



University of  
Sistan and Baluchestan



Association of Geography  
and Planning  
of Border Areas of Iran

## Water Security of the Zahedan Metropolis in the Context of Climate Change and Tran's boundary Hydro politics of the Helmand Basin

Fatemeh Bakhshi shadmehri<sup>1</sup>, Seyyed Hadi Zarghani<sup>2✉</sup>, Abbasali Dadashi Roudbari<sup>3</sup>

1. PhD Graduate in Political Geography, Department of Geography, Faculty of Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.  
E-mail: fa.bakhshi@alumni.um.ac.ir
2. Professor in Political Geography, Department of Geography, Faculty of Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.  
✉ E-mail: h-zarghani@um.ac.ir
3. Assistant Professor in Climatology, Department of Geography, Faculty of Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.  
E-mail: Dadashiabbasali@gmail.com



**How to Cite:** Bakhshi shadmehri, F; Zarghani, S.H & Dadashi Roudbari, A. (2026). Water Security of the Zahedan Metropolis in the Context of Climate Change and Tran's boundary Hydro politics of the Helmand Basin. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 16 (59), 29-34.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.22111/gajj.2026.54377.3330>

### Article type:

Research Article

### Received:

29/12/2025

### Received in revised form:

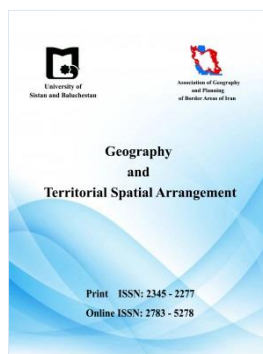
30/01/2026

### Accepted:

07/02/2026

### Publisher online:

14/02/2026



### ABSTRACT

Water security, as one of the fundamental dimensions of human security, has become a strategic and multidimensional issue in recent decades, especially in arid and semi-arid regions of the world. Zahedan metropolis, due to its location in an arid climate, rapid population growth, expansion of informal settlements, and dependence of urban water supply sources on cross-border sources (water transfer from semi-wells in Zabol to Zahedan), faces a high level of water vulnerability. The present study, with the aim of comprehensively assessing the water security of Zahedan metropolis, examines the simultaneous effects of climate change and hydro-political relations of the transboundary Hirmand watershed on the sustainability of the city's water resources.

The research method is applied and based on a mixed approach (quantitative-qualitative). In the climate section, CRU database data and the Standard Precipitation-Evaporation-Transpiration Index (SPEI) were used to analyze temperature, precipitation, and drought trends in Helmand Basin for the period 1991–2022. In the hydro-political section, qualitative content analysis was used to review the 1972 treaty, documents and reports on Afghanistan's infrastructure policies and measures as an upstream country, and spatial-geopolitical analysis of the relations between the two countries. The climate findings show that Helmand Basin has faced a significant increase in temperature, a gradual decrease in precipitation, and an intensification of the frequency and severity of droughts over the past three decades, such that precipitation in the Zahedan metropolis has decreased by 7.94 mm per decade; a trend that has severely weakened the basin's natural capacity for sustainable water supply and increased the dependence of downstream areas, especially Zahedan, on unstable river flows. On the other hand, hydro-political analysis indicates the dominance of the competition and hydrohegemony model in Iran-Afghanistan relations. The development of dams and diversion projects such as the Kamal Khan Dam, along with the weakness of the implementation mechanisms of the 1972 Hirmand Treaty, has put additional pressure on Zahedan's water security. The results of the study show that Zahedan's water insecurity is the result of a complex interaction of natural (climate change) and human-political (hydro-politics) factors, and its continuation can have widespread consequences for food, social, economic, and national security.

### Keywords:

Water security, hydro-politics, climate change, Hirmand watershed, Zahedan, resilience.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

## Extended Abstract

### Introduction

Water security, as a fundamental human right, underpins political stability and human spaces, particularly in arid regions where freshwater scarcity intersects with climate change and transboundary hydrogeopolitics. Zahedan metropolis, located in Iran's Sistan and Baluchestan province adjacent to the Helmand River Basin, faces acute vulnerabilities due to declining precipitation (less than 70 mm annually over 2011–2020), rapid urbanization, high migration rates, and overexploitation of shared waters. The Helmand Basin—spanning 613,000 km<sup>2</sup>, with 89% in upstream Afghanistan—exemplifies hydro-hegemonic tensions, exacerbated by climate variability, dam constructions (e.g., Kajaki, Dahla, Kamal Khan), and non-compliance with the 1973 Helmand Treaty. This study evaluates Zahedan's urban water security at the nexus of climate change impacts and Afghanistan's hydrogeopolitical policies, addressing two key questions: (1) climate trends in the Helmand Basin affecting supply from dams and Sistan qanats; and (2) upstream policies' influence on shared water sustainability.

### Study Area

Zahedan is the center of Zahedan County and the province of Sistan and Baluchestan in eastern Iran, near the border with Afghanistan and Pakistan. Due to natural population growth, migration, expansion of services, various developmental programs, and other factors, Zahedan has experienced significant demographic and physical transformations. One of the main sources of urban water supply in Zahedan is the international Hermand River. The Hermand River, one of the most important water resources in the region, with a drainage basin of approximately 613,000 square kilometers, originates from the Baba Mountains in Afghanistan, forming the lower reaches of the river, which accounts for 40% of its course in Iran. It also constitutes part of the border between Iran and Afghanistan, eventually flowing into Hamun-e Pozak in Afghan territory.

### Material and Methods

This applied research employs a mixed-methods approach (quantitative-climatic and qualitative-hydrogeopolitical) for multifaceted analysis. Climatic data from CRU grids (0.5° × 0.5° resolution, 1991–2020) assessed temperature, precipitation, and Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI, 1991–2022) trends across three decades, using spatial-temporal mapping to detect drought/wetness patterns. Hydrogeopolitical analysis drew on document review, treaty interpretations, satellite imagery, and geospatial assessments of infrastructure (e.g., 62 Afghan dams, diversions to Goud-e-Zereh). The study area encompasses Zahedan (population 587,730 in 2016; 164,000 residential water subscribers) and the Helmand Basin, integrating local meteorology (Sistan and Baluchestan Weather Bureau) with international datasets.

### Result and Discussion

Climatic analysis reveals intensifying aridity: annual precipitation fluctuated (8.63–899.8 mm, 1991–2020) with decadal declines—sharpest in 2011–2020 (lowest in 2016)—concentrated in northern upstream areas. Temperature trends showed warming peaks (e.g., 2020 matching global records), linked to El Niño/La Niña cycles, amplifying evapotranspiration and drought severity (SPEI < -1.5 in 2001–2004 across latitudes 30–34.5°N). Downstream Sistan experienced profound droughts, drying Hamoun wetlands, reducing arable land by 50%, eliminating 15,000 jobs, and spurring sandstorms via 120-day winds. Hydrogeopolitically, Afghanistan's upstream dominance manifests in hegemony patterns: post-2001 reconstruction prioritized irrigation/hydropower (e.g., Kamal Khan Dam operational 2021, diverting flows against treaty obligations), fueled by geopolitical aid (India-Pakistan rivalry). Competition drivers include economic scarcity, opaque management, and absent regional mechanisms; Taliban policies (post-2021) emphasize nationalized water control without infrastructure destruction. Satellite data (2019–2021) confirm vegetation loss and siltation, heightening Zahedan's supply risks amid 42% informal settlements and industrial demands.

### Conclusion

Zahedan's water security is structurally undermined by climate-induced basin unreliability (rising heat/droughts) and Afghanistan's unilateralism, threatening food, economic, ecological, and national security. Mitigation demands integrated strategies: (1) climate-adaptive planning via CRU/SPEI scenarios; (2) revitalized Helmand diplomacy with joint monitoring and international arbitration; and (3) urban resilience through diversification, recycling, and governance reform. This transdisciplinary lens positions water security as a regional imperative, transformable from threat to stability via cooperative, forward-looking policies.

**Key words:** Water security, hydro-politics, climate change, Helmand River basin, Zahedan, resilience.

## References

- Abbaszadeh, M. (2020). Climate change and its impact on border disputes with emphasis on shared water resources (Master's thesis). Ferdowsi University of Mashhad. (*In Persian*)  
<https://ganj.irandoc.ac.ir/>
- Ahmadi, A, Noorali, H., Campana, M. and Barroudi, M. (2023). Analyzing the hydropolitical tensions of the Hirmand/Helmand River through the evaluation of land use changes using the SVM method. *Human Geography Research*, 55(4), 225-243. (*In Persian*)  
[Doi:10.22059/jhgr.2023.342511.1008486](https://doi.org/10.22059/jhgr.2023.342511.1008486)
- Ahmadzai, S. J., & Shroder, J. F. (2016). *Transboundary water resources in Afghanistan: Climate change and land-use implications*. Elsevier.
- Azam, G. F. (1999). *The effects of local, regional and global politics on the development of the Helmand-Arghandab Valley of Afghanistan* (Ph.D. thesis). University of London, School of Oriental and African Studies.
- Badiee Azendahi, M., Rahimi Herabadi, S. and Godarzi Mehr, S. (2011). The Role of Morphological Changes Hirmand Border River in Political Relations of Iran and Afghanistan. *Human Geography Research*, 43(4), 197-220. (*In Persian*)  
[https://jhgr.ut.ac.ir/article\\_24519.html](https://jhgr.ut.ac.ir/article_24519.html)
- Bakhshi Shadmehri, F., Zarghani, S. H. and Dadashi Roudbari, A. (2025). Assessment of water security in the Metropolis of Mashhad in light of climate change and hydropolitical relations in the Harirud Basin. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 34(135), 143-162. (*In Persian*)  
[Doi: 10.22131/sepehr.2025.2069413.3150](https://doi.org/10.22131/sepehr.2025.2069413.3150)
- Bastaminia A, Rezaie M R, Saraie M H. (2016). Explaining and Analyzing the Concept of Resiliency and its Indicators and Frameworks in Natural Disasters. *Disaster Prev. Manag. Know.* 6(1):32-46. (*In Persian*)  
<http://dpmk.ir/article-1-38-fa.html>.
- Deanat, M., Dorj, H, Ghaderi, I. (2019). Influence of the hydro-polytechnic on the political relations between Iran and the Kurdistan region of Iraq, *Journal of Political Research in Islamic World*, 9(2), 131-158. (*In Persian*)  
<https://www.magiran.com/p2037362>
- Dehghani Firoozabadi, S. J. and Damanpak Jami, M. (2017). Economic Diplomacy of the Islamic Republic of Iran; Assessing 25 - year economic relations between Iran and Central Asian Republics. *Central Asia and The Caucasus Journal*, 22(96), 25-66.  
[https://ca.ipisjournals.ir/article\\_24384.html?lang=en](https://ca.ipisjournals.ir/article_24384.html?lang=en)
- Ebrahizadeh, E. and kazemeizad, S. (2014). Satisfaction Evaluation and the Role of Citizen Participation in Municipal Infrastructure Projects Case Study: Zahedan Municipality Dr. Issa Ibrahimzadeh Associate Professor of Urban Planning Geography University of Sistan and Baluchestan Shamsollah Kazemizad M.Sc of Urban Planning Geography University of Sistan and Baluchestan. *Geography and Development*, 11(30), 1-22. (*In Persian*)  
[Doi: 10.22111/gdij.2014.238](https://doi.org/10.22111/gdij.2014.238)
- Ecopeace Middle East. (2022). Climate change as a threat multiplier: Water scarcity and conflict in the Middle East. Ecopeace Middle East Organization.  
<https://ecopeaceme.org/wp-content/uploads/2022/03/the-climate-crisis-and-the-changing-security-environment-of-the-middle-east.pdf>
- EuropeanWaterResourcesManagement, EWRA2005.  
[https://www.researchgate.net/publication/230557733 Transitions to Adaptive Water Management The New Water Project](https://www.researchgate.net/publication/230557733_Transitions_to_Adaptive_Water_Management_The_New_Water_Project)

