‌ای و فضایی نتایج (نگرش تفسیری) تکیه می‌شود.
رویکرد پژوهش	قیاسی-استقرایی	از مبانی نظری هیدروپلیتیک به سمت آزمون تجربی شاخص‌ها حرکت می‌شود و سپس نتایج برای غنای نظری بازتفسیر می‌گردد.
استراتژی پژوهش	مطالعه موردی - تحلیل اسنادی	تمرکز بر استان خوزستان به‌عنوان مطالعه موردی هیدروپلیتیک در ایران، با تکیه بر داده‌های اسنادی و آماری.
افق زمانی	مقطعی-مقایسه‌ای	مقایسه دو مقطع زمانی ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ برای تحلیل روند بحران آب.
روش	توصیفی-تحلیلی	توصیف وضعیت و تحلیل روابط بین شاخص‌ها و ابعاد هیدروپلیتیک و محیط‌زیست.
تکنیک‌ها و ابزارها	آمار استنباطی، رگرسیون چندگانه، GIS، تحلیل کتابخانه‌ای	ترکیب ابزارهای کمی و کیفی برای تحلیل چندلایه بحران آب.

(احمدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

از منظر طبیعی و جغرافیایی، استان خوزستان در گذرگاه میان فلات مرکزی و اراضی پست خلیج‌فارس قرار دارد و همین موقعیت‌گذار سبب ایجاد تضادهای قابل توجه اقلیمی و توپوگرافیک در آن شده است. ساختار توپوگرافی استان شامل دو بخش اصلی است: بخش کوهستانی که نزدیک به دویستم مساحت استان را در برمی‌گیرد و دنباله رشته‌کوه‌های زاگرس است، و بخش جلگه‌ای که حدود سه‌پنجم مساحت استان را تشکیل می‌دهد. جلگه خوزستان دارای شیب ملایم است و در برخی نقاط آن گنبد‌های نمکی و برونزدهای تبخیری مشاهده می‌شود که نقش مهمی در شوری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی دارند.

از نظر اقلیمی، خوزستان یکی از گرم‌ترین مناطق کشور محسوب می‌شود. دوره گرما معمولاً از فروردین آغاز شده و تا آبان ادامه می‌یابد، در حالی که دوره بارش‌های عمدتاً زمستانه از آبان تا فروردین ادامه دارد. این اقلیم گرم نیمه‌خشک سبب شده است متوسط تأخیر سالانه در بسیاری از نقاط استان بسیار بالا باشد. بادهای غالب در استان نیز دو گروه عمده هستند: بادهای شمالی با منشأ مدیترانه‌ای که سبب تعدیل نسبی هوا می‌شوند و در منابع محلی «سهیلی» نامیده می‌شوند، و بادهای جنوب‌باختری که از

بر اساس مدل پیاز پژوهش، جایگاه روش‌شناختی این مطالعه به‌صورت خلاصه به شکل زیر است:

در این چارچوب، هستی‌شناسی پژوهش بر این فرض استوار است که بحران آب و پیامدهای هیدروپلیتیکی-محیط‌زیستی آن، واقعیت‌هایی عینی هستند، اما درک و تبیین آن‌ها بدون توجه به ساختارهای قدرت، سیاست‌گذاری‌ها و گفتمان‌های مسلط ممکن نیست. معرفت‌شناسی پژوهش نیز بر استفاده هم‌زمان از داده‌های کمی و تحلیل‌های کیفی برای دستیابی به تصویری چندبعدی از وضعیت منابع آب و پیامدهای آن تأکید دارد.

محدوده مورد مطالعه

استان خوزستان در جنوب‌غرب‌وز ایران و در پهنه‌ای میان طول‌های جغرافیایی ۴۷°۳۹' تا ۵۰°۳۹' شرقی و عرض‌های ۲۹°۵۸' تا ۳۲°۵۸' شمالی قرار گرفته و با وسعتی حدود ۶۴،۰۵۷ کیلومتر مربع، نزدیک به ۴ درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود. این استان از نظر تقسیمات کشوری دارای ۲۹ شهرستان، ۸۸ شهر، ۷۰ بخش و ۱۴۶ دهستان است و بر اساس سرشماری‌های رسمی جمعیتی بالغ بر ۴،۷۱۰،۵۰۹ نفر را در خود جای داده است. تنوع و تکثر قومی این استان - شامل جوامع عرب، لر، بختیاری، فارس و گروه‌های کوچ‌رو - ترکیب اجتماعی ویژه‌ای پدید آورده که سبب شده خوزستان

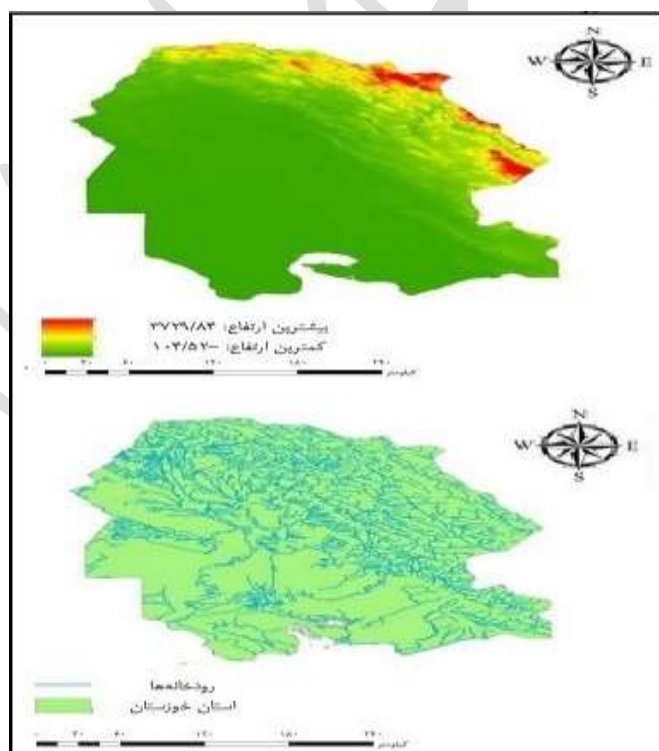
صحاری عربستان و شمال آفریقا می‌وزند و اغلب خشک، سوزان و کم‌نم هستند (پیری، ۱۳۸۹).

شبکه آبراهه‌ای خوزستان یکی از گسترده‌ترین شبکه‌های رودخانه‌ای کشور است. عمده رودخانه‌های این استان از ارتفاعات زاگرس در استان‌های لرستان، چهارمحال و بختیاری، فارس و کهگیلویه و بویراحمد سرچشمه می‌گیرند و پس از عبور از دشت خوزستان، نهایتاً به اروندرود و خلیج فارس می‌ریزند. مهم‌ترین رودخانه‌های استان شامل کارون، دز، کرخه، جراحی و هندیجان (زهره) هستند که نقش حیاتی در تأمین آب کشاورزی، شرب، صنعت و محیط‌زیست دارند. رودخانه کارون، بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه کشور، با میانگین دبی حدود ۶۰۰ مترمکعب در ثانیه طی دوره‌های پنجاه‌ساله، از مهم‌ترین منابع آب سطحی استان محسوب می‌شود (مرشدی، ۱۳۹۲). این رودخانه با سرچشمه‌گیری از ارتفاعات کوهرنگ، علاوه بر تأمین آب آشامیدنی کلان‌شهر اهواز، بخشی از مسیر خود را نیز قابلیت کشتیرانی دارد.

رودخانه کرخه از کوه الوند در جنوب همدان سرچشمه می‌گیرد و ضمن عبور از استان‌های لرستان و ایلام وارد خوزستان می‌شود. رودخانه جراحی حاصل پیوستن رودخانه‌های مارون و علاء بوده و از ارتفاعات زاگرس در کهگیلویه و بویراحمد تغذیه می‌شود. رود هندیجان یا زهره نیز از ارتفاعات ممسنی در استان فارس سرچشمه

گرفته و پس از طی مسیر، اراضی جنوبی خوزستان را مشروب می‌سازد. وجود این شبکه رودخانه‌ای گسترده، همراه با مجموعه‌ای از سدهای بزرگ (از جمله سدهای کارون ۳، کارون ۴، دز، شهید عباسپور، کرخه، خیرآباد و شهدا) ساختار هیدرولوژیکی مهمی برای استان ایجاد کرده که منابع آبی سطحی را در مقیاس گسترده منتقل، ذخیره و تنظیم می‌کند. اهمیت این شبکه آبی و موقعیت جغرافیایی استان در مطالعات جدید نیز مورد تأکید قرار گرفته است. برای نمونه، مرور مطالعات هیدرولوژیک سال‌های اخیر نشان می‌دهد که خوزستان همچنان یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز کشور از نظر حجم رواناب ورودی از ارتفاعات زاگرس محسوب می‌شود و نقش آن در تأمین آب جنوب غرب کشور و مناطق پایاب خلیج فارس حیاتی است (پرتال اطلاعات اقلیمی بانک جهانی: ۲۰۲۴).

در مجموع، استان خوزستان با برخورداری از اقلیم گرم، ساختار توپوگرافیک متنوع، شبکه گسترده رودخانه‌ها، و موقعیت ژئوپلیتیک ویژه در همجواری خلیج فارس و عراق، یکی از مهم‌ترین پهنه‌های هیدروژئوگرافیک و ژئوپلیتیکی ایران به شمار می‌رود. ویژگی‌های طبیعی و آبی این استان نه تنها در شکل‌دهی به الگوهای سکونت، کشاورزی و فعالیت‌های اقتصادی نقش بنیادین دارد، بلکه در تحلیل‌های هیدروپلیتیکی و محیط‌زیستی کشور نیز جایگاه محوری دارد.



شکل ۱. وضعیت توپوگرافی و رودخانه‌های استان خوزستان

طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته‌اند. سرانه آب تجدیدپذیر (شاخص فالکن) از مقدار ۱۷۴۳ (مناسب) به

یافته‌ها

نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های منابع آب استان خوزستان

۱۳۳۰ (در آستانه بحران) کاهش یافته است که ناشی از کاهش بارندگی و افزایش مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و صنعتی است. همچنین، ظرفیت اراضی فاریاب از ۱۰۴۵۱۰ هکتار به ۱۰۲۳۳۶۰۰ هکتار کاهش یافته و سطح زیر کشت از ظرفیت آبی فراتر رفته است که به بحران آب و تخریب محیط‌زیست دامن زده است. شاخص C/RW نیز از ۰/۶۴ (آستانه بحران) به ۰/۷۵ (بحران آبی) افزایش یافته است. علاوه بر این، حوضه‌های آبی استان به وضعیت بحران شدید وارد شده‌اند و شاخص‌های پایداری حوضه‌های مارون و زهره به ترتیب ۷۰/۱۸ و ۹۴/۳۹ ثبت شده‌اند. انتقال آب از خوزستان به سایر مناطق کشور، بدون توجه به بحران آبی این استان، پیامدهای منفی جدی داشته است. این اقدامات منجر به خشک‌شدن تالاب‌ها، کاهش کیفیت رودخانه‌ها و افزایش ناراضی‌های اجتماعی شده است. حفاظت از حقایق‌های محیط زیستی و بهبود مدیریت توزیع آب برای کاهش این پیامدها ضروری است. همچنین، تغییرات محیط‌زیستی شامل کاهش مساحت و عمق تالاب‌ها، افزایش مساحت بیابان‌ها، کاهش روزهای هوای سالم و افزایش شوری و فرسایش خاک بوده که بحران محیط زیستی استان را تشدید کرده است. مطالعات رگرسیونی نشان داد که مدیریت منابع آب، نوع بهره‌برداری، و تغییرات اقلیمی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر هیدروپلیتیک استان هستند. بحران آبی بیشترین اثر منفی را بر

شاخص‌های ریزگردها، مساحت تالاب‌ها، و کیفیت هوا داشته است. به‌طور کلی، از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، بحران آبی در خوزستان شدت یافته و بر شاخص‌های محیط‌زیستی تأثیر منفی گذاشته است. بهبود مدیریت منابع آب و استفاده از روش‌های نوین آبیاری از جمله اقدامات ضروری برای کاهش اثرات این بحران است. با استفاده از روش و شاخص‌های تعیین بحران آبی از جمله: شاخص فالکن (FI)، شاخص حداکثر اراضی فاریاب (MILI)، شاخص نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر (C/RW)، شاخص RWSI منابع آبی خوزستان در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ در بازه زمانی ۱۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت تا ابتدا سطح تغییرات بحران آب در هر یک از روش‌های نامبرده مشخص شود و سپس میزان تغییرات مسائل محیط‌زیستی به‌تناسب تغییرات منابع آبی تعیین شود، در ادامه به بررسی منابع آبی خوزستان با استفاده از روش‌های نامبرده پرداخته شده است.

شاخص فالکن بر اساس حجم منابع آبی از جمله حجم بارش طولانی‌مدت، حجم آب تجدیدشونده، حجم تخلیه چاه‌های عمیق و همچنین مساحت منطقه و جمعیت آن منطقه محاسبه شده است، در ادامه این شاخص برای دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ برای منابع آبی خوزستان در جدول ۲ محاسبه شده است:

جدول ۲. منابع آبی خوزستان در دو دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۹۵

منابع آبی خوزستان	سال آماری ۱۳۸۵	سال آماری ۱۳۹۵
مساحت (کیلومتر مربع)	۶۴۰۵۵	۶۴۰۵۵
جمعیت (نفر)	۴۲۷۴۹۷۹	۴۷۱۰۵۰۹
حجم بارش میانگین (۴۰ ساله) (میلیارد مترمکعب)	۲۲/۷	۲۲/۲
حجم آب تجدیدشونده (میلیارد مترمکعب)	۶/۵	۶/۱
حجم تخلیه سالانه (میلیارد مترمکعب)	۲/۲	۴/۶
حجم تخلیه سالانه با چاه‌های عمیق (میلیارد مترمکعب)	۰/۸	۱
درصد تخلیه سالانه با چاه‌های عمیق (میلیارد مترمکعب)	۶۰/۱	۶۷/۸

منبع. سازمان آب خوزستان، درگاه ملی آمار

با توجه به مقادیر جدول ۲، مقدار شاخص فالکن در دو دوره آماری محاسبه و نتایج حاصل از آن در جدول ۳ آورده شده است:

جدول ۳. وضعیت شاخص فالکن در استان خوزستان

سال آماری	۱۳۸۵	۱۳۹۵	درصد تغییر شاخص
مقدار شاخص فالکن	۱۷۴۳	۱۲۳۰	۱۳/۴
وضعیت شاخص	مناسب	در آستانه بحران	