- Favre, R, Kamal, G.M.(2004). Watershed Atlas of Afghanistan; Ministry of Irrigation: Kabul, Afghanistan.  
[http://aizon.org/watershed\\_atlas.htm](http://aizon.org/watershed_atlas.htm).
- Feyzolahpour, M. (2025). Change in the area of dams in western Afghanistan and its impact on the water resources of the Zabol Chahnime in a period of 30 years using the TM sensor of the Landsat 5 satellite and the OLI and TIRS sensors of the Landsat 8 satellite. *Hydrogeomorphology*, 12(42): 1 –19. *(In Persian)*  
DOI: [10.22034/hyd.2024.59359.1712](https://doi.org/10.22034/hyd.2024.59359.1712)
- Fotoohi, S; Negaresh, H & Hatami Hadad, N. (2022). Detecting Morphological Changes in Hirmand River from Roodbar Afghanistan to Hamoon Sistan. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 12 (44), 117-122. *(In Persian)*  
DOI: [doi.org/ 10.22111/GAIJ.2022.34681.2786](https://doi.org/10.22111/GAIJ.2022.34681.2786)
- Ghoreishi, S. Z., Mianabadi, H. and Hajiani, E. (2020). The Dimensions of Hydraulic Mission in Turkey's Hydropolitics. *Iran-Water Resources Research*, 16(1), 304-331.  
DOI: [20.1001.1.17352347.1399.16.1.21.5](https://doi.org/20.1001.1.17352347.1399.16.1.21.5)
- Hafeznia, M. R. (2011). Principles and concepts of geopolitics [Book]. Mashhad, Iran: Papoli Publications. *(In Persian)*
- Haji Hoseini, M. , Haji Hoseini, H. , Morid, S. and Delavar, M. (2015). Assessment of the Effect of land-Use Changes on Streamflow in Helmand Transboundary Basin During 1990 to 2012 Using Remote Sensed Data & SWAT Model. *Iran-Water Resources Research*, 11(1), 73-86. *(In Persian)*  
[https://www.iwrr.ir/article\\_13711.html?lang=en](https://www.iwrr.ir/article_13711.html?lang=en)
- Julien, F. (2012). Hydropolitics is What Societies Make of it (or Why we Need a Constructivist Approach to the Geopolitics of Water). *Sustainable Society*, 4(1), 45–71
- Khalili, M. and Hashemi, S. (2018). *International Quarterly of Foreign Relations*, 9(4), 31-61. *(In Persian)*  
DOI: [20.1001.1.20085419.1396.9.4.2.9](https://doi.org/20.1001.1.20085419.1396.9.4.2.9)
- Khosravani, A. and Tohidfam, M. (2020). Turkmenistan's Policy on Water Resources in Hydropolitics of Central Asia. *Central Asia and the Caucasus Journal*, 26(109), 1-31. *(In Persian)*  
[https://ca.ipisjournals.ir/article\\_45665.html?lang=en](https://ca.ipisjournals.ir/article_45665.html?lang=en)
- King, M, Sturtewagen, B. (2010). Making the Most of Afghanistan's River Basins Opportunities for Regional Cooperation. United States.: The EastWest Institute. *Journal of Water Resource and Protection*, 10(10), 1-13.  
[https://www.files.ethz.ch/isn/113057/2010-02\\_Making-the-most-of-Afghanistans.pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/113057/2010-02_Making-the-most-of-Afghanistans.pdf)
- Loodin, N., Eckstein, G., Singh, V. P., & Sanchez, R. (2024). The role of data sharing in transboundary waterways: The case of the Helmand River Basin. In K. Szálkai & M. Szalai (Eds.), *theorizing transboundary waters in international relations* (pp. 165-194).  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-43376-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43376-4_10)
- McDonald, R. I., Green, P., Balk, D., Fekete, B. M., Revenga, C., Todd, M., & Montgomery, M. (2011). Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(15), 6312–6317.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1011615108>
- Mianabadi, H. and Ghoreishi, S. Z. (2022). Realism and Liberalism Paradigms in Hydro-political Interactions. *Geopolitics Quarterly*, 18(1), 150-186. *(In Persian)*  
DOI: [20.1001.1.17354331.1401.18.65.6.2](https://doi.org/20.1001.1.17354331.1401.18.65.6.2)
- Movlaie, A., Aviani Rad, M. , Rabiee, H. and Ahmadi, V. (2021). The Effect of Water Shortage in South-West Asia on the Zionist Regime Territoriality. *Strategic Studies Quarterly*, 24(2), 105-141. *(In Persian)*  
DOI: [20.1001.1.17350727.1400.24.92.4.8](https://doi.org/20.1001.1.17350727.1400.24.92.4.8)

- Pahl-Wostl, C., Möltgen, J., Sendzimir, J. And Kabat, P. (2005). New methods for adaptive water management under uncertainty: The newwater project. EWRA 141A, Proc. 6th Intl Conf.
- Sargazi, Z. S. (2015). The Status of Hirmand in the Political and Economic Geography of Sistan in Pahlavi Era. *Tahqiqāt-e Târix-e Eqtesâdi (Economic History Studies of Iran)*, 3(2), 31-50. *(In Persian)*  
[https://economichistory.ihcs.ac.ir/article\\_1457.html?lang=fa](https://economichistory.ihcs.ac.ir/article_1457.html?lang=fa)
- Sargazi, Z., Shokouhi, M. A. and Rahnama, M. R. (2025). Analyzing the Consequences of Urban Policymaking on the Physical Expansion of Zahedan City with the Approach of Commodification of Urban Space. *Geography and Development*, 23(81), 89-120. *(In Persian)*  
[Doi: 10.22111/gdij.2025.51152.3720](https://doi.org/10.22111/gdij.2025.51152.3720)
- Shokri, A., Moftakhari, H. and Hosseini, M. (2022). The historical problem of Helmand and solutions to reduce the challenges caused by it. *Journal of Historical Researches of Iran and Islam*, 16(30), 293-320. *(In Persian)*  
[Doi: 10.22111/jhr.2021.37269.3053](https://doi.org/10.22111/jhr.2021.37269.3053)
- Teimoori, S., Ebrahimzadeh, I. and Rezaei, E. (2024). Explaining the model of urban management in Water-Sensitive cities: the case study of Zahedan city. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 12(3), 61-82. *(In Persian)*  
[Doi: 10.22059/jurbangeo.2024.360319.1830](https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.360319.1830)
- United Nations Development Programme in the Arab States (UNDP). (2020). Climate change and political instability in the Middle East and North Africa. UNDP Regional Bureau for Arab States.  
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Arab-States-CCA.pdf>
- Verij kazemi, M. (2020). Helmand Hydropolitical role in ethnic crises in Sistan and Baluchestan. *Geography and Human Relationships*, 3(2), 143-164. *(In Persian)*  
[Doi: 10.22034/gahr.2020.247844.1443](https://doi.org/10.22034/gahr.2020.247844.1443)
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *467(7315)*, 555–561.  
<https://doi.org/10.1038/nature09440>
- Wang, C. H., Blackmore, J., Wang, X., Yum K.K., Zhou, M., Diaper, C., McGregor, G., Anticev, J. (2009). Overview of resilience concepts with application to water resource systems. Ewater Technical Report. September 2009.  
<http://ewatercrc.com.au/reports/ResilienceConcepts.pdf>
- Yousefzahi, N., Farzanehpour, H. and Bakhshi, A. (2018). THE PATHOLOGY OF IRAN-AFGHANISTAN RELATIONS FROM POLITICAL ECONOMY PERSPECTIVE (2001-2018). *Research Letter of Political Science*, 13(2), 187-224. *(In Persian)*  
[DOI: 20.1001.1.1735790.1397.13.2.7.1](https://doi.org/10.22001.1.1735790.1397.13.2.7.1)
- Zeitoun M., & Mirumachi, N., (2008). Transboundary water interaction I: reconsidering conflict and co-operation. *Int Environ Agreements* 8 (4):297–316.



## امنیت آب کلان‌شهر زاهدان در پیوند تغییر اقلیم و هیدروپلیتیک فرامرزی حوضه هیرمند

فاطمه بخشی شادمهری<sup>۱</sup>، سیدهادی زرقانی<sup>۲\*</sup>، عباسعلی داداشی رودباری<sup>۳</sup>

### مقاله پژوهشی

#### چکیده

امنیت آب، به‌عنوان یکی از ابعاد بنیادین امنیت انسانی در دهه‌های اخیر و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به مسئله‌ای راهبردی و چندبعدی تبدیل شده است. کلان‌شهر زاهدان، به‌دلیل قرارگیری در اقلیم خشک، رشد سریع جمعیت، گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی و وابستگی منابع تأمین آب شهری به منابع برون‌مرزی (انتقال آب از چاه‌نیمه‌های زابل به زاهدان)، با سطح بالایی از آسیب‌پذیری آبی مواجه است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی جامع امنیت آب کلان‌شهر زاهدان، تأثیرات هم‌زمان تغییر اقلیم و مناسبات هیدروپلیتیکی حوضه آبریز فرامرزی هیرمند را بر پایداری منابع آب این شهر مورد بررسی قرار می‌دهد. روش تحقیق از نوع کاربردی و مبتنی بر رویکرد ترکیبی (کمی-کیفی) است. در بخش اقلیمی، از داده‌های پایگاه «CRU» و شاخص استاندارد بارش-تبخیر-تعرق (SPEI) در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۲ به‌منظور تحلیل روندهای دما، بارش و خشکسالی در حوضه هیرمند استفاده شده است. در بخش هیدروپلیتیکی، با روش تحلیل محتوای کیفی، به بررسی معاهده ۱۳۵۱، اسناد و گزارش‌ها درخصوص سیاست‌ها و اقدامات زیرساختی افغانستان به‌عنوان کشور بالادست و تحلیل فضایی-ژئوپلیتیکی روابط دو کشور پرداخته شده است. یافته‌های اقلیمی نشان می‌دهد که حوضه هیرمند طی سه دهه اخیر، با افزایش معنادار دما، کاهش تدریجی بارش و تشدید فراوانی و شدت خشکسالی‌ها مواجه بوده است؛ به‌گونه‌ای که به‌ازای هر دهه، بارش در کلان‌شهر زاهدان ۷٫۹۴ میلی‌متر کاهش یافته است؛ روندی که ظرفیت طبیعی حوضه برای تأمین پایدار آب را به‌شدت تضعیف کرده و وابستگی مناطق پایین‌دست، به‌ویژه زاهدان را به آورده‌های ناپایدار رودخانه افزایش داده است. از سوی دیگر، تحلیل هیدروپلیتیکی، حاکی از غلبه الگوی رقابت و هیدروهمژمونی در مناسبات ایران و افغانستان است. توسعه سدها و طرح‌های انحرافی نظیر سد کمال‌خان، همراه با ضعف سازوکارهای اجرایی معاهده ۱۳۵۱ هیرمند، فشار مضاعفی بر امنیت آب زاهدان وارد کرده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ناامنی آب زاهدان حاصل برهم‌کنش پیچیده عوامل طبیعی (تغییر اقلیم) و انسانی-سیاسی (هیدروپلیتیک) است و تداوم آن می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای برای امنیت غذایی، اجتماعی، اقتصادی و ملی به‌همراه داشته باشد.

جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای  
تابستان ۱۴۰۵، سال ۱۶، شماره ۵۹  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸  
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۰  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸  
انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵  
صفحات: ۵۶-۲۹



واژه‌های کلیدی:  
امنیت آب، هیدروپلیتیک، تغییر اقلیم، حوضه آبریز هیرمند، زاهدان، تاب‌آوری.

#### مقدمه

امنیت در مفهوم گسترده خود، به‌مثابه یکی از بنیادین‌ترین حقوق بشر، همواره مورد توجه جوامع بین‌المللی بوده است. در این میان، تأمین آب پایدار برای بخش‌های مختلف یک واحد جغرافیایی، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی، نقشی تعیین‌کننده در امنیت واحدهای سیاسی و فضاهای انسانی ایفا می‌کند. آب، به‌عنوان حیاتی‌ترین و محوری‌ترین عنصر برای بقای بشر، نه‌تنها منبعی راهبردی و محدودکننده برای توسعه اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌شود، بلکه به‌مثابه عاملی مهم و گران‌بها، در شکل‌دهی به مناسبات و اگراییانه یا همگراییانه میان دولت‌ها

۱- دانش‌آموخته دکتری جغرافیای سیاسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد جغرافیای سیاسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)

۳- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

fa.bakhshi@alumni.um.ac.ir

h-zarghani@um.ac.ir

Dadashiabbasali@gmail.com

و کشورها نیز نقش آفرینی می‌کند. داده‌ها نشان می‌دهند که منابع محدود آب شیرین در واحدهای سیاسی-فضایی با روندی کاهنده مواجه‌اند. این در حالی است که عواملی چون: فرایند صنعتی‌شدن، تلاش برای تأمین امنیت غذایی، افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، به‌طور فزاینده‌ای بر میزان تقاضا و مصرف آب افزوده‌اند (مولایی و همکاران، ۱۴۰۰:۱۰۶). آب یکی از عوامل محدودکننده زندگی در کره زمین است و به‌عنوان یک منبع ارزشمند باید ارزیابی، نظارت و محافظت شود. این درحالی‌است که امروزه از یک‌سو، به‌دلیل رشد سریع شهرنشینی و از سوی دیگر، به‌دلیل تغییرات اقلیمی، در منابع آب قابل استفاده در شهرهای ایران، تغییرات زیادی ایجاد شده است (تیموری و همکاران، ۱۴۰۳:۷۱). کمبود منابع آب و نزدیک‌شدن این چالش به نقطه بحران، کشورهای مختلف، به‌ویژه آن دسته از کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان را بر آن داشته است تا در سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های راهبردی خود، توجهی ویژه به مسئله منابع آبی داشته باشند (دیانت و همکاران، ۱۳۹۸:۱۳۲). افزون بر این، در دهه‌های اخیر، تغییر اقلیم نیز بر شدت تنگناهای موجود در عرصه منابع آب دامن زده است. مجموعه این عوامل و چالش‌ها، زمینه‌ساز ظهور و گسترش مفهوم هیدروپلیتیک و توسعه ابعاد روش‌شناختی و معرفت‌شناختی آن شده است (مولایی و همکاران، ۱۴۰۰:۱۰۹). درک این پویایی‌ها برای ارزیابی امنیت آب به‌ویژه در مقیاس‌های شهری که با تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی روبه‌رو هستند، از اهمیت بسزایی برخوردار است. آب، به‌عنوان عنصری حیاتی، پیوندی ناگسستنی با امنیت غذایی، انرژی، رشد اقتصادی و امنیت انسانی دارد و کمبود آن می‌تواند زمینه‌ساز منازعات و جنگ‌هایی با پیامدهای وخیم برای امنیت انسانی و محیط‌زیست باشد. عصر حاضر را می‌توان سرآغاز بحرانی دانست که آب، عامل بنیادین آن را تشکیل می‌دهد. بحران کم‌آبی که امروزه گستره وسیعی از کره زمین را دربرگرفته، آسیب‌ها و تهدیدهای جدی را برای جوامع بشری به‌همراه داشته است. امنیت آب، تحت فشار فزاینده عواملی چون: رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی، آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی ناشی از فعالیت‌های انسانی، بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و چالش‌های ناشی از تغییر اقلیم قرار دارد. در این میان، شهرها به‌مثابه کانون‌های تحولات جهان معاصر، در خط مقدم این چالش‌ها قرار گرفته‌اند. بر اساس ارزیابی پژوهشگران مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT)، بیش از نیمی از جمعیت ۹٫۷ میلیارد نفری جهان در سال ۲۰۵۰ در مناطقی با تنش آبی زندگی خواهند کرد؛ عاملی که در ترکیب با فقر، تخریب محیط‌زیست و ضعف‌های نهادی، وضعیت را بغرنج‌تر می‌سازد (خسروانی و توحیدفام، ۱۳۹۹:۷). یکی از متغیرهای کلیدی در بحرانی‌ترشدن وضعیت امنیت آب، تغییر اقلیم است. شواهد متعددی نشان می‌دهد که تغییرات اقلیم، پیامدهای نامطلوبی برای بخش وسیعی از جهان به‌همراه خواهد داشت. تأثیرات تغییر اقلیم به شیوه‌ای یکسان یا هم‌زمان پدیدار نمی‌شود؛ برخی ناگهانی و برخی دیگر به تدریج و به‌طور مداوم ظاهر می‌شوند و حتی ممکن است تأثیرات متعددی به‌طور هم‌زمان و در ترکیبات مختلف رخ دهند. کلان‌شهرها، به‌عنوان نقاط گرهی در سیستم جهانی، تحت تأثیر مجموعه‌ای از تحولات کلان در مقیاس‌های محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی قرار دارند. تغییر اقلیم جهانی، ویژگی‌های جغرافیایی خاص کلان‌شهرها، مسائل زیست‌محیطی و کمبود آب‌های زیرزمینی از یک‌سو و سیاست‌های بین‌المللی و دیپلماسی آب با کشورهای همسایه از سوی دیگر، شرایط ویژه‌ای را برای امنیت آب در کلان‌شهرهایی نظیر زاهدان رقم زده است. در حوزه منابع آب مشترک و فرامرزی، همکاری و توافق میان کشورهای همسایه از اهمیت حیاتی برخوردار است، زیرا بدون چنین فرایندی، تداوم صلح و امنیت منطقه‌ای با تهدید مواجه خواهد شد.