در ادامه، نتایج حاصل از شاخص حداکثر اراضی و مقایسه آن با سطح زیرکشت استان خوزستان در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و

۱۳۹۵ در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. شاخص حداکثر اراضی (MILI) با توجه به منابع آبی موجود استان خوزستان در سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵

۱۷۱۳۶۵۲	سطح زیر کشت کل در سال ۱۳۸۵ (هکتار)
۹۱۴۲	سطح کشت فراتر از ظرفیت آبی سال ۱۳۸۵ (هکتار)
۱۲۳۳۶۰۰	مقدار شاخص حداکثر اراضی (MILI) محاسبه شده با توجه به منابع آبی در سال ۱۳۹۵ (هکتار)
۱۴۷۰۳۶۲	سطح زیر کشت کل در سال ۱۳۹۵ (هکتار)
۲۳۶۷۶۲	سطح کشت فراتر از ظرفیت آبی سال ۱۳۹۵ (هکتار)

نتایج حاصل از بررسی شاخص حداکثر اراضی فاریاب در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ در استان خوزستان در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. محاسبه نسبت آب مصرفی به آب تجدید پذیر در استان خوزستان در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵

وضعیت پایداری منابع آب	۶/۵	مقدار آب مصرفی در دوره آماری ۱۳۸۵ (میلیارد مترمکعب)
آستانه بحران	۴/۲	مقدار آب تجدید پذیر در دوره آماری ۱۳۸۵ (میلیارد مترمکعب)
	۰/۶۴	C/RW مقدار شاخص
وضعیت پایداری منابع آب	۶/۱	مقدار آب مصرفی در دوره آماری ۱۳۹۵ (میلیارد مترمکعب)
بحران آبی	۴/۶	مقدار آب تجدید پذیر در دوره آماری ۱۳۹۵ (میلیارد مترمکعب)

تغییرات اقلیم، سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب، نوع بهره‌برداری، انتقال آب به سایر حوضه‌ها تقسیم‌بندی شده‌اند و پس از بی‌مقیاس سازی هر یک از مقادیر با استفاده از بی‌مقیاس سازی خطی از آزمون رگرسیون استفاده شد، که نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۷ آورده شده است:

برای محاسبه شاخص آب تجدیدپذیر، مجموع تقاضای آب در همه بخش‌ها بر دبی عبوری از رودخانه تقسیم می‌شود، با این توضیحات، محاسبه شاخص تنش آبی از فرمول زیر محاسبه و نتایج آن در جدول ۶ آمده است.

$$x = (\sum DIAn) / Q_{cn}$$

به جهت شناسایی مهم‌ترین مؤلفه‌های هیدروپلیتیکی در استان خوزستان ابتدا ابعاد تأثیرگذار بر هیدروپلیتیک استان که شامل،

جدول ۶. شاخص پایداری منابع آبی (RWSI) در حوضه‌های آبی استان خوزستان در دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵

دوره آماری	حوضه‌ها	آبدهی سالیانه (میلیون مترمکعب)	مصارف سالیانه (میلیون مترمکعب)	شاخص RWSI (درصد)	وضعیت
دوره آماری ۱۳۸۵	دز	۲۹۳۵	۱۰۲۵	۳۴/۹۲	در آستانه بحران شدید آبی
	کرخه	۹۷۴	۳۸۸	۳۹/۸۴	در آستانه بحران شدید آبی
	مارون و جراحی	۸۰۶	۳۷۳	۴۶/۲۸	بحران شدید آبی
	زهره-هندیجان	۳۴۱	۲۹۳	۸۵/۹۲	بحران شدید آبی
دوره آماری ۱۳۹۵	دز	۲۶۳۲	۱۱۱۷	۴۲/۴۴	بحران شدید آبی
	کرخه	۹۱۵	۴۶۸	۵۱/۱۵	بحران شدید آبی
	مارون و جراحی	۷۵۸	۵۳۲	۷۰/۱۸	بحران شدید آبی
	زهره-هندیجان	۳۰۳	۲۸۶	۹۴/۳۹	بحران شدید آبی

جدول ۷. آزمون رگرسیون عوامل مؤثر بر هیدروپلیتیک خوزستان

فاکتورها	عوامل اثرگذار هیدروپلیتیک	تغییرات اقلیم	مدیریت منابع آبی	سیاست‌گذاری و بهره‌برداری	وضعیت حوضه‌ها	انتقال آب به سایر حوضه‌ها	سیاست‌گذاری خارجی	عوامل برون مرزی و
Model	R	۰/۶۸۷	۰/۷۵۹	۰/۶۹۱	۰/۴۲۰	۰/۴۳۸		

Summary	R Square	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲
	Ad R Square	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
Anova	F	۰/۰۳۶۸	۰/۲۴۲	۰/۲۹۶	۰/۰۳۱۲	۰/۰۱۱۳
	Sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	Beta	۰/۰۲۰۹	۰/۰۳۳۱	۰/۰۳۱۳	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۷
Coefficients	T	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۲۱	۰/۱۶۵
	Sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

در ادامه، نتایج حاصل از آزمون رگرسیون چندمتغیره و تحلیل تأثیر تغییرات منابع آب بر شاخص‌های محیط زیستی در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. آزمون رگرسیون تأثیر کاهش منابع آب بر شاخص‌های محیط زیستی در استان خوزستان

فاکتورها	شاخص های محیط زیستی	تغییر در وضعیت تالاب ها	تغییر در عمق آب های سطحی	تغییر در کیفیت هوا	میزان ریز گردها	بشوری فاک	تنوع زیستی	سطح منابع و اراضی جنگلی	فرسایش خاک
	R	-۰/۶۶۶	۰/۵۵۸	۰/۴۰۳	۰/۷۰۸	۰/۶۲۵۵	-۰/۵۶۱	-۰/۴۱۶	۰/۳۸۸
Model Summary	R Square	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
	Ad R Square	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
Anova	F	۰/۰۹۶۸	۰/۲۶۹۵	۰/۱۴۱۹	۰/۰۵۶۱	۰/۰۲۳۱	۰/۲۳۴۳	۰/۰۱۳۲	۰/۰۸۸
	Sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	Beta	۰/۰۱۶۹	۰/۰۵۴۶	۰/۰۱۴۳	۰/۰۷۸	۰/۰۲۶	-۰/۰۳۶۴	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
Coefficients	T	۰/۳۱۵۰۹	۰/۳۶۹۹	۰/۶۶۷۸	۰/۳۳۲۱	۰/۶۶۶۹	۰/۳۱۰۵	۰/۲۶۰۱	۰/۳۵۰۱
	Sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقادیر شاخص فالکن در دو دوره آماری مورد بررسی، مشخص می‌شود که وضعیت منابع آب استان خوزستان از شرایط نسبتاً مناسب در سال ۱۳۸۵ به وضعیت آستانه بحران در سال ۱۳۹۵ رسیده است. بررسی روند تغییرات منابع آبی نشان می‌دهد که کاهش بارش‌های جوی در کنار افزایش میزان برداشت از منابع آب، از مهم‌ترین عوامل شکل‌گیری این وضعیت بوده‌اند. میزان بارش‌های ۴۰ ساله استان که در سال ۱۳۸۵ برابر با ۲۲/۷ میلیارد مترمکعب بوده، در سال ۱۳۹۵ به ۲۲/۲ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. این روند کاهشی را می‌توان در ارتباط با تغییرات اقلیمی و پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی تحلیل کرد؛ موضوعی که در مطالعات جدید اقلیمی نیز مورد تأکید قرار گرفته و نشان می‌دهد مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران طی دهه‌های اخیر با کاهش بارش مؤثر و افزایش تبخیر مواجه بوده‌اند. با این حال، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کاهش بارندگی اگرچه نقش مهمی در کاهش منابع آب داشته، اما عامل اصلی بحران آب در خوزستان

نبوده است، بلکه افزایش برداشت از منابع آبی در بخش‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی و صنعت، تأثیر تعیین‌کننده‌تری داشته است. حجم برداشت سالانه آب از منابع آبی خوزستان از ۳,۲ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۸۵ به ۳/۶ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است که این امر تحت تأثیر رشد جمعیت، توسعه صنایع آب‌بر، افزایش مصرف کشاورزی و ناکارآمدی روش‌های بهره‌برداری از منابع آب رخ داده است. این یافته با نتایج پژوهش‌های ملکی و همکاران (۱۴۰۳) و همچنین بحیرایی و همکاران (۲۰۲۵) همخوانی دارد که افزایش فشار بهره‌برداری و ضعف در مدیریت مصرف آب را از مهم‌ترین عوامل ناپایداری منابع آبی در جنوب غرب ایران معرفی کرده‌اند.

بررسی شاخص حداکثر اراضی فاریاب (MILI) نیز نشان می‌دهد که ظرفیت واقعی اراضی قابل کشت استان خوزستان طی دوره مورد مطالعه به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. بر اساس نتایج این شاخص، مقدار حداکثر اراضی قابل کشت از ۱۷۰۴۵۱۰ هکتار در سال ۱۳۸۵ به ۱۲۳۳۶۰۰ هکتار در سال

۱۳۹۵ کاهش یافته است. این در حالی است که سطح زیر کشت واقعی نه تنها کاهش نیافته بلکه در سال ۱۳۹۵ به ۱۴۷۰۳۶۲ هکتار رسیده و فراتر از ظرفیت آبی استان قرار گرفته است. این وضعیت نشان می‌دهد که الگوی بهره‌برداری کشاورزی در استان با ظرفیت واقعی منابع آب تطابق نداشته و فشار مضاعفی بر منابع آبی وارد کرده است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که توسعه سطح زیر کشت بدون توجه به توان اکولوژیک و ظرفیت آبی منطقه، علاوه بر تشدید بحران آب، موجب بروز پیامدهای محیط‌زیستی از جمله افزایش فرسایش خاک، تشدید شوری خاک و کاهش کیفیت اراضی کشاورزی شده است. این نتایج با مطالعات مرتبط با تنش آبی و ناپایداری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران همخوانی دارد و بیانگر آن است که ناکارآمدی در مدیریت مصرف آب کشاورزی، یکی از عوامل اصلی تشدید بحران منابع آب در خوزستان به شمار می‌رود. در این راستا، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، افزایش بهره‌وری آب و اصلاح الگوی کشت متناسب با ظرفیت منابع آبی، از مهم‌ترین ضرورت‌های مدیریتی برای کاهش فشار بر منابع آب استان محسوب می‌شود.

بررسی شاخص آب مصرفی به آب تجدیدپذیر (C/RW) نیز بیانگر تشدید وضعیت ناپایداری منابع آب در استان خوزستان است. مقدار این شاخص از ۰٫۶۴ در سال ۱۳۸۵ که در محدوده آستانه بحران قرار داشته، به ۰٫۷۵ در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته و استان را وارد محدوده بحران آبی کرده است. افزایش این شاخص بیانگر آن است که میزان بهره‌برداری از منابع آب تجدیدپذیر به سطحی رسیده که استمرار آن می‌تواند منجر به تشدید بحران و کاهش پایداری منابع آبی شود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ادامه روند کنونی کاهش منابع آب تجدیدپذیر و افزایش سطح مصرف، می‌تواند علاوه بر تشدید تنش آبی، پیامدهای محیط‌زیستی و اجتماعی گسترده‌ای نیز ایجاد کند. این یافته با نتایج مطالعات ذکی و نصیری زرقانی (۱۴۰۳) همسو است که بحران آب در خوزستان را صرفاً یک مسئله طبیعی ندانسته و آن را بحرانی سیاسی-محیطی مرتبط با حکمرانی آب، سیاست‌های تخصیص و نحوه مدیریت منابع معرفی کرده‌اند. همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آثار بحران آب محدود به مرزهای سیاسی استان نبوده و می‌تواند پیامدهایی فرامنطقه‌ای در حوزه‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی ایجاد کند.

بررسی شاخص پایداری منابع آب حوزه‌های آبی استان خوزستان نیز نشان می‌دهد که وضعیت حوزه‌های مختلف

استان طی دوره مورد مطالعه با تشدید بحران آبی مواجه شده است. در سال ۱۳۸۵ حوزه‌های دز و کرخه در وضعیت آستانه بحران قرار داشته‌اند، در حالی که حوزه‌های مارون-جراحی و زهره-هندیجان در همان دوره نیز در وضعیت بحران شدید آبی قرار داشته‌اند. نتایج سال ۱۳۹۵ بیانگر آن است که شدت تنش آبی در تمامی حوزه‌ها افزایش یافته و حتی حوزه‌هایی که پیش‌تر در آستانه بحران قرار داشتند، وارد محدوده تنش شدید آبی شده‌اند. این روند نشان می‌دهد که هرچه به نواحی پایین‌دست استان حرکت می‌شود، به دلیل تمرکز بیشتر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و مصرف شرب، فشار بر منابع آبی افزایش یافته و وضعیت منابع آب بحرانی‌تر می‌شود. این یافته‌ها با مطالعات مرتبط با هیدروپلیتیک مناطق خشک و نیمه‌خشک همخوانی دارد که بیان می‌کند تمرکز مصرف و توسعه نامتوازن در پایین‌دست حوزه‌ها، موجب افزایش تنش‌های آبی و ناپایداری محیط‌زیستی می‌شود. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مدیریت نامتوازن منابع آب در سطح حوزه‌های آبریز، می‌تواند زمینه‌ساز تشدید نابرابری‌های منطقه‌ای و افزایش آسیب‌پذیری زیست‌محیطی در مناطق پایین‌دست شود.

در رابطه با انتقال آب بین حوزه‌ای نیز نتایج نشان می‌دهد که این اقدام، در صورتی که بدون در نظر گرفتن ظرفیت منابع آب حوزه مبدأ و شرایط محیط‌زیستی آن انجام شود، می‌تواند زمینه‌ساز بروز مشکلات جدید در حوزه هیدروپلیتیک و امنیت محیط‌زیستی باشد. اگرچه انتقال آب می‌تواند بخشی از کمبود منابع آب در مناطق مقصد را جبران کند، اما در شرایطی که حوزه مبدأ خود با محدودیت منابع آب و تنش‌های محیط‌زیستی مواجه است، این اقدام می‌تواند منجر به افزایش نارضایتی‌های اجتماعی، تشدید احساس تبعیض فضایی و بروز تنش‌های سیاسی شود. این نتایج با یافته‌های یزدان‌پناه (۱۴۰۰) و همچنین مطالعات بین‌المللی مرتبط با هیدروپلیتیک همخوانی دارد که نشان می‌دهند نحوه مدیریت منابع آب و سیاست‌های انتقال آب، نقش مهمی در شکل‌گیری یا تشدید تنش‌های سیاسی و محیط‌زیستی دارند. بر این اساس، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مسئله آب در خوزستان صرفاً یک مسئله طبیعی یا فنی نیست، بلکه ابعاد مدیریتی، سیاسی و هیدروپلیتیکی نیز در تشدید آن نقش اساسی دارند.