شهر زاهدان با آب و هوای گرم و خشک، شاهد ورود مهاجران از مناطق روستایی استان و سایر استان‌ها و همچنین عدم وجود زیرساخت‌های اشتغال بوده و وجود مراکز حاشیه‌نشین متعدد، باعث به وجود آمدن تراکم بیش از حد جمعیت در مناطق مختلف شهر شده است؛ بنابراین، طی دو دهه گذشته، مشکلات متعددی در زمینه تأمین آب شهری این شهر، مانند کمبود منابع عرضه از یک طرف و افزایش سرانه مصرف و نرخ مهاجرپذیری بسیار بالا از طرف دیگر ایجاد شده است. از طرفی، متوسط بارندگی در این شهر، طی یک دهه اخیر (۱۳۹۰-۱۴۰۰) کمتر از ۷۰ میلی‌متر می‌باشد (اداره کل هواشناسی سیستان و بلوچستان، ۱۴۰۰) که نشانگر خشکسالی در این شهر است. از سوی دیگر، طی دهه‌های اخیر جمعیت این شهر افزایش شدیدی داشته است. از یک سو، هجوم روستاییان و شکل‌گیری شهر در دهه‌های گذشته و از سوی دیگر، مهاجرت اتباع افغانستان به این شهر، سبب شده شهر زاهدان به ناگاه پذیرای جمعیتی زیادی گردد؛ از این رو، رشد فزاینده جمعیت و امکانات نامناسب اقتصادی، سبب شکل‌گیری بافت‌های اسکان غیررسمی در این شهر شده است. پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آتی، افزایش جمعیت، شتاب رشد تقاضای آب، خشکسالی و تغییر اقلیم، تأمین آب کشور را بیش از پیش به منابع آب برون‌سرزمینی و حوضه‌های مشترک با همسایگان وابسته‌سازد. با توجه به ویژگی‌های خاص جغرافیایی کلان‌شهر زاهدان، مسائل زیست‌محیطی ناشی از تغییر اقلیم، وابستگی به تأمین آب از منابع مشترک مرزی، تنش‌های بالقوه بر سر این منابع، عدم تضمین پایداری منابع آبی و رشد جمعیتی، زمینه برای بروز کشمکش‌ها فراهم‌تر خواهد شد. نگرش خطی به مدیریت منابع آب، رویکردهای کوتاه‌مدت به مفهوم آب و عدم اتخاذ راهبردهای اساسی در کنار تحولات بین‌المللی و افزایش تقاضا، تهدیدی جدی برای امنیت آب این کلان‌شهر محسوب می‌شود؛ از این منظر، ضرورت توجه به ارزیابی و سنجش دقیق‌تر امنیت آب، با تأکید بر دو مؤلفه اثرگذار تغییر اقلیم در حوضه آبریز هیرمند (به‌عنوان منبع تأمین آب سد کمال‌خان و چاه‌نیمه‌های سیستان) و سیاست‌های آبی کشورهای همسایه ایران و افغانستان، به‌وضوح قابل درک است. تضمین امنیت آب شهری، چالشی فوری است که در صورت عدم توجه کافی، می‌تواند امنیت غذایی، اقتصادی، اکولوژیکی و ملی را به‌مخاطره اندازد. امنیت آب به یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاران و دولت‌ها تبدیل شده و به‌عنوان یک مفهوم کلیدی، طی دو دهه گذشته در مجموعه گسترده‌ای از مطالعات و مباحثات مورد توجه فزاینده قرار گرفته و به الگویی رایج در میان محققان، شرکای توسعه و سیاست‌گذاران متمرکز بر ارزش‌افزوده به مدیریت آب شهری بدل شده است (Vorosmarty, 2010:557). هدف اصلی این پژوهش، مطالعه و ارزیابی جامع امنیت آب شهری زاهدان با تأکید بر تحلیل نظام‌مند تأثیرات متقابل تغییر اقلیم و سیاست‌های هیدروپلیتیکی افغانستان بر پایداری منابع آب این کلان‌شهر می‌باشد. تضمین امنیت آب شهری، چالشی فوری است که در صورت عدم توجه کافی، می‌تواند امنیت غذایی، اقتصادی، اکولوژیکی و ملی را به‌مخاطره اندازد. با توجه به این که امنیت آب به یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاران تبدیل شده و این اولویت‌بندی در زمینه منابع مشترک بین‌المللی با حساسیت و پیچیدگی بیشتری مطرح است، پرداختن به این مسئله مستلزم پژوهش‌های بین‌رشته‌ای با در نظر گرفتن تعامل و بازخورد مؤلفه‌های گوناگون می‌باشد.

پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیرات گسترده تغییر اقلیم بر ابعاد مختلف زندگی بشر صورت گرفته است و تعدادی از این پژوهش‌ها بر منطقه جنوب غرب آسیا متمرکز است. در ادامه مطلب، به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود:

هسیانگ و همکاران (۲۰۱۳) با تحلیل‌های کمی، ارتباط قابل اعتمادی میان تغییرات آب‌وهوایی و درگیری‌های انسانی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی در سراسر جهان یافته‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که کاهش منابع آب و تغییرات اقلیمی می‌تواند محرکی برای تنش‌های چندسطحی باشد.

مکدونالد و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و سناریوهای تغییر اقلیم، پیش‌بینی کردند که حدود ۱۵۰ میلیون نفر در شهرهای درحال توسعه جهان با کمبود دائمی آب مواجه خواهند بود و این موضوع می‌تواند به تنش و درگیری‌های شهری منجر شود.

بازرکار و همکاران (۲۰۱۳) با رویکرد سیستم‌های دینامیک، مطالعه‌ای جامع بر حوضه فرامرزی هیرمند بین ایران و افغانستان انجام دادند و نشان دادند که تغییرات اقلیمی، منابع آب، خاک، جمعیت و سیاست‌ها به‌طور پیچیده‌ای درهم تنیده‌اند و برنامه‌ریزی توسعه بدون توجه به محدودیت‌های آبی امکان‌پذیر نیست.

همچنین، گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی و منطقه‌ای نیز نشان‌دهنده تأثیرات عمیق و گسترده تغییر اقلیم بر ابعاد مختلف زندگی انسان است. گزارش موسسه صلح خاورمیانه نیز نشان می‌دهد چگونه تغییرات اقلیمی فشار بر منابع آب در خاورمیانه را افزایش می‌دهد؛ منطقه‌ای که پیش از این با کمبود شدید آب مواجه بوده است. این گزارش، تغییرات اقلیمی را به‌عنوان «ضریب تهدید» معرفی می‌کند که تنش‌ها بر سر منابع آب مشترک مانند رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی را تشدید می‌کند. فقدان توافقات پایدار برای مدیریت منابع آبی مشترک، خطر درگیری را به‌ویژه بین کشورهایمانند اسرائیل و فلسطین، ایران و افغانستان و عراق و سوریه افزایش می‌دهد (Ecopeace Middle East, 2022). گزارش برنامه توسعه سازمان ملل متحد در سال ۲۰۲۰ نیز به بررسی ارتباط بین تغییرات اقلیمی و بی‌ثباتی سیاسی در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا می‌پردازد. این گزارش، نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی با کاهش امنیت غذایی و آبی، آسیب‌پذیری‌های موجود را تشدید کرده و می‌تواند موجب ناآرامی‌های اجتماعی و تشدید درگیری‌ها شود. با این حال، تأکید می‌کند که تغییرات اقلیمی به‌تنهایی عامل جنگ نیست، بلکه با ضعف‌های حکومتی و تنش‌های اجتماعی-سیاسی تعامل دارد (UNDP, 2020). جمع‌بندی پژوهش‌های مذکور نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی تأثیرات عمیق و چندبعدی بر درگیری‌های انسانی، امنیت منابع آب، مهاجرت و حتی درگیری‌های مسلحانه دارد. مطالعات علمی ارتباط قابل توجهی میان تغییرات آب‌وهوایی و افزایش تنش‌های انسانی در سطوح مختلف زمانی و مکانی را نشان داده‌اند. به‌طور کلی، رابطه بین تغییرات اقلیمی و درگیری‌ها، رابطه‌ای پیچیده و غیرمستقیم است که در صورت وجود عوامل زمینه‌ای مانند ضعف حکومتی، فقر و تنش‌های اجتماعی-سیاسی، اثرات آن شدت می‌یابد. پژوهش‌های مرتبط با منطقه جنوب غرب آسیا نیز مبین آن است که تغییرات اقلیمی با تأثیر بر منابع آب و کشاورزی، امنیت غذایی و معیشت جوامع مرزی را تحت فشار قرار داده و این فشارها می‌تواند به افزایش درگیری‌ها و بی‌ثباتی سیاسی در مناطق مرزی جنوب غرب آسیا منجر شود.

رقابت و کشمکش برای آب در سطوح مختلف محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی انجام می‌شود. هیدروپلیتیک به مطالعه نقش آب در روابط و کشمکش‌های گروه‌های انسانی، ملت‌ها و دولت‌ها می‌پردازد، چه در داخل کشورها و چه ابعاد فراکشوری، منطقه‌ای، جهانی و بین‌المللی داشته باشد (حافظ‌نیا، ۱۰۲: ۱۳۹۰). سیاست‌های آب که

<sup>1</sup> Hsiang

<sup>2</sup> McDonald

هیدروپلیتیک نامیده می‌شود، سیاست‌هایی است که بر در دسترس بودن آب و منابع آب تأثیر دارد. این اصطلاح که اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط واتربری ابداع شده است، می‌تواند به پتانسیل منازعه و خشونت فوران شده برای آب-های بین‌المللی مرتبط باشد. واتربری معتقد است: هیدروپلیتیک تعامل جغرافیا با روابط بین‌الملل است به گونه‌ای که موقعیت یک کشور در حاشیه یک حوضه آبریز بین‌المللی بر چگونگی تعامل آن‌ها با دیگر کشورهای واقع در حاشیه حوضه تأثیری گذارد (بخشی و همکاران، ۱۴۰۴: ۱۵۱). سیاست کشورها درباره چگونگی بهره‌برداری از منابع مشترک آبی می‌تواند موجب همکاری و همگرایی یا اختلاف و واگرایی آن‌ها شود و مناسبات هیدروپلیتیکی مختلفی را ایجاد نماید. در طول تاریخ، پارادایم‌های متفاوتی برای تبیین ماهیت مناسبات هیدروپلیتیک وجود داشته است. از اوایل دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بازتاب نظریات پارادایم رئالیسم و نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ بازتاب نظریات پارادایم لیبرالیسم وارد مباحث هیدروپلیتیکی شدند (Julien, 2012:46). اگرچه پارادایم‌های رئالیسم و لیبرالیسم دو دیدگاه متضاد را ارائه می‌دهند، اما واقعیت نشان می‌دهد که مناسبات آبی بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان آن‌را صرفاً با یک لنز تفسیر کرد. در بسیاری از موارد، همکاری و رقابت به‌طور همزمان در حوزه‌های آبریز مشترک وجود دارد.