بررسی شاخص‌های محیط‌زیستی در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که کاهش منابع آب تأثیر مستقیمی بر تشدید بحران‌های محیط‌زیستی استان خوزستان داشته است. یکی از مهم‌ترین این پیامدها، کاهش مساحت و عمق

علاوه بر تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی، موجب تبدیل بخش‌هایی از این تالاب‌ها به کانون‌های تولید ریزگرد شده است. این یافته‌ها با نتایج مطالعات مرتبط با بحران تالاب‌ها در جنوب غرب ایران همخوانی دارد که کاهش حقایق‌های محیط‌زیستی و افت منابع آب سطحی را از عوامل اصلی تشدید بحران ریزگردها و افت کیفیت محیط‌زیست منطقه معرفی کرده‌اند.

تالاب‌های استان است. تالاب‌های شادگان، هورالعظیم، بامدژ، تمبی، برم شور، شاهور و ایزه به‌عنوان زیست‌بوم‌های مهم طبیعی استان، طی چند دهه اخیر تحت تأثیر خشکسالی، کاهش منابع آب، توسعه ناپایدار و تغییرات اقلیمی با کاهش سطح و عمق مواجه شده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مساحت تالاب‌های استان در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۵ حدود ۱۹۹۲ هکتار کاهش یافته و میانگین عمق آن‌ها نیز از ۱۷ متر به ۱۳ متر رسیده است. کاهش سطح و عمق تالاب‌ها

جدول ۹. مقایسه شاخص‌های محیط زیستی استان خوزستان در دوره‌های آماری ۱۳۹۵ و ۱۳۸۵

شاخص‌های محیط زیستی	دوره آماری ۱۳۸۵	دوره آماری ۱۳۹۵	مقدار تغییرات
مساحت تالاب‌ها (هزار هکتار)	۸۹۲۶	۶۹۳۴	- ۱۹۹۲
میانگین عمق آب‌های تالاب‌ها (متر)	۱۷	۱۳	-۴
تعداد روزهای با کیفیت هوای سالم	۲۸۹	۲۰۲	-۸۷
مساحت بیابان (هزار هکتار)	۲۵۹	۲۸۰	۲۱
میانگین شاخص شوری خاک	۳/۷	۴/۳	۰/۶
درصد مساحت زمین‌های اراضی شور (درصد)	۲۷	۳۸	۱۱
میانگین شاخص تنوع زیستی	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۲۵
میانگین فرسایش خاک (میلیارد تن)	۰/۳	۰/۵	۰/۲
میزان تراکم ریزگردها (میکروگرم بر مترمکعب)	۲۰۷	۱۷۱	۶۴
مساحت مراتع و جنگل‌ها (هزار هکتار)	۹۲۶	۸۷۴	-۵۲

بر هیدروپلیتیک استان خوزستان، مشخص شد که تمامی عوامل مورد بررسی بر وضعیت هیدروپلیتیک استان تأثیرگذار هستند، هرچند شدت این تأثیرات یکسان نبوده است. نتایج نشان داد که متغیرهای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب، نوع بهره‌برداری از منابع آبی و تغییرات اقلیمی بیشترین اثر را بر وضعیت هیدروپلیتیک استان داشته‌اند، در حالی که عوامل برون مرزی و انتقال آب به سایر حوضه‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. این یافته از آن جهت اهمیت دارد که نشان می‌دهد بخش عمده بحران آب و ناپایداری هیدروپلیتیک خوزستان، بیش از آنکه ناشی از عوامل خارجی باشد، متأثر از شیوه مدیریت داخلی منابع آب و نحوه بهره‌برداری از آن‌هاست. این نتیجه با پژوهش‌های مرتبط با حکمرانی آب و مدیریت منابع در ایران همخوانی دارد که ضعف در سیاست‌گذاری و مدیریت یکپارچه منابع آب را از عوامل اصلی تشدید بحران آب معرفی می‌کنند. در عین حال، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل برون مرزی و سیاست‌های کشورهای همسایه نیز بر وضعیت منابع آب و شرایط محیط‌زیستی استان بی‌تأثیر نبوده‌اند و در کنار سایر عوامل، بخشی از شرایط هیدروپلیتیک منطقه را شکل داده‌اند.

همچنین نتایج آزمون رگرسیون میان کاهش منابع آب و شاخص‌های محیط‌زیستی نشان داد که کاهش منابع آب تقریباً بر تمامی شاخص‌های محیط‌زیستی استان خوزستان اثرگذار بوده

در رابطه با شاخص تعداد روزهای سالم نیز نتایج نشان می‌دهد که تعداد روزهای پاک در استان خوزستان از ۲۸۹ روز در سال ۱۳۸۵ به ۱۷۱ روز در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. یکی از دلایل اصلی این مسئله، خشک شدن بخشی از تالاب‌ها، افزایش کانون‌های گردوغبار و وقوع آتش‌سوزی در مناطق تالابی به دلیل خشکی هوا بوده است. همچنین، مساحت بیابان‌های استان طی این دوره حدود ۲۱ هزار هکتار افزایش یافته و به حدود ۲۸۰ هزار هکتار رسیده است. کاهش منابع آبی موجب کاهش رطوبت خاک و افزایش شوری آن شده، به‌گونه‌ای که میانگین شوری خاک از ۳/۷ به ۴/۳ افزایش یافته است. علاوه بر این، میزان اراضی دارای خاک شور نیز با ۱۱ درصد افزایش به ۳۸ درصد رسیده است که این مسئله به کاهش بهره‌وری کشاورزی و افزایش فرسایش خاک منجر شده است. شاخص تنوع زیستی نیز طی دوره مورد مطالعه از ۰/۸۶ به ۰/۶۱ کاهش یافته است که یکی از مهم‌ترین دلایل آن کاهش سطح تالاب‌ها و تخریب زیستگاه‌های طبیعی گونه‌های جانوری و گیاهی بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که بحران آب در خوزستان صرفاً محدود به کاهش منابع آبی نیست، بلکه به‌صورت زنجیره‌ای بر سایر ابعاد محیط‌زیستی استان نیز اثرگذار بوده و موجب کاهش کیفیت محیط‌زیست و افزایش آسیب‌پذیری اکولوژیک منطقه شده است.

بر اساس نتایج حاصل از آزمون رگرسیون میان عوامل اثرگذار

است، اما شدت این تأثیر در شاخص‌های مختلف متفاوت بوده است. بیشترین تأثیر کاهش منابع آب بر شاخص‌های مرتبط با وضعیت ریزگردها، مساحت تالاب‌ها و عمق آب‌های سطحی مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش روند کاهش منابع آب، مساحت تالاب‌ها و عمق آب‌های سطحی کاهش یافته و در مقابل، میزان ریزگردها افزایش پیدا کرده است که در نهایت موجب افت کیفیت هوا و تشدید بحران‌های محیط‌زیستی شده است. این یافته‌ها با مطالعات داخلی و بین‌المللی مرتبط با بحران آب و تغییرات محیط‌زیستی همخوانی دارد که بیان می‌کنند کاهش منابع آب و تخریب اکوسیستم‌های آبی، زمینه‌ساز افزایش گردوغبار، افت کیفیت محیط‌زیست و کاهش امنیت محیطی می‌شود. پژوهش حاضر از این منظر نشان می‌دهد که بحران آب در خوزستان دارای ماهیتی چندبعدی است و اثرات آن تنها به حوزه منابع آب محدود نمی‌شود، بلکه ابعاد اجتماعی، محیط‌زیستی و هیدروپلیتیکی را نیز به‌صورت همزمان تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که وضعیت منابع آبی استان خوزستان طی دوره مورد بررسی با کاهش پایداری و تشدید بحران مواجه شده است. شاخص‌های مختلف از جمله شاخص فالکن، شاخص آب مصرفی به آب تجدیدپذیر و شاخص حداکثر اراضی فاریاب، همگی بیانگر آن هستند که فشار بر منابع آب استان افزایش یافته و الگوی بهره‌برداری موجود با ظرفیت واقعی منابع آب تناسب ندارد. از سوی دیگر، کاهش منابع آب تأثیر مستقیم و قابل توجهی بر شاخص‌های محیط‌زیستی استان از جمله کاهش سطح تالاب‌ها، افزایش ریزگردها، افت کیفیت هوا، افزایش شوری خاک و کاهش تنوع زیستی داشته است. یافته‌های این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که متغیرهای مدیریتی و سیاست‌گذاری، نقش تعیین‌کننده‌ای در وضعیت هیدروپلیتیک استان دارند و بحران آب خوزستان بیش از آنکه صرفاً حاصل تغییرات اقلیمی باشد، متأثر از نحوه مدیریت، الگوی بهره‌برداری و سیاست‌های مرتبط با تخصیص و مصرف منابع آب است.

نوآوری پژوهش حاضر در آن است که تلاش کرده است ارتباط میان شاخص‌های هیدرولوژیک، محیط‌زیستی و هیدروپلیتیکی را به‌صورت همزمان و در قالب یک چارچوب تحلیلی واحد مورد بررسی قرار دهد. برخلاف بسیاری از پژوهش‌های پیشین که صرفاً بر یکی از ابعاد بحران آب تمرکز داشته‌اند، در این پژوهش علاوه بر بررسی وضعیت منابع آب، پیامدهای محیط‌زیستی و اثرات هیدروپلیتیکی ناشی از کاهش منابع آب نیز تحلیل شده است. همچنین استفاده همزمان از شاخص‌های بحران آب، تحلیل رگرسیونی عوامل اثرگذار بر هیدروپلیتیک و ارزیابی اثر کاهش منابع آب بر شاخص‌های

محیط‌زیستی، از دیگر وجوه تمایز این پژوهش نسبت به مطالعات پیشین به شمار می‌رود. این رویکرد نشان می‌دهد که بحران آب در خوزستان صرفاً یک مسئله هیدرولوژیک نیست، بلکه پدیده‌ای چندبعدی با پیامدهای محیط‌زیستی، اجتماعی و سیاسی است که نیازمند مدیریت یکپارچه و سیاست‌گذاری هماهنگ در سطوح مختلف می‌باشد.

با وجود نتایج به دست آمده، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است. از جمله مهم‌ترین محدودیت‌ها می‌توان به محدودیت دسترسی به داده‌های دقیق و یکپارچه بلندمدت در برخی شاخص‌های محیط‌زیستی و منابع آب، تفاوت در کیفیت داده‌های آماری سازمان‌های مختلف، و محدود بودن بازه زمانی مطالعه به دو دوره آماری اشاره کرد. همچنین، تفکیک دقیق سهم عوامل اقلیمی و مدیریتی در بروز بحران آب، به دلیل پیچیدگی روابط میان متغیرها، با محدودیت‌هایی همراه بوده است. با این حال، تلاش شده است با استفاده از داده‌های معتبر و روش‌های تحلیلی مناسب، تصویری نسبتاً جامع از وضعیت هیدروپلیتیک و بحران آب در استان خوزستان ارائه شود.

در ادامه این پژوهش، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با استفاده از داده‌های بلندمدت‌تر و در مقیاس‌های فضایی دقیق‌تر، به بررسی روند تغییرات منابع آب و پیامدهای محیط‌زیستی آن در سطح زیرحوضه‌های استان بپردازند. همچنین، استفاده از روش‌های سنجش از دور و مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی می‌تواند در تحلیل روند آینده بحران آب و تغییرات محیط‌زیستی استان مؤثر باشد. انجام مطالعات تطبیقی میان خوزستان و سایر حوضه‌های بحرانی ایران نیز می‌تواند به درک بهتر الگوهای مشترک و تفاوت‌های منطقه‌ای در حوزه هیدروپلیتیک و مدیریت منابع آب کمک کند. علاوه بر این، بررسی ابعاد اجتماعی و امنیتی بحران آب، از جمله مهاجرت‌های محیط‌زیستی، نابرابری‌های فضایی و پیامدهای اجتماعی ناشی از کاهش منابع آب، می‌تواند از دیگر محورهای مهم پژوهش‌های آینده در این حوزه باشد.

با توجه به روندهای شناسایی شده در وضعیت منابع آب و چالش‌های هیدروپلیتیکی منطقه، نخستین گام برای مدیریت پایدار منابع آبی، اصلاح سیاست‌گذاری‌های کلان و بازنگری در شیوه‌های مدیریت منابع آب است. در این راستا، تدوین یک برنامه جامع هیدروپلیتیک با رویکردی فراملی و منطقه‌ای ضروری به نظر می‌رسد؛ برنامه‌ای که ضمن توجه به منافع و نیازهای داخلی، تعاملات آبی در سطح حوضه‌های آبریز مشترک و روابط میان مناطق و کشورهای همجوار را نیز در نظر گیرد. همچنین، جلوگیری از برداشت‌های غیرضروری و بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی و اعمال نظارت مؤثر بر میزان بهره‌برداری، از

در نهایت، هیچ برنامه‌ای برای مدیریت پایدار منابع آب بدون مشارکت اجتماعی و ارتقای آگاهی عمومی به نتیجه مطلوب نخواهد رسید. از این‌رو، افزایش آگاهی عمومی درباره بحران آب و ضرورت مصرف بهینه، آموزش جوامع محلی در زمینه حفاظت از منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها و جلب مشارکت مردم و نهادهای محلی در برنامه‌های احیای منابع آبی، باید در کنار اقدامات فنی و مدیریتی دنبال شود. ترویج فرهنگ صرفه‌جویی و اصلاح الگوی مصرف آب در مناطق شهری و روستایی نیز می‌تواند به کاهش تقاضای آب و افزایش مسئولیت‌پذیری اجتماعی در قبال منابع محدود آبی کمک کند. در مجموع، مقابله با بحران منابع آب نیازمند رویکردی یکپارچه است که در آن سیاست‌گذاری، بهره‌وری کشاورزی، حفاظت محیط‌زیست، سازگاری اقلیمی و مشارکت اجتماعی در قالب یک نظام هماهنگ و مبتنی بر ظرفیت‌های واقعی حوضه‌های آبریز دنبال شوند.