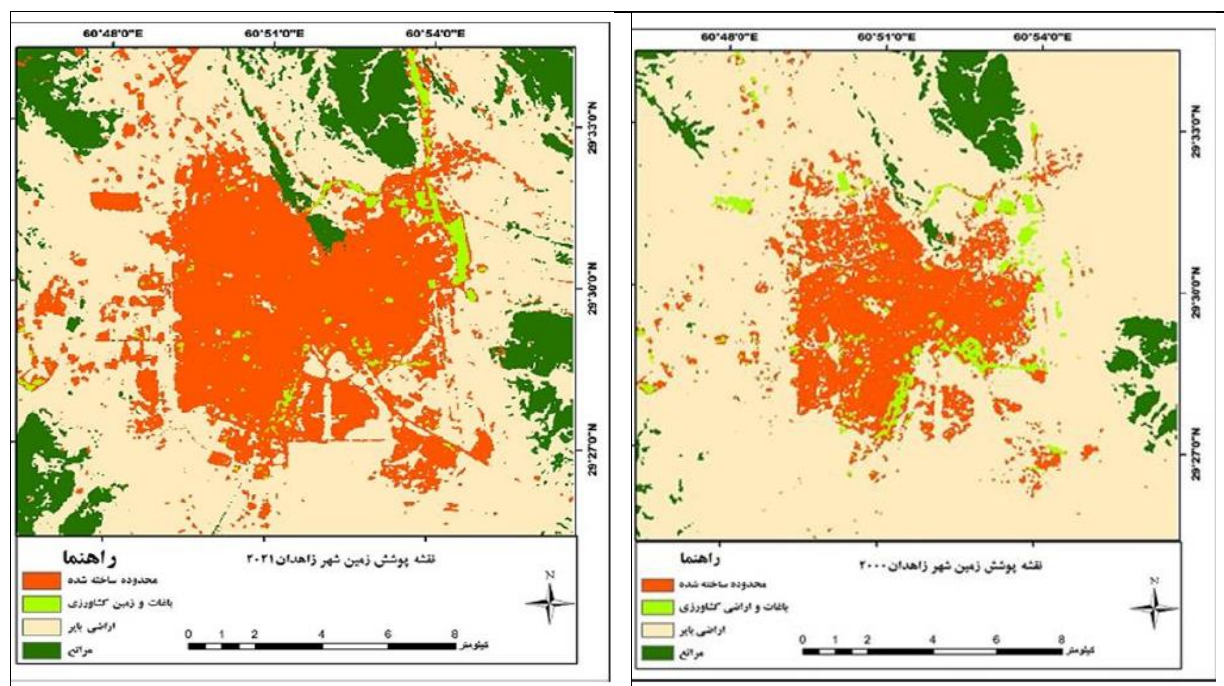
عواملی مانند: موقعیت جغرافیایی، توزیع نامتوازن منابع، تغییرات اقلیمی و عوامل سیاسی و اجتماعی بر این مناسبات تأثیری گذارند. ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت است که الزاماً هر مناقشه‌ای بد نیست هر همکاری هم لزوماً خوب و مثبت نیست (zeitoun & Mirumachi, 2008:309). تغییر اقلیم، یک مسئله محیطی و جهانی است که نگرانی بسیاری از کشورها را به دنبال داشته است. برخی معتقدند اگر چه تخریب و آلودگی محیط زیست موجب تهدید حیات در زمین شده است، اما برای بشر، تغییر اقلیم رتبه اول را دارد؛ چرا که از دهه‌های پایانی سده بیست برای نخستین بار تهدیداتی که جامعه انسانی را دچار چالش کرده بود، در وجه تازه‌ای ظاهر شده، به گونه‌ای که گستره آن از مرز دولت‌ها گذشته و بنیاد جوامع انسانی را در معرض تهدید قرارداد. اهمیت مسئله تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر مورد توجه بیشتر کشورهای در حال توسعه که در کمربند خشک جهان واقع اند، قرار گرفته است (عباس‌زاده، ۱۳۹۹: ۳). تغییرات در دما و بارش موجب تغییر در چرخه آب شده و منابع آب شیرین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این امر می‌تواند منجر به افزایش تنش‌های آبی در مناطق مختلف و تشدید رقابت‌های سیاسی و اقتصادی بر سر منابع آب شود و این موضوع نقاط شهری که منابع تأمین آب‌شان مورد تنش آبی قرار گرفته است را وارد بحران می‌کند و مبحث تاب‌آوری شهری را ارتقا می‌بخشد. تاب‌آوری دارای ابعاد مختلف اکولوژی، اجتماعی، اقتصادی، سازمانی، کالبدی- زیرساختی و صلاحیت اجتماعی است. به‌طور کلی دو نوع استراتژی برای مواجهه با سوانح طبیعی، شامل استراتژی‌های پیش‌بینی (روبروشدن با مشکلات و معضلات شناخته شده) و استراتژی‌های تاب‌آوری (مقابله با مشکلات ناشناخته) وجود دارد. در واقع تاب‌آوری به منزله ارتقای توانایی جامعه، برنامه‌ریزی و آمادگی برای جذب و بهبود و موفقیت بیشتر برای مقابله با اثرات ناخواسته سوانح و ترمیم و بهبود جامعه ساخته- دیده از لحاظ اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی است. تاب‌آوری شهری و کاهش خطر از منظر توسعه پایدار را می‌توان در ابعاد سیاسی- نهادی، محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و تعریف و ارزیابی کرد (بسطامی- نیا، ۱۳۹۵: ۳۴). امروزه دستیابی به توسعه پایدار منابع آب به شکل گسترده‌ای با مفهوم تاب‌آوری گره خورده است. بر مبنای تعریف تاب‌آوری منابع پایدار آب را می‌توان سیستم‌های معرفی کرد که دارای ظرفیت کافی برای تقلیل آثار نامطلوب اختلال باشند (Wang et al, 2009)؛ بنابراین چنین سیستمی دارای ظرفیت بیشتر حمایت از کیفیت

محیط زیست و نیازهای انسان در ناپایداری آینده است. برخی از عوامل اختلال را در سیستم منابع آب عبارت‌اند از: تغییر اقلیم، سیلاب، خشکسالی، اقدامات بشری، بلایای طبیعی و آلودگی‌ها (Pahl- wostl et al, 2005).

## منطقه مورد مطالعه

### کلان‌شهر زاهدان

شهر زاهدان، مرکز شهرستان زاهدان و استان سیستان و بلوچستان در شرق ایران در نزدیکی مرز ایران با کشورهای افغانستان و پاکستان قرار دارد. این شهر از لحاظ موقعیت جغرافیایی، در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. ارتفاع شهر زاهدان از سطح دریا، ۱۳۷۸ متر است. این شهر، از مهمترین مراکز اداری، سیاسی، تجاری و نظامی در جنوب شرق ایران به حساب می‌آید و پیشینه‌ای حدوداً صدساله دارد (ابراهیم‌زاده و کاظمی‌زاد، ۱۳۹۲: ۷). شهر زاهدان به علت داشتن رشد طبیعی جمعیت، مهاجرپذیری، گسترش خدمات، برنامه‌های عمرانی مختلف و غیره، تحولات جمعیتی و کالبدی زیادی به خود دیده است؛ به طوری که طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۵ جمعیت شهر از ۱۷۵۰۰ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۵۸۷۷۳۰ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) و در سال ۱۴۰۴ با نرخ رشد ۰٫۵۸، روبه‌رو بوده است.



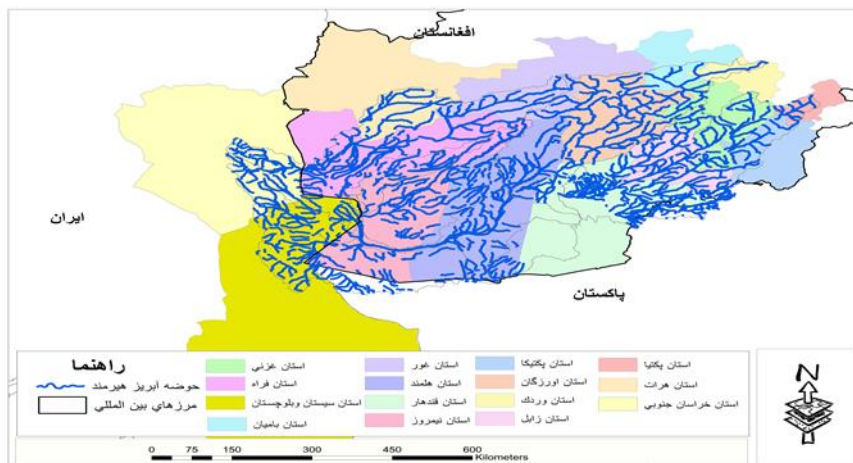
شکل ۱. الف: نقشه کاربری اراضی شهر زاهدان در سال ۲۰۰۰ ب: نقشه کاربری اراضی شهر زاهدان در سال ۲۰۲۱

منبع: (رهمنما و همکاران، ۱۴۰۲: ۹)

طبق نقشه فوق، محدوده ساخته شده شهر زاهدان از ۴۳٫۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۰ با افزایش تقریباً نزدیک به دو برابر به ۸۰٫۳۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۱ رسیده است.

## حوضه آبریز هیرمند

رودخانه هیرمند، یکی از مهم‌ترین منابع آبی در منطقه، با حوضه آبریز تقریبی ۶۱۳ هزار کیلومترمربع، از کوه‌های بابا در افغانستان سرچشمه می‌گیرد. حوضه رودخانه هیرمند نزدیک به ۴۰٪ از کل مساحت افغانستان را تشکیل می‌دهد. بر اساس مطالعات علمی اخیر، حدود ۸۹ درصد از مساحت حوضه آبریز هیرمند در افغانستان (بالادست)، ۹ درصد در ایران و ۲ درصد در پاکستان قرار دارد (Loodin et al., 2024:170). سرشاخه‌های هیرمند از ارتفاعات کوه پیمان در ۶۰ کیلومتری باختر کابل سرچشمه می‌گیرد. دلتای رودخانه هیرمند با وسعتی بالغ بر ۱۸۲۰۰ کیلومتر مربع، بخش پایینی این رودخانه را تشکیل می‌دهد که ۴۰ درصد آن در خاک ایران قرار دارد (شکری و همکاران، ۱۴۰۱:۲۹۷). هیرمند در محل کوهک، به دو شاخه اصلی تقسیم شده که یکی از این شاخه‌ها به نام رود سیستان، در ایران به دریاچه هامون می‌ریزد و دیگری که پریان مشترک نام دارد، قسمتی از مرز ایران و افغانستان را تشکیل می‌دهد که در نهایت به هامون پوزک در سرزمین افغانستان جاری می‌شود (فتوحی و همکاران: ۱۴۰۱:۱۲۹). حوضه رودخانه هیرمند از سرچشمه تا مصب آن در دریاچه هامون، از سه بخش تشکیل شده است: بخش علیای رودخانه و حوضه کوهستانی آن که منطقه وسیعی از شیب جنوبی ارتفاعات افغانستان واقع در بخش‌های نیمه مرکزی و جنوبی افغانستان را دربرمی‌گیرد؛ دو سد مخزنی عمده افغانستان، ارغنداب و کجکی در همین ناحیه احداث شده‌اند (شکری و همکاران، ۱۴۰۱:۲۹۸).



شکل ۲: موقعیت‌های جمعیتی در حوضه آبریز هیرمند به تفکیک استان

حوضه رود هیرمند، ۱۴ استان در کشور افغانستان و دو استان سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی در ایران را دربر گرفته است. رودخانه‌هایی همچون خاشرود، خسباس و فرارود در خاک افغانستان و حجم آب هیرمند می‌افزودند، اما امروزه به دلیل اقدامات غیراصولی افغانستان و خشکسالی، خشک شده‌اند (بدیعی و همکاران، ۱۳۹۰:۲۰۱). جریان رودخانه در طول مسیر خود توسط سه سد بزرگ؛ سدهای کجکی، دهلا و کمال خان کنترل می‌شود. علاوه بر این، جریان آب توسط بیش از ۱۵ مسیر منحرف می‌شود و در سال‌های اخیر آب‌ها و سیلاب این رودخانه به مسیر گودزره ریخته می‌شود. درحالی‌که حدود ۹۶ درصد از نیاز آبی سیستان در پایین دست حوضه آبریز هیرمند وابسته به آب ورودی از افغانستان است. رودخانه هیرمند در مسیر طبیعی و تاریخی خود، هامون‌های پوزک، صابری و هیرمند

را سیراب نموده و پس از آن، در صورت تأمین جریان، به سمت گودزره روان می‌شده است. این در حالی است که افتتاح سد کمال خان در سال ۱۴۰۰ برخلاف و نقض معاهده ۱۳۵۱ هیرمند، مسیر طبیعی رودخانه را مختل نمود و این امکان را به افغانستان داده است تا تمام آورد رودخانه هیرمند را به سمت گودال گودزره منحرف نماید (میان‌آبادی و قریشی، ۱۴۰۱: ۶۱). با از بین رفتن هامون‌ها، ارزش اقتصادی این پیکره آبی نابود شده است. با توجه به این‌که بیش از ۵۰ درصد جمعیت استان سیستان و بلوچستان در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، کسب درآمد و معیشت آن‌ها وابسته به انواع فعالیت‌های کشاورزی، دامی و شیلاتی است. با از بین رفتن تالاب‌های هامون و کاهش منابع آبی منطقه، حدود ۹۴ درصد جمعیت شاغل این استان واسطه‌گری مشغول شده‌اند زیرا تا پیش از این به پیشه کشاورزی مشغول بودند (وریج کاظمی، ۱۳۹۹: ۱۵۱). نوسانات آب هیرمند و هامون در پایین دست حوضه آبریز تبعات اقتصادی و اجتماعی نامطلوبی بر اکوسیستم سیستان تحمیل نموده که تعدیل ۵۰ درصدی اراضی کشاورزی، حذف حدود ۱۵۰۰۰ فرصت شغلی مرتبط با فرآیندهای اقتصادی هامون، افزایش طوفان و تهدید سلامت ساکنین، مشاغل کاذب، هجوم شن‌ها و ماسه‌های روان در سطح منطقه، توسط بادهای ۱۲۰ روزه و در نتیجه پُرشدن مسیر رودخانه هیرمند در نقاط مرزی ایران و افغانستان از شن و ماسه که به تغییر مسیر رودخانه و در آینده قطعاً موجب بروز مشکلات سیاسی بیشتری خواهد شد. به گونه‌ای که تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۱ با افزایش شدید خاک و کاهش محسوس آب و پوشش گیاهی نسبت به سال ۲۰۱۹ و قبل آن مواجه هستیم، به طوری که تنها آب باقی‌مانده در سیستان، چاه‌نیمه‌ها هستند و آب دریاچه‌ها کاملاً خشک شده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۳۷).

## داده و روش

### روش تحقیق

پژوهش حاضر از منظر هدف، یک تحقیق کاربردی است که برای ارزیابی جامع وضعیت منابع آب کلان‌شهر زاهدان از یک رویکرد ترکیبی (کمی و کیفی) بهره جسته است. انتخاب این رویکرد امکان تحلیل چندوجهی مسئله و دستیابی به نتایج عمیق‌تر و قابل اتکاتر را فراهم می‌سازد. بر این اساس، روش تحقیق برای پاسخگویی به دو پرسش محوری زیر طراحی شده است:

۱- تغییر اقلیم در حوضه آبریز هیرمند، به‌عنوان منبع تأمین آب سد کجکی، کمال خان و چاه‌نیمه‌های سیستان، در چه وضعیتی قرار دارد؟

۲- سیاست‌های هیدروپلیتیکی کشور افغانستان در حوضه هریرود چه تأثیری بر وضعیت منابع آب مشترک و امنیت آب زاهدان دارد؟

از آنجایی که این تحقیق مناسبات هیدروپلیتیکی و تغییر اقلیم را مورد بررسی قرار می‌دهد، لازم است تا اطلاعاتی درست از وضعیت اقلیمی گذشته داشت. از آنجایی که حوضه‌های آبریز مشترک ایران و افغانستان از نظر هیدروپلیتیکی بسیار پیچیده هستند و بیشتر منطقه مورد مطالعه این تحقیق در کشور افغانستان و مناطق کویری ایران قرار گرفته است، داده‌های ایستگاهی چندانی در دسترس نمی‌باشد. بر این اساس در این تحقیق برای فائق-آمدن بر مشکل حاضر از داده‌های CRU که در بسیاری از مطالعات اقلیمی این داده را به‌عنوان داده مشاهداتی در نظر می‌گیرند استفاده شد.

از داده‌های CRU با تفکیک افقی  $0.5 \times 0.5$  درجه قوسی برای بررسی وردایی اقلیم منطقه مورد مطالعه در سه دهه گذشته (۱۹۹۱-۲۰۲۰) استفاده شد. برخلاف داده‌های مدل‌های اقلیمی یا بازتحلیل‌ها، مجموعه داده CRU TS<sup>۱</sup> ماهیتاً داده‌های مشاهداتی هستند. این پایگاه داده با جمع‌آوری و کنترل کیفیت دقیق داده‌های هزاران ایستگاه هواشناسی در سراسر جهان و سپس استفاده از روش‌های درون‌یابی مکانی تولید شده است؛ بنابراین، استفاده از CRU به معنای نادیده گرفتن مشاهدات زمینی نیست، بلکه استفاده از یک نسخه یکپارچه‌سازی شده و کنترل-کیفیت شده از همان مشاهدات است که خطاهای داده‌های پرت در آن حذف شده‌اند. همچنین اگرچه داده‌های ایستگاهی دقیق‌ترین منبع نقطه‌ای هستند، اما در مطالعاتی که نیاز به تحلیل پهنه‌ای و بررسی روند در یک منطقه وسیع دارند، توزیع نامتوازن ایستگاه‌ها و وجود خلأهای آماری در سری‌های زمانی ایستگاهی، نتایج را با اربیبی مواجه می‌کند. داده‌های CRU با پرکردن این خلأها از طریق روابط همبستگی مکانی با ایستگاه‌های مجاور، یک پوشش پیوسته و همگن ارائه می‌دهند که برای درک تغییرات اقلیمی در مقیاس حوضه یا منطقه ضروری است. در بررسی خشکسالی از شاخص استاندارد بارش تبخیر-تعرق (SPEI) که به ارزیابی دقیق‌تر روندهای خشکسالی و تأثیرات آن بر منابع آبی کمک کرده است در دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۲۰، بهره‌جسته‌ایم. این شاخص در محیط نرم‌افزاری زبان R یک محیط نرم‌افزاری قدرتمند برای محاسبات آماری و گرافیکی است که در مطالعات اقلیمی کاربرد وسیعی دارد. پکیج اختصاصی SPEI<sup>۲</sup> در این زبان، توابعی را برای محاسبه شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده و رسم نمودارهای مربوط به آن ارائه می‌دهد. برای پاسخ به پرسش دوم و بررسی ابعاد هیدروپلیتیکی، از روش تحلیل محتوا کیفی استفاده شد که با توجه به هدف پژوهش گزارشات داخلی و بین‌المللی و معاهده ۱۳۵۱ مورد بررسی قرار گرفت. با مطالعه و تفسیر اسناد، گزارش‌ها، معاهدات و تحلیل فضایی کنش‌ها و واکنش‌های بازیگران در حوضه آبریز مشترک طی سال‌های ۱۹۳۰ تا ۲۰۲۰ تمرکز شده است.

### یافته‌های پژوهش

#### بررسی روند تغییرات اقلیمی ۳ دهه اخیر حوضه آبریز هیرمند

در مطالعه حاضر، با هدف بررسی و تبیین تجارب انباشته شده در حوضه آبریز هیرمند تحت تأثیر این دگرگونی‌های اقلیمی، روند تغییرات سه متغیر کلیدی شامل: دما، بارش و شاخص‌های خشکسالی مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار گرفته است. این بررسی به درک عمیق‌تری از چگونگی تأثیرپذیری این حوضه از نوسانات و تغییر اقلیم کمک

<sup>۱</sup>(Climatic Research Unit Time-Series)

<sup>۲</sup>Observational Data

<sup>۳</sup>Spatial Interpolation

<sup>۴</sup>Outliers

<sup>۵</sup>Spatial Analysis

<sup>۶</sup>Missing values

<sup>۷</sup>Bias

لینک دسترسی پکیج<sup>۸</sup>:

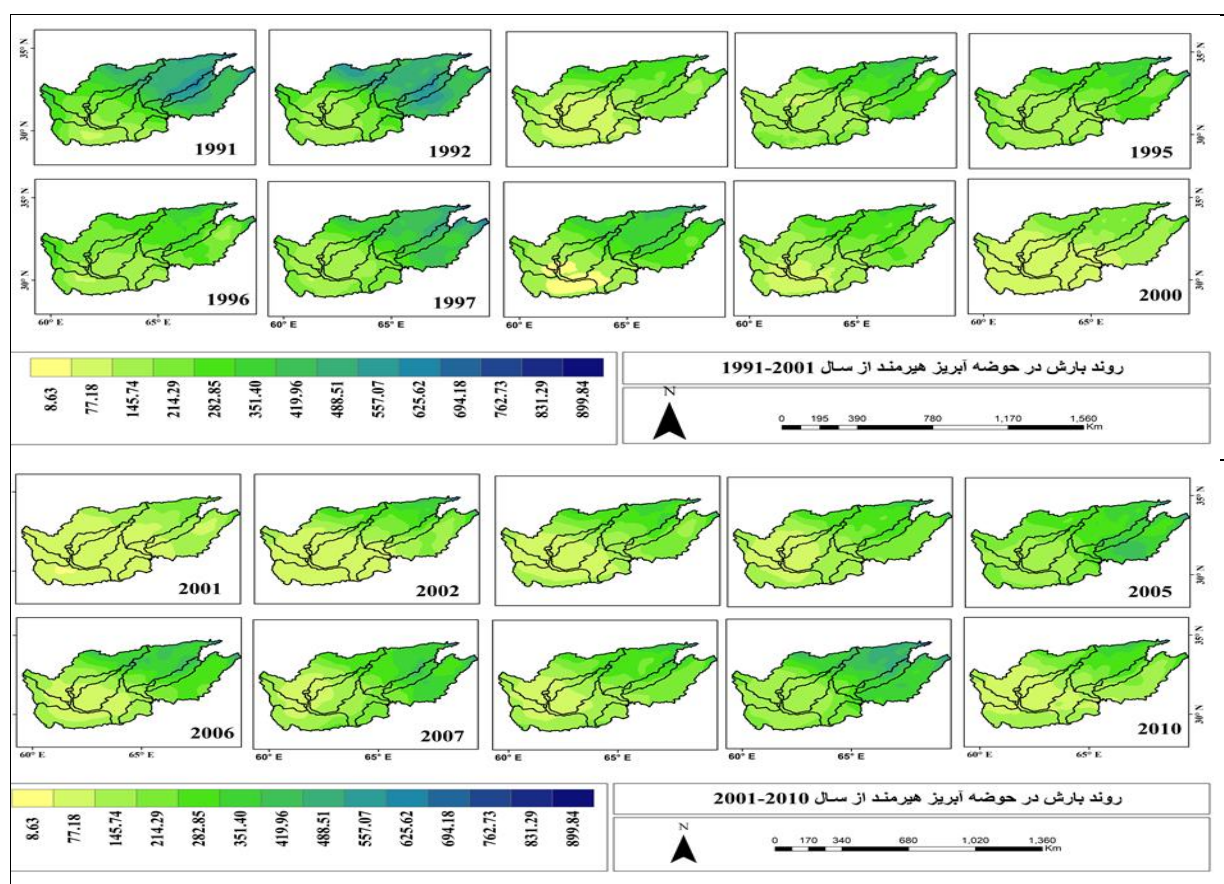
<https://cran.r-project.org/web/packages/SPEI/index.html>

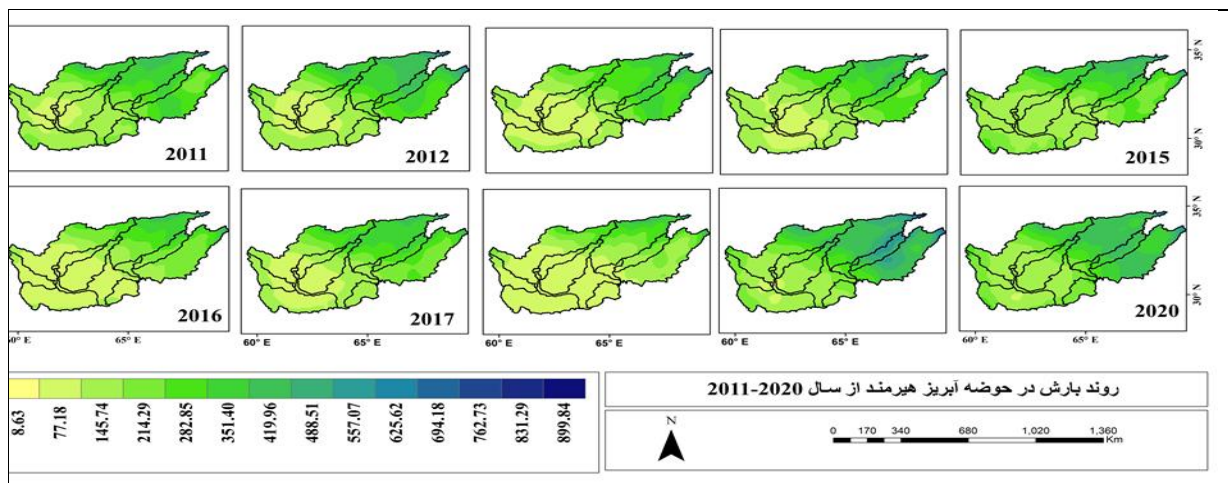
<sup>۹</sup>Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index

شایانی خواهند نمود و می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های آبی در زمینه مدیریت منابع آب و سازگاری با تغییر اقلیم فراهم آورد.

#### تفسیر زمانی-مکانی بارش در حوضه هیرمند

از منظر تحلیل روند زمانی، تغییرات بارش در هر یک از سه دهه مورد مطالعه، الگوهای متمایزی را به‌نمایش می‌گذارد. بررسی داده‌های بارش سالانه در کل دوره آماری (۱۹۹۱-۲۰۲۰) نشان می‌دهد که این حوضه نوسانات شدیدی را تجربه کرده است، به‌گونه‌ای که دامنه تغییرات بارش سالانه در حوضه آبریز هیرمند از ۸,۶۳ تا ۸,۸۹۹ میلی‌متر در نوسان بوده است.

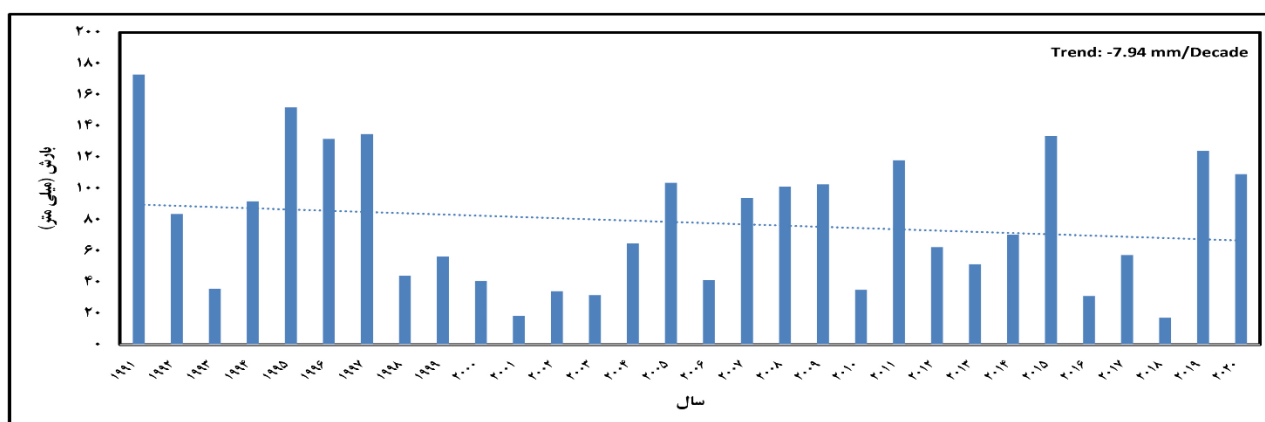




شکل ۳. تغییرات زمانی-مکانی روند بارش سالانه در حوضه هیرمند طی دوره آماری ۲۰۲۰-۱۹۹۱ (واحد: میلی‌متر).

(ترسیم: نویسندگان ۱۴۰۴)

برای درک دقیق‌تر این پویایی زمانی، روند تغییرات به تفکیک سه دهه تحلیل شده‌است. در دهه نخست (۱۹۹۱-۲۰۰۰)، رژیم بارش حوضه با نوسانات بین‌ساله بسیار شدیدی مواجه بوده است. در این دوره، تناوب سال‌های بسیار مرطوب و بسیار خشک، بیانگر عدم پایداری در الگوهای جوی حاکم بر منطقه بوده است. بر اساس داده‌های ثبت‌شده، سال ۱۹۹۲ با ثبت بیشترین مقدار بارش و سال ۱۹۹۸ با ثبت کمترین مقدار بارش، به ترتیب به‌عنوان مرطوب‌ترین و خشک‌ترین سال‌های این دهه شناسایی شده‌اند. دهه دوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰) در مقایسه با دهه پیشین، از پایداری نسبی بیشتری برخوردار بوده و از شدت نوسانات سالانه کاسته شده است. با این وجود، الگوی مکانی بارش همچنان از ساختار کلی پیروی کرده و مناطق شمالی کانون اصلی دریافت بارش باقی مانده‌اند. در این دهه، سال ۲۰۰۵ به‌عنوان سالی با بیشترین بارش و سال ۲۰۰۱ به‌عنوان کم‌بارش‌ترین سال این دوره به ثبت رسیده است. در دهه سوم (۲۰۱۱-۲۰۲۰)، شواهد مربوط به روند کاهشی بارش، به‌ویژه در سال‌های پایانی این دهه، به‌وضوح مشاهده می‌شود. در این دوره، نه تنها میانگین بارش کاهش یافته، بلکه گستره مناطق مواجه با کم‌بارشی نیز افزایش پیدا کرده است. این روند کاهشی و گسترش مناطق کم‌بارش در سال‌های اخیر، می‌تواند به‌عنوان یک سیگنال اقلیمی قوی تلقی شود که زنگ خطری جدی برای تشدید پدیده خشکسالی و نمایان شدن اثرات نامطلوب تغییر اقلیم در منطقه محسوب می‌شود. استمرار این وضعیت قادر است پیامدهای بحرانی برای امنیت آبی، پایداری کشاورزی و سلامت اکوسیستم‌های منطقه به‌همراه داشته‌باشد و ضرورت اتخاذ رویکردهای جامع در حوزه برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه منابع آب را بیش از هر زمان دیگری برجسته می‌سازد.



شکل ۴. تغییرات روند بارش سالانه در شهر زاهدان طی دوره آماری ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (واحد: میلی‌متر).

(ترسیم: نویسندگان ۱۴۰۴)

جهت افزایش دقت تحلیل، به بررسی روند بارش در شهر زاهدان در دوره سی ساله (۱۹۹۱-۲۰۲۰) نیز پرداخته شده است که طبق نمودار فوق، نتایج داده‌های اقلیمی نشان می‌دهد که به‌ازای هر دهه بارش در این شهر ۷٫۹۴ میلی‌متر بارش کاهش یافته‌است.

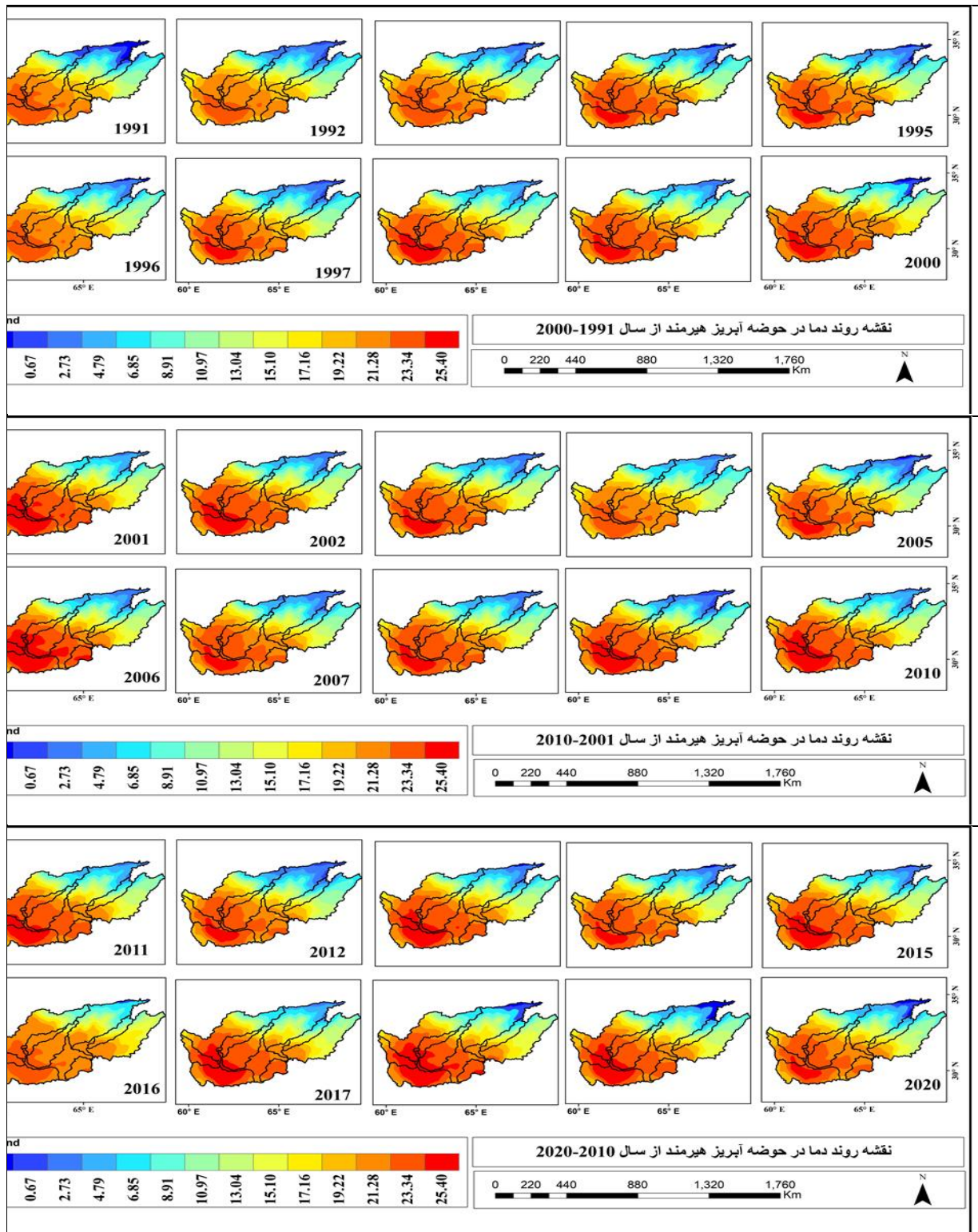
#### تفسیر زمانی-مکانی دما در حوضه آبریز هیرمند

تحلیل روند تغییرات دمایی حوضه آبریز هیرمند طی یک دوره مطالعاتی سی ساله، از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰، الگوهای نوسانی متمایزی را در هر دهه آشکار می‌سازد. به‌منظور دستیابی به درکی عمیق‌تر از دینامیک دمایی این حوضه و افزایش دقت ارزیابی‌ها، تغییرات دما به‌صورت تفکیک‌شده برای هر دهه مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج این بررسی مؤید آن است که هر دهه از منظر رفتار دمایی، ویژگی‌های منحصر به‌فردی از خود بروز داده است.

در دهه نخست (۱۹۹۱-۲۰۰۰)، داده‌های دمایی حاکی از آن است که سال ۲۰۰۰ به‌عنوان گرم‌ترین سال و سال ۱۹۹۲ به‌عنوان سردترین سال این دوره شناسایی شدند. از سوی دیگر، ثبت بیشینه دمایی در سال ۲۰۰۰، می‌تواند نشان‌دهنده آغاز فاز گرم جدیدی در منطقه باشد که تحت تأثیر تقویت اثرات گرمایش جهانی و نوسانات طبیعی اقلیم قرار داشته است.

طی دهه دوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰)، الگوی متفاوتی مشاهده شد؛ به‌طوری‌که سال ۲۰۱۰ بیشترین و سال ۲۰۰۴ کمترین مقادیر دمایی را به‌خود اختصاص دادند.

در نهایت، دهه سوم (۲۰۱۱-۲۰۲۰) نیز با ثبت بیشینه دما در سال پایانی دوره؛ یعنی ۲۰۲۰، و کمینه آن در سال ۲۰۱۲، روند مشخص خود را به‌نمایش گذاشت. گرمای شدید سال ۲۰۲۰، که با رکورد گرمای جهانی سال ۲۰۱۶ برابری می‌کند، مؤید تداوم و تشدید روند گرمایش جهانی در این دهه است؛ این در حالی است که دمای پایین‌تر در سال ۲۰۱۲ را می‌توان به وقوع یک رویداد لانینای متوسط تا قوی در اواخر سال ۲۰۱۱ و اوایل ۲۰۱۲ نسبت داد که اثرات خنک‌کننده آن در سطح منطقه نیز بازتاب یافته است.



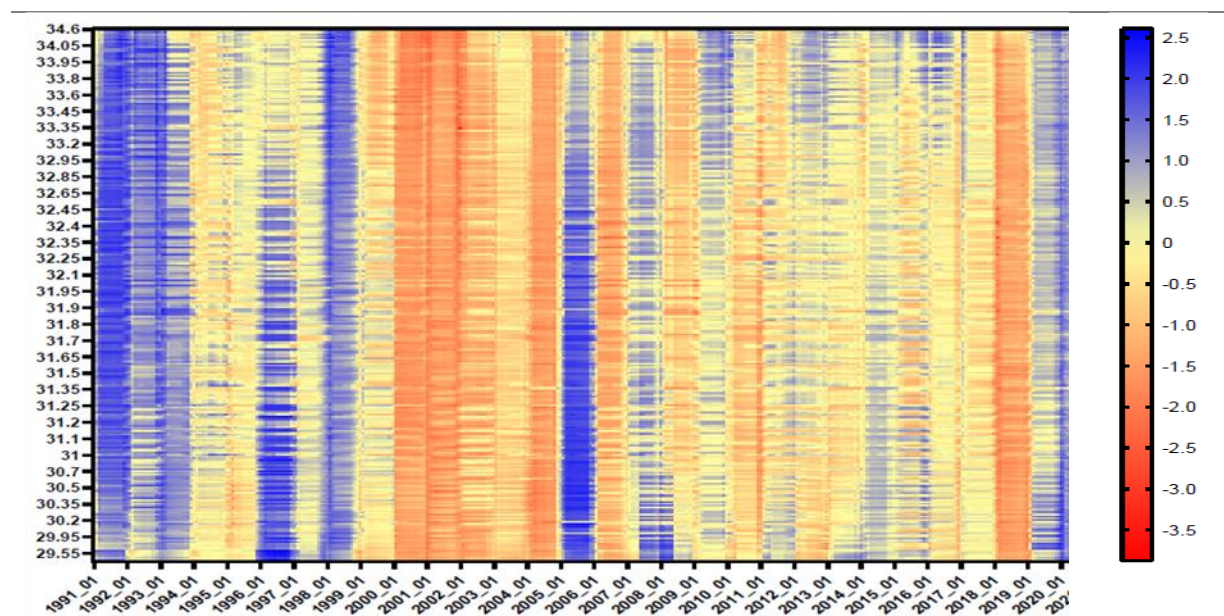
شکل ۵. تغییرات زمانی-مکانی روند دمای سالانه در حوضه هیرمند طی دوره آماری ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (واحد: درجه سلسیوس).

(ترسیم: نویسندگان ۱۴۰۴)

این یافته‌ها، به‌وضوح نشان می‌دهند که تحلیل‌های بلندمدت اقلیمی، بدون تفکیک زمانی به دوره‌های کوتاه‌تر، قادر به تبیین کامل پیچیدگی‌های دینامیک حرارتی یک منطقه نخواهند بود؛ بنابراین، ارزیابی‌های دهه‌به‌دهه برای درک صحیح‌تر نوسانات، شناسایی نقاط عطف دمایی و پیش‌بینی روندهای آتی، به‌ویژه در حوضه‌های حساسی مانند هیرمند که به‌شدت تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار دارند، از اهمیت بنیادین برخوردار است.

### تحلیل تغییرات خشکسالی و ترسالی در حوضه آبریز هیرمند با استفاده از شاخص SPEI

پدیده خشکسالی، چالشی حیاتی برای کشورهای واقع در حوضه آبریز هریرود، شامل افغانستان و ایران، محسوب می‌شود. نمودار ارائه‌شده (شکل ۶) تغییرات زمانی شاخص استاندارد شده بارش-تبخیر-تعرق (SPEI) را از ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰، در محدوده جغرافیایی شهرهای کلیدی نظیر نیمروز (افغانستان) و زابل (ایران) به‌تصویر می‌کشد. این منطقه به‌دلیل دربرگرفتن حوضه آبریز رودخانه هیرمند و استقرار دو سد مهم کجکی و کمال‌خان، از اهمیت استراتژیک برخوردار است. تحلیل نمودار SPEI، نوسانات قابل‌توجهی را در وضعیت هیدرولوژیکی حوضه هیرمند طی دوره مورد بررسی آشکار می‌سازد.



شکل ۶. تغییرات زمانی-مکانی رخداد ترسالی و خشکسالی در حوضه هیرمند طی دوره آماری ۱۹۹۱-۲۰۲۰ بر اساس شاخص خشکسالی SPEI؛ محور افقی نشان‌دهنده هر ماه، از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد و محور عمودی عرض جغرافیایی حوضه هیرمند را از بالادست حوضه در افغانستان تا پایین‌دست آن در کشور ایران را نشان می‌دهد.

(ترسیم: نویسندگان ۱۴۰۴)

جدول ۱. وضعیت شاخص خشکسالی و ترسالی در عرض‌های جغرافیایی حوضه هیرمند از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰

عرض جغرافیایی	محدوده جغرافیایی	وضعیت شاخص خشکسالی/ترسالی
۳۳٫۵ تا ۳۴٫۵	محدوده زهراودر و منابع سرشاخه‌های هیرمند در افغانستان (مانند: سد کجکی و دهانه ملاغلام)	به‌خوبی پیداست که شدت خشکسالی یا ترسالی در این بخش معمولاً همگام با سایر حوضه است، اما گاهی به‌ویژه در خشکسالی‌های دهه ۲۰۰۰، این قسمت نوسانات شدیدتری دارد.
۳۱٫۵ تا ۳۲٫۵	محدوده میلک، نیمروز و ورودی به سیستان	به‌عنوان منطقه گذر، شدت ترسالی و خشکسالی معمولاً نمایان است و در ۲۰۰۰-۲۰۰۵ خشکسالی عمیق را تجربه کرده است.
۳۰ تا ۳۱٫۵	زابل و منابع آبی چون تالاب هامون و سدهای خاکی ایرانی.	این بخش بیشترین تأثیر را از خشکسالی‌های شدید دهه ۲۰۰۰ دیده است؛ به‌ویژه سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴، عمق و گستره خشکسالی بسیار چشمگیر است و حتی ترسالی‌های بعدی هم غالباً کوتاه و موضعی‌اند.

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۴)

### بررسی سیاست‌های هیدروپلیتیک فعال در حوضه آبریز هیرمند

با عنایت به سیاست‌های هیدروپلیتیک و دیدگاه‌های حاکم در طی ۳ دهه، اقداماتی از سوی کشور بالادست (افغانستان) حوضه آبریز هیرمند رخ داده است که در جدول ۲ به‌اختصار شرح داده شده است.

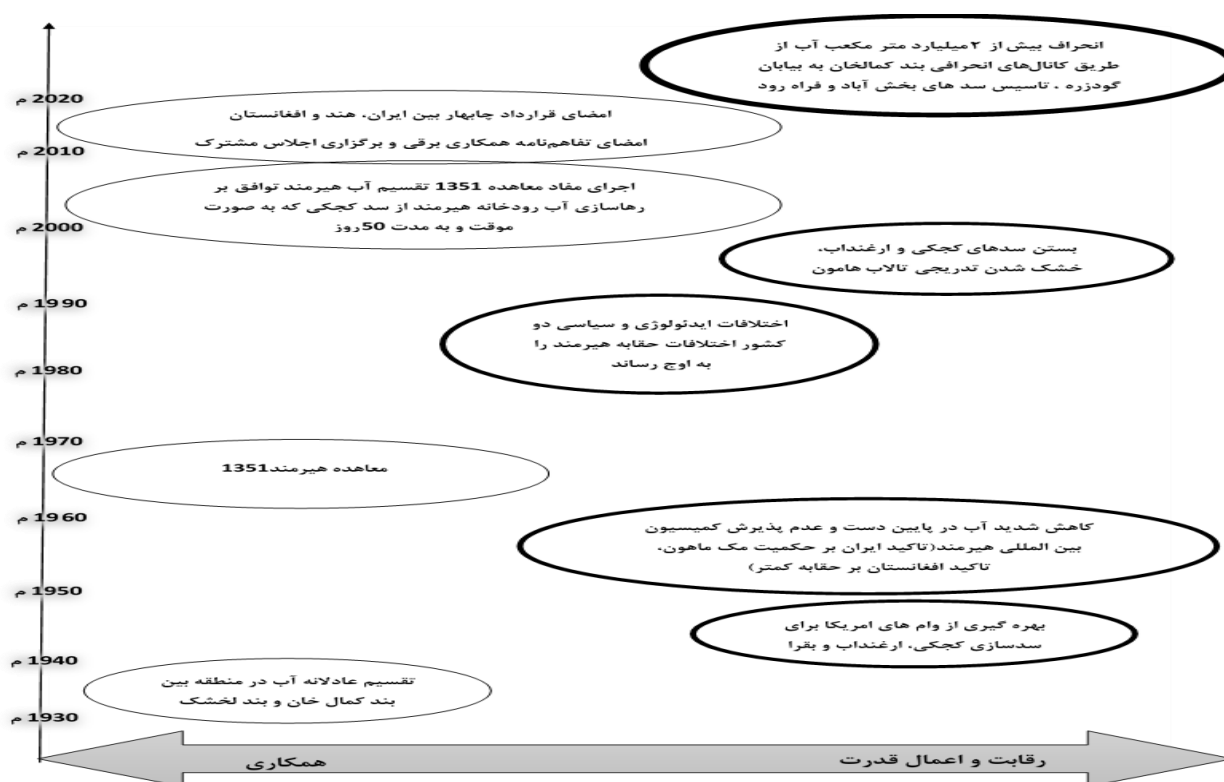
جدول ۲. اقدامات کشور بالادست حوضه آبریز هیرمند

۱۹۲۰-۴۰	چندین بار تا سال ۱۹۳۴، دولت افغانستان برای حمایت از توسعه به ایالات متحده آمریکا مراجعه کرد؛ هر بار رد شد. کار بر روی کانال بوغرا تحت نظارت افغانستان با استفاده از بودجه افغانستان آغاز شد. در دهه ۱۹۳۰، هم آلمان و هم ژاپن تخصص فنی را برای حمایت از این منطقه ارائه کردند. شروع جنگ جهانی دوم این حمایت را پایان داد.
۱۹۴۰-۱۹۵۳	مشارکت موريسون-کنودسن که ایده، طراحی و تکمیل هر دو سد کجکی و دله را آغاز کرد. علاوه بر این، نگهداری قابل-توجهی بر روی مشکلات قبلی که از کارهای کانال قبلی دیده نشده بود، انجام شد.
۱۹۵۳-۱۹۷۰	پیشنهاد پروژه، موريسون-کنودسن که شامل آموزش، بهداشت، تولید برق و توسعه روستایی در حمایت از تلاش‌های کشاورزی و آبیاری تاکنون بود. مجوز نصب توربین‌های هیدروالکتریک در سد کجکی بود، تا اواسط دهه ۱۹۶۰، این پروژه شروع به پیشرفت کرد.
۱۹۷۰-۲۰۰۱	کمک‌های مالی ایالات متحده در سال ۱۹۷۳ به کمتر از ۵۰۰۰۰۰ دلار کاهش یافت زیرا تنش‌های جنگ سرد در منطقه کاهش یافت. تا اواسط سال ۱۹۷۹، ایالات متحده کاملاً از افغانستان خارج شد. پس از تقریباً ۲۵ سال جنگ، هرج‌ومرج و آشوب، زیرساخت‌های سدهای آبی یا تخریب شد یا به خرابی افتاد. هم‌زمان، با تحریک سربازان شوروی، خشخاش (برای تولید تریاک) به محصول انتخابی در هیرمند تبدیل شد.
۲۰۰۱-۲۰۱۵	پس از حمله ایالات متحده به افغانستان و شکست طالبان، تلاش‌های بازسازی برای افزایش تولید کشاورزی و کاهش کشت خشخاش در هیرمند آغاز شد. تلاش‌های ائتلاف (و سازمان‌های غیردولتی) بر بازسازی یا جایگزینی یا تعمیر زیرساخت‌های آبیاری و سدها متمرکز بود.
۲۰۱۵-تاکنون	بهره‌برداری از سد کمال‌خان، تأکید طالبان بر منابع آب، آماده‌اجرای طرح سد بخش‌آباد

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۴)

با توجه به اقدامات کشور افغانستان به‌عنوان بالادست حوضه آبریز هیرمند، الگوی هیدروپلیتیک حاکم بر این حوضه شامل: الگوی رقابت که منافع اقتصادی، کمبود آب، عدم وجود سازوکارهای همکاری منطقه‌ای، عدم شفافیت در مدیریت منابع آب، وابستگی متقابل از جمله محرک‌های رقابت هیدروپلیتیک در این حوضه آبریز فرامرزی محسوب می‌گردد. علاوه بر این الگو، الگوی سلطه نیز در سایه هیدروهمژمون با بهره‌گیری از قدرت نرم، قدرت چانه-زنی و...

زنی، قدرت مادی و موقعیت جغرافیایی بر مناسبات کشورها حاکم می‌شود. افغانستان به‌عنوان کشور بالادست رودخانه‌ها، معتقد است که این حق آن است که با ایجاد سد و کانال، بهره‌برداری لازم را از آب‌های سطحی انجام-دهد؛ همان‌طور که در طی چند سال گذشته، گزارش‌هایی از تلاش‌های این کشور برای ساخت سدهای کوچک و بزرگ بر رودخانه‌های مرزی و انشعابات آنان منتشر شد و زمینه برای تیرگی روابط با همسایگان مهیا گردید. دولت‌های افغانستان با بهره‌گیری از ابزارهای حمایت مالی و موقعیت ساحلی، منابع آب خود را کنترل می‌کنند. در بازار حمایت مالی نبود بودجه و سرمایه برای اجرای پروژه‌های زیرساختی سبب می‌شود تا یک دولت ضعیف بدون کمک مالی، گزینه‌ای برای ذخیره منابع نداشته باشد. کشور افغانستان در راستای بازسازی و بهبود زیرساخت‌ها برنامه‌هایی برای توسعه که قابل توجه زیرساخت‌های آب و احداث سد در رودخانه‌های فرامرزی خود برای بهره‌برداری کامل از آبیاری و پتانسیل برق آبی آن‌ها تدوین کرده است (King & Sturtewagen, 2010:2). همان‌طور که در شکل ذیل نیز مشاهده می‌شود، روند مناسبات هیدروپلیتیکی در حوضه آبریز هیرمند بیشتر در طیف رقابت و اعمال قدرت از سوی کشور بالادست (افغانستان) بوده است.



شکل ۷. روند مناسبات هیدروپلیتیکی ایران و افغانستان در حوضه آبریز هیرمند در طی ۱۰۰ سال اخیر،

ترسیم نویسندگان برگرفته از: (فیروزآبادی دهقان و دامن‌پاک‌جامی، ۱۳۹۶)، (خلیلی و هاشمی، ۱۳۹۶)، (حاجی حسینی، ۱۳۹۴)، (عباسی و رنجبردار، ۱۳۹۰)، (سرگزی، ۱۳۹۴)، (یوسف‌زهی و همکاران، ۱۳۹۷)، (Shroder & Ahmadzai, 2016), (Azam, 1999)

<https://www.hamshahronline.ir/news.1403>, <https://snn.ir/fa/news/1403>

با توجه به پروژه‌های آبی افغانستان بر روی هیرمند و روند مناسبات هیدروپلیتیکی بین دو کشور، استان سیستان- بلوچستان و به‌خصوص کلان‌شهر زاهدان، در مسئله آب با بحران‌های زیست‌محیطی و اجتماعی روبه‌رو شده است. از سویی دیگر، فقر منابع آب زیرزمینی در دشت زاهدان باعث شده تأمین آب این کلان‌شهر از نقاط دیگر و از طریق خطوط و ایستگاه‌های پمپاژ صورت گیرد. یکی از اصلی‌ترین منابع تأمین آب کلان‌شهر زاهدان، چاه‌نیمه‌ها می‌باشند که با مقایسه مساحت پهنه‌های آبی سدهای بالادست آن، تأثیرگذاری پروژه‌های آبی کشور بالادست (افغانستان) و تغییرات اقلیمی بر چاه‌نیمه‌ها به‌وضوح مشاهده می‌شود.

جدول ۳. مساحت پهنه‌های آبی ارغنداب، چاه‌نیمه و کجکی در بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۳ بر حسب کیلومتر مربع

تغییرات	چاه‌نیمه‌ها		تغییرات	سد کجکی		تغییرات	سد ارغنداب		شاخص
	۲۰۲۳	۱۹۹۴		۲۰۲۳	۱۹۹۴		۲۰۲۳	۱۹۹۴	
-۳۴	۱۳/۸۴	۴۷/۸۴	-۴/۳	۵۹/۱۱	۶۳/۴۱	۲/۳۹	۲۳/۲۲	۲۵/۶۱	NWI

(منبع: فیض‌اله‌پور، ۱۴۰۴)

### نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با رویکردی جامع و تلفیقی، امنیت آب کلان‌شهر زاهدان را در پیوند هم‌زمان با تغییر اقلیم، ساختارهای هیدروپلیتیکی حوضه آبریز فرامرزی هیرمند و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری مورد بررسی قرارداد و نشان داد که بحران آب در این کلان‌شهر، نه یک مسئله مقطعی یا صرفاً فنی، بلکه پدیده‌ای ساختاری، چندبعدی و درهم‌تنیده با تحولات طبیعی، سیاسی، اجتماعی و ژئوپلیتیکی است. یافته‌ها به‌روشنی بیانگر آن است که امنیت آب زاهدان در بستری از عدم قطعیت اقلیمی و نابرابری قدرت در سطح فرامرزی شکل می‌گیرد؛ بستری که در آن، تغییر اقلیم نقش «تشدیدکننده» و هیدروپلیتیک نقش «تعیین‌کننده» ایفا می‌کند. تحلیل داده‌های اقلیمی مبتنی بر پایگاه «CRU» و شاخص «SPEI» طی دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ نشان داد که حوضه هیرمند با روندی فزاینده از گرمایش، کاهش بارش و افزایش فراوانی و شدت خشکسالی مواجه بوده است. کاهش تدریجی میانگین بارش، ناپایداری شدید بارندگی‌ها، و ثبت دوره‌های خشکسالی ممتد، به‌ویژه در دهه پایانی، ظرفیت طبیعی حوضه برای تأمین پایدار منابع آب را به‌شدت کاهش داده است. هم‌زمان، افزایش دما و تشدید تبخیر-تعرق، چرخه هیدرولوژیکی را مختل کرده و فشار مضاعفی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی وارد ساخته است. این شرایط، وابستگی مناطق پایین‌دست، به‌ویژه سیستان و کلان‌شهر زاهدان را به آورده‌های ناپایدار و غیرقابل پیش‌بینی رودخانه هیرمند افزایش داده و آسیب‌پذیری سیستم تأمین آب شهری را تشدید کرده است. پیامدهای این روند نه‌تنها در کاهش منابع آب، بلکه در خشک‌شدن تالاب هامون، افزایش طوفان‌های گردوغبار، افت کشاورزی و تشدید بحران‌های زیست‌محیطی و معیشتی نمود یافته است. در چنین زمینه اقلیمی شکننده‌ای، بعد هیدروپلیتیکی حوضه هیرمند، نقش محوری در تبیین ناامنی آب زاهدان ایفا می‌کند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مناسبات ایران و افغانستان در این حوضه عمدتاً تحت سیطره الگوی هیدروژمونی کشور بالادست قرار دارد. توسعه زیرساخت‌های آبی افغانستان، از جمله سدهای کجکی، دهلا و به‌ویژه سد کمال‌خان، همراه با انحراف آب به‌سمت گودزره، نشان‌دهنده رویکردی یک‌جانبه و مبتنی بر حداکثرسازی منافع ملی است که با تعهدات معاهده ۱۳۵۱ هیرمند هم‌خوانی اندکی دارد. این سیاست‌ها، به‌ویژه در شرایط کاهش آورد طبیعی ناشی از تغییر اقلیم، فشار مضاعفی بر

پایین دست وارد کرده و ریسک ناامنی آب زاهدان را به سطحی بحرانی رسانده است. انحراف آب هیرمند به سمت گودزره و نهر لشگری با توجه به اقلیم خشک منطقه و شدت تبخیر بالای آب، زمینه تنش‌های محیطی را بیش-ازپیش فراهم می‌کند. پژوهش نشان می‌دهد که هیدروپلیتیک هیرمند نه صرفاً مناقشه‌محور و نه کاملاً همکاری‌محور، بلکه ترکیبی پیچیده از رقابت، چانه‌زنی سیاسی و اعمال قدرت است که در بستر عدم توازن جغرافیایی، ضعف نهادهای همکاری منطقه‌ای و فقدان سازوکارهای اجرایی مؤثر شکل گرفته است. از منظر شهری، زاهدان به‌عنوان کلان‌شهری در اقلیم خشک، با رشد جمعیتی سریع، گسترش حاشیه‌نشینی و وابستگی شدید به منابع آب برون‌مرزی، از تاب‌آوری پایینی در برابر شوک‌های آبی برخوردار است. استمرار ناامنی آب می‌تواند پیامدهایی فراتر از حوزه محیط‌زیست به دنبال داشته باشد؛ از جمله تشدید فقر شهری، تهدید امنیت غذایی، افزایش مهاجرت‌های اجباری، ناپایداری اجتماعی و حتی تضعیف امنیت ملی در جنوب شرق کشور؛ از این‌رو، امنیت آب زاهدان را باید در چارچوب امنیت انسانی و توسعه پایدار تحلیل کرد، نه صرفاً در قالب مدیریت عرضه و تقاضای آب. جمع‌بندی نهایی پژوهش نشان می‌دهد که ارتقای امنیت آب کلان‌شهر زاهدان مستلزم گذار از رویکردهای بخشی، خطی و کوتاه‌مدت به سوی نگاهی یکپارچه، آینده‌نگر و چندسطحی است. این رویکرد باید به‌طور هم‌زمان سه مؤلفه کلیدی را مدنظر قرار دهد: نخست، پذیرش واقعیت تغییر اقلیم و ادغام داده‌ها و سناریوهای اقلیمی در برنامه‌ریزی منابع آب؛ دوم، بازتعریف دیپلماسی آب ایران در حوضه هیرمند با تأکید بر اجرای فعال معاهده ۱۳۵۱، ایجاد سازوکارهای مشترک پایش، بهره‌گیری از ظرفیت نهادهای بین‌المللی و توسعه اعتمادسازی فنی-سیاسی با افغانستان و سوم، تقویت تاب‌آوری درون‌زای شهری از طریق تنوع‌بخشی به منابع تأمین آب، بهینه‌سازی مصرف، بازچرخانی، اصلاح حکمرانی آب شهری و توانمندسازی اجتماعی. در نهایت، این پژوهش تأکید می‌کند که امنیت آب زاهدان نه یک مسئله محلی، بلکه موضوعی راهبردی با پیامدهای منطقه‌ای و ملی است. غفلت از پیوند میان تغییر اقلیم، هیدروپلیتیک و تاب‌آوری شهری می‌تواند این کلان‌شهر را در معرض بحران‌های پیچیده و فزاینده قرار دهد. برعکس، اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه، بین‌رشته‌ای و مبتنی بر همکاری، می‌تواند آب را از عامل تهدید به بستری برای ثبات، توسعه پایدار و تقویت امنیت انسانی در جنوب شرق ایران تبدیل کند. اجرای این چهار راهکار، با تکیه بر تجربه‌های موفق جهانی، می‌تواند تاب‌آوری و امنیت آب زاهدان را در برابر شوک‌های اقلیمی و هیدروپلیتیک افزایش دهد و زمینه را برای مدیریت پایدار منابع آب مشترک با افغانستان فراهم کند: تقویت دیپلماسی آب و تلاش برای تدوین توافقنامه‌های الزام‌آور با افغانستان؛ تنوع‌بخشی به منابع آب شهری (بازچرخانی، آب‌شیرین‌کن، مدیریت تقاضا)؛ ارتقای بهره‌وری مصرف آب در بخش‌های مختلف؛ پایش مستمر منابع آب و مدل‌سازی سناریوهای آینده؛ استفاده از روش‌های مقاومتی در تغییر اقلیم همچون احداث بادشکن از طریق درختکاری در اطراف مخازن آب شهری که باعث کاهش میزان تبخیر می‌شود.

### تشکر و سپاسگزاری

نگارندگان وظیفه خود می‌دانند از حمایت‌های معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در انجام این پژوهش قدردانی نمایند.

## تعارض منافع

این مقاله مستخرج از رساله دکتری خانم فاطمه بخشی شادمهری با عنوان: "تحلیل اثر تغییر اقلیم بر مناسبات هیدروپلیتیکی ایران و افغانستان (حوضه‌های آبریز هیرمند و هریرود)" در دانشگاه فردوسی مشهد است. در این پژوهش، حامی مالی و تعارض منافع وجود ندارد.

## منابع

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ کاظمی‌زاد، شمس. (۱۳۹۲). سنجش میزان رضایتمندی و تمایل به مشارکت شهروندان در اجرای پروژه‌های زیربنایی شهرداری (مورد مطالعه: شهرداری زاهدان). نشریه جغرافیا و توسعه، ۱۱(۳)، صص ۱-۲۲.

[Doi: 10.22111/GDIJ.2014.238](https://doi.org/10.22111/GDIJ.2014.238)

احمدی، سیدعباس؛ نورعلی، حسن؛ کامپانا، میشل؛ برودی، مصطفی. (۱۴۰۲). تحلیل تنش‌های هیدروپلیتیکی رودخانه هیرمند از طریق بررسی تغییرات کاربری حوضه با روش «SVM». نشریه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۵(۴)، صص ۲۲۵-۲۴۳.

[Doi: 10.22059/jhgr.2023.342511.1008486](https://doi.org/10.22059/jhgr.2023.342511.1008486)

بخشی شادمهری، فاطمه؛ زرقانی، سیدهدای؛ داداشی رودباری، عباسعلی. (۱۴۰۴). ارزیابی امنیت آب کلان‌شهر مشهد در پرتو تغییر اقلیم و مناسبات هیدروپلیتیکی حوضه آبریز هریرود. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۳۴(۱۳۵)، صص ۱۴۳-۱۶۲.

[Doi: 10.22131/sepehr.2025.2069413.3150](https://doi.org/10.22131/sepehr.2025.2069413.3150)

بدیعی‌ازندهای، مرجان؛ رحیمی‌هرآبادی، سعید؛ گودرزی، سعید. (۱۳۹۰). نقش تغییرات مورفولوژی رودخانه مرزی هیرمند در روابط سیاسی ایران و افغانستان. پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۴۳(۴)، صص ۱۹۷-۲۲۰.

[https://jhgr.ut.ac.ir/article\\_24519.html](https://jhgr.ut.ac.ir/article_24519.html)

بسطامی‌نیا، امیر؛ رضایی، محمدرضا؛ سرائی، محمدحسین. (۱۳۹۵). تبیین و تحلیل مفهوم تاب‌آوری و شاخص‌ها و چارچوب‌های آن در سوانح طبیعی. دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۶(۱)، صص ۳۲-۴۶.

<http://dpmk.ir/article-1-38-fa.html>

تیموری، سحر؛ ابراهیم‌زاده، عیسی؛ رضایی، ابراهیم. (۱۴۰۳). تبیین الگوی مدیریت شهری در شهرهای حساس به آب؛ مطالعه موردی: شهر زاهدان. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۱۲(۳)، صص ۶۱-۸۲.

<https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.360319.1830>

حافظ‌نیا، محمدرضا. (۱۳۹۰). اصول و مفاهیم ژئوپلیتیک، مشهد: انتشارات پاپلی (کتاب)

حاجی حسینی، محمدرضا؛ حاجی حسینی، حمیدرضا؛ مرید، سعید؛ دلاور، مجید. (۱۳۹۴). بررسی تغییرات کاربری اراضی بر رواناب حوضه فرامرزی هلمند طی دوره ۱۹۹۰ لغایت ۲۰۱۲ میلادی با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و مدل شبیه‌ساز «SWAT» تحقیقات منابع آب ایران، ۱۱(۱)، صص ۷۳-۸۶.

خسروانی، انیس؛ توحیدفام، محمد. (۱۳۹۹). سیاست منابع آب ترکمنستان در فضای هیدروپلیتیک آسیای مرکزی. فصلنامه علمی مطالعات آسیای مرکزی و قفقاز، ۲۶(۱۰۹)، صص ۱-۳۱.

[https://ca.ipisjournals.ir/article\\_45665.html?lang=en](https://ca.ipisjournals.ir/article_45665.html?lang=en)

خلیلی، محسن؛ هاشمی، صدیقه. (۱۳۹۶). حقایق هلمند و پیشینه آن، فصلنامه روابط خارجی، ۹(۴)، صص ۳۱-۶۱.

DOI: 20/1001/1/20085419/1396/9/4/2/9

دهقانی‌فیروزآبادی، سیدجلال؛ دامن‌پاک‌جامی، مرتضی. (۱۳۹۵). دیپلماسی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران در آسیای مرکزی؛ ارزیابی ۲۵ سال روابط اقتصادی ایران و جمهوری‌ها پس از استقلال. فصلنامه مطالعات آسیای مرکزی و قفقاز، ۲۲(۲۶)، صص ۲۵-۶۶.

[https://ca.ipisjournals.ir/article\\_24384.html?lang=fa](https://ca.ipisjournals.ir/article_24384.html?lang=fa)

دیانت، محسن؛ درج، حمید؛ قادری، ابراهیم. (۱۳۹۸). تأثیر هیدروپلیتیک زاب‌کوچک بر روابط سیاسی ایران و قلمرو کردستان عراق، فصلنامه پژوهش‌های سیاسی جهان اسلام، ۹(۲)، صص ۱۳۱-۱۵۸.

<https://www.magiran.com/p2037362>

رهنما، محمدرحیم؛ شهبازی، امیرحمزه؛ سرگزی، زینب. (۱۴۰۲). شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در پیراشهر زاهدان. مجله توسعه فضاهای پیراشهری. ۱(۹)صص ۱-۱۶.

DOI: 10.22034/JPUSD. 2023.351180.1215

سرگزی، زهرا. (۱۳۹۳). جایگاه هیرمند در جغرافیای سیاسی و اقتصادی سیستان در دوره پهلوی. تحقیقات تاریخ اقتصادی ایران، ۳(۲). صص ۳۱-۵۰.

[https://economichistory.ihcs.ac.ir/article\\_1457.html?lang=fa](https://economichistory.ihcs.ac.ir/article_1457.html?lang=fa)

سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهر زاهدان. (۱۳۹۵). مرکز آمار ایران.  
شکری، علی؛ مفتخری، حسین؛ حسینی، میرهادی. (۱۴۰۱). مسأله تاریخی هیرمند و راهکارهای کاهش چالش‌های ناشی از آن، مجله پژوهش‌های تاریخی ایران و اسلام، ۱۶(۳۰). صص ۲۹۳-۳۲۰.

DOI:10.22111/jhr.2021.37269.3053

عباسی، ابراهیم؛ رنجبردار، مجید. (۱۳۹۰). کمک‌های مالی ایران به افغانستان؛ اهداف و آثار اقتصادی آن. فصلنامه روابط خارجی