راهکارها

الف. راهکارهای مدیریتی و سیاست‌گذاری

- اصلاح سیاست‌گذاری‌های کلان در حوزه مدیریت منابع آبی؛
- تدوین برنامه جامع هیدروپلیتیک با نگاه فراملی و منطقه‌ای؛
- جلوگیری از برداشت‌های غیرضروری و بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی؛
- تأمین و تضمین حقابه تالاب‌ها و رودخانه‌ها؛
- کنترل پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای با ارزیابی‌های دقیق محیط‌زیستی.

ب. اقدامات در حوزه بهره‌وری و کشاورزی

- ارتقای بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی با فناوری‌های نوین؛
- توسعه روش‌های آبیاری کم‌مصرف مانند آبیاری قطره‌ای و بارانی؛
- نوسازی زیرساخت‌های آبیاری سنتی و کاهش تلفات شبکه‌های انتقال آب؛
- حمایت از کشت‌های کم‌آبر و بومی‌سازی الگوی کشت متناسب با اقلیم منطقه.

ج. مداخلات محیط‌زیستی و حفاظتی

- احیای تالاب‌های استان و تأمین آب موردنیاز آن‌ها؛
- اجرای طرح‌های آبخیزداری و حفاظت از منابع آب در بالادست حوضه‌ها؛
- کنترل و کاهش ریزگردها از طریق تثبیت خاک و احیای

الزامات اساسی مدیریت بحران آب است. در همین چارچوب، تأمین و تضمین حقابه تالاب‌ها و رودخانه‌ها باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های سیاست‌گذاری منابع آب مورد توجه قرار گیرد. پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای نیز لازم است تنها پس از انجام ارزیابی‌های دقیق محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی و با در نظر گرفتن پیامدهای آن‌ها بر مبدأ و مقصد اجرا شوند.

در کنار اصلاحات مدیریتی، افزایش بهره‌وری مصرف آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی، از مهم‌ترین الزامات کاهش فشار بر منابع آبی محسوب می‌شود. توسعه و استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت مصرف آب، گسترش روش‌های آبیاری کم‌مصرف نظیر آبیاری قطره‌ای و بارانی و نوسازی زیرساخت‌های سنتی آبیاری می‌تواند به کاهش تلفات آب در مراحل انتقال و مصرف کمک کند. از سوی دیگر، بازنگری در الگوی کشت و حمایت از کشت‌های کم‌آبر و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه، می‌تواند نقش مهمی در انطباق فعالیت‌های کشاورزی با ظرفیت واقعی منابع آب ایفا کند. در این زمینه، بومی‌سازی الگوی کشت و پرهیز از توسعه محصولات آبر در مناطق دارای محدودیت آبی، باید بخشی از سیاست‌های اصلی مدیریت منابع آب باشد.

هم‌زمان با اقدامات مدیریتی و اقتصادی، تقویت رویکردهای محیط‌زیستی و حفاظتی برای کاهش پیامدهای بحران آب ضروری است. احیای تالاب‌های استان و تأمین حقابه و نیاز آبی آن‌ها، علاوه بر حفظ تنوع زیستی، می‌تواند در کاهش پیامدهای ناشی از خشکسالی، فرسایش خاک و ریزگردها مؤثر باشد. اجرای طرح‌های آبخیزداری و حفاظت از منابع آب در بالادست حوضه‌ها نیز باید با هدف افزایش نفوذ آب، کاهش رواناب و فرسایش و تقویت پایداری منابع آبی دنبال شود. همچنین، کنترل و کاهش ریزگردها از طریق تثبیت خاک و احیای پوشش گیاهی و حفاظت و بازسازی زیست‌بوم‌های طبیعی آسیب‌دیده، از جمله اقداماتی است که می‌تواند هم‌زمان آثار محیط‌زیستی و اجتماعی بحران آب را کاهش دهد.

از سوی دیگر، با توجه به تأثیر فزاینده تغییرات اقلیمی بر منابع آب، سیاست‌های مدیریت آب باید با اقدامات اقلیمی و انرژی‌محور پیوند یابد. مشارکت فعال در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حرکت به سوی الگوهای توسعه کم‌کربن، در کنار توسعه و ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی خورشیدی و بادی، می‌تواند در کاهش فشار بر منابع طبیعی و افزایش تاب‌آوری مناطق در برابر تغییرات اقلیمی مؤثر باشد. همچنین، مقاوم‌سازی زیرساخت‌های مرتبط با آب و سایر زیرساخت‌های حیاتی در برابر خشکسالی و سایر پیامدهای تغییر اقلیم، باید به‌عنوان بخشی از برنامه‌های بلندمدت سازگاری مورد توجه قرار گیرد.

پوشش گیاهی؛

– حفاظت و بازسازی زیست‌بوم‌های طبیعی آسیب‌دیده.

هـ. اقدامات فرهنگی، اجتماعی و آموزشی

– ارتقای آگاهی عمومی درباره بحران آب و مصرف بهینه آن؛
– آموزش جوامع محلی در خصوص حفظ منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها؛

– جلب مشارکت مردم و نهادهای محلی در برنامه‌های احیای منابع آبی؛

– ترویج فرهنگ صرفه‌جویی و اصلاح الگوی مصرف آب در سطح شهری و روستایی.

د. اقدامات اقلیمی و انرژی محور

– مشارکت فعال در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای؛

– توسعه و ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه خورشیدی و بادی؛

– مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها در برابر تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌ها.

References

- Ahmadi Pour, Z., Heydari Mosloo, T., & Heydari Mosloo, T. (2010). Analysis of Ethnicity and Ethnic Identity in Iran toward Stable Security. *Journal of social order (entezam-e-ejtemaei)*, 2(1), 35-62. (In Persian)
- Alizadeh, J., Hafeznia, M.R., & Mojtahedzadeh, P. (2004). Hirmand Hydropolitic and its Effect on the Political Relations of Iran and Afghanistan. Master's Thesis, Ministry of Science, Research and Technology - Tarbiat Modares University. (In Persian)
- Allouche, J. (2020). Nationalism, legitimacy and hegemony in transboundary water interactions. *Water Alternatives*, 13(2), 286–301.
- Altingoz, M., Ali, S. H., & Vladich, H. (2022). Hydropolitics in the Black Sea: From political competition to environmental cooperation? *Case Studies in the Environment*, 6(1), 1713911. <https://doi.org/10.1525/cse.2022.1713911>
- Bahiraie, M., Hosseini, S. M., & Hossein-Panahi, B. (2025). Groundwater resources exploitation management in response to water scarcity challenges in Khuzestan Province, Iran. *Journal of Groundwater Science and Engineering*, 13(3), 268–285. <https://doi.org/10.26599/jgse.2025.9280054>
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water crisis and water wars: myths and realities. *International Journal of Water Resources Development*, 35(5), 727–731. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1636502>
- Bréthaut, C., Ezbakhe, F., McCracken, M., Wolf, A., & Dalton, J. (2021). Exploring discursive hydropolitics: a conceptual framework and research agenda. *International Journal of Water Resources Development*, 38(3), 464–479. <https://doi.org/10.1080/07900627.2021.1944845>
- Buchenrieder, G., Mack, C., & Balgah, A. R. (2017). Human Security and the Relocation of Internally Displaced Environmental Refugees in Cameroon. *Refugee Survey Quarterly*, 36(3), 20–47. <https://doi.org/10.1093/rsq/hdx005>
- Buzan, B. (2009). *International society and the Middle East: English School theory at the regional level*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R. S., Ma, W., Malik, A., Morris, N. B., Nybo, L., Seneviratne, S. I., Vanos, J., & Jay, O. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet*, 398(10301), 698–708. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01208-3)
- Golkarami, A., & Kavani-rad, M. (2017). The impact of water resource constraints on hydropolitical tensions: A case study of Iran's central basin with an emphasis on the Zayandehrud watershed. *Geography and Environmental Planning*, 28(1), 113–134. (In Persian). DOI: [10.22108/gep.2017.97903.0](https://doi.org/10.22108/gep.2017.97903.0)
- Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development. *Water policy*, 9(6), 545–571. DOI: [10.2166/wp.2007.021](https://doi.org/10.2166/wp.2007.021)
- Hamidi, K., Cheraghi, M., & Almasieh, K. (2024). Comparative evaluation of Karoon river status based on water quality and pollution indices (case study: Bavi city). *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 47(3), 107–121. (In Persian). DOI: [10.22055/jise.2024.46748.2125](https://doi.org/10.22055/jise.2024.46748.2125)

- Hosseini, S. M. (2012). Legal review of dust from the perspective of transboundary pollution with a brief overview of Iran. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 52, 69. (In Persian).
- Howard, J. T., Androne, N., Alcover, K. C., & Santos-Lozada, A. R. (2024). Trends of Heat-Related Deaths in the US, 1999-2023. *Jama*, 332(14), 1203. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.16386>
- Julie Arrighi, F. E. L. O., Marghidan, C. P., Philip, S., Singh, R., Vahlberg, M., Giguere, J., ... & Veitch, A. (2024). *Climate change and the escalation of global extreme heat: assessing and addressing the risks*. Climate Central, Climate Centre, World Weather Attribution.
- Karimipour, Y., et al. (2015). Geopolitics of Legal Gaps of the Fight against Marine Pollution. *Parliament and Strategy Quarterly*, 22(83), 179-202. (In Persian).
- Kavianirad, M., & Raeesolsadat, S. M. T. (2017). Environmental security as a foundation for regional security: A case study of the dust storm crisis in Southwest Asia. In *The First National Conference on Geography, Environment, Security, and Tourism*. (In Persian).
- Kehl, J. R. (2011). Hydropolitical Complexes and Asymmetrical Power: Conflict, Cooperation, and Governance of International River Systems. *Journal of World-Systems Research*, 218-235. <https://doi.org/10.5195/jwsr.2011.429>
- Kelman, I., Gaillard, J. C., & Mercer, J. (2015). Climate Change's Role in Disaster Risk Reduction's Future: Beyond Vulnerability and Resilience. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(1), 21-27. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0038-5>
- Khezri, S. A., & Ahmadvand, F. (2014). The influence of natural geographical factors on development policies: A case study of hydraulic structures in Khuzestan in the first Islamic centuries. *Research Quarterly Research Journal of Islamic History*, 4(14), 49-74. (In Persian). DOR: 20.1001.1.22519726.1393.1.14.3.9
- Kusakabe, M., Todo, T., McQuillan, H. J., Goetz, F. W., & Young, G. (2002). Characterization and Expression of Steroidogenic Acute Regulatory Protein and MLN64 cDNAs in Trout. *Endocrinology*, 143(6), 2062-2070. <https://doi.org/10.1210/endo.143.6.8672>
- Maleki, S., Moradi, H., & Amanpour, S. (2024). Structural analysis of key drivers affecting water stress in Iranian cities (Study case: Ahvaz metropolis). *Journal of vision Future Cities*, 5(3), 135-163. (In Persian).
- Mehmet, A., Ali, S. H., & Helena, V. (2022). Hydropolitics in the Black Sea: From Political Competition to Environmental Cooperation?. *Case Studies in the Environment*, 6(1). <https://doi.org/10.1525/cse.2022.1713911>
- Mianabadi, H. (2016). *Hydropolitics and conflict management in transboundary river basins*. Doctoral dissertation, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Mohammadi Deh Cheshmeh, M., Firoozi, M. A., & Saeedi, J. (2015). Evaluation environmental instability indicators in Ahvaz metropolis. *Journal of Environmental Studies*, 41(2), 447-464. (In Persian). DOI: 10.22059/jes.2015.54993
- Mokhtari Heshi, H., & Kavianirad, M. (2019). Explaining the Hydropolitics Concept. *Journal of Water and Sustainable Development*, 6(2), 15-26. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jwsd.v6i2.75117>
- Morales-Muñoz, H., Jha, S., Bonatti, M., Alff, H., Kurtenbach, S., & Sieber, S. (2020). Exploring Connections—Environmental Change, Food Security and Violence as Drivers of Migration—A Critical Review of Research. *Sustainability*, 12(14), 5702. <https://doi.org/10.3390/su12145702>
- Morshedi, J., Alavi Panah, S. K., & Moghimi, E. (2013). Longitudinal changes in Karun River using directional mean linear method. *Environmental Studies*, 39(4), 89-104. (In Persian).
- Pirri, H. (2010). *Military geography of Iran and Iraq*. Lecture Notes on Sacred Defense Museum. (In Persian).
- Rahnemaie, M. T. (2003). *A collection of discussions on urban planning methods*. Tehran, Iran: Center for Urban Studies and Architecture Research. (In Persian).
- Robinson, A., Lehmann, J., Barriopedro, D., Rahmstorf, S., & Coumou, D. (2021). Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>
- Schulte, P. M. (2014). What is environmental stress? Insights from fish living in a variable

- environment. *Journal of Experimental Biology*, 217(1), 23–34. <https://doi.org/10.1242/jeb.089722>
- Seifollahi, M., et al. (2010). Effects of informal education on the economic development of villages. *Urban and Regional Research and Studies*, 2(6), 95–116. (In Persian).
- Warner, J. F., & Zeitoun, M. (2008). International relations theory and water do mix: A response to Furlong's troubled waters, hydro-hegemony and international water relations. *Political Geography*, 27(7), 802–810. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2008.08.006>
- Wilder, M. O., Varady, R. G., Gerlak, A. K., Mumme, S. P., Flessa, K. W., Zuniga-Teran, A. A., Scott, C. A., Pablos, N. P., & Megdal, S. B. (2020). Hydrodiplomacy and adaptive governance at the U.S.-Mexico border: 75 years of tradition and innovation in transboundary water management. *Environmental Science & Policy*, 112, 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.013>
- World Bank. (2024). *Climate Knowledge Portal: Iran—Temperature and precipitation trends*. World Bank. Climate Knowledge Portal.
- Zaki, Y., Ghorbani Sepehr, P., & Ghorbani Sepehr, A. (2022). Analysis of the effects of human hazards on the management of border areas (Case study: Southeast Iran; Sistan and Baluchestan). *Environmental Hazards Management (JEHM)*, 8(4), 431–444. (In Persian) DOI: [10.22059/jhsci.2022.333733.688](https://doi.org/10.22059/jhsci.2022.333733.688)
- Zaki, Y., Nasiry Zarghani, V. A. (2025). Spatial analysis of socio-political consequences of water scarcity in Khuzestan Province. *Iranian Political Science Association Journal*, 20(1), 83–118. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/ipsa.2025.535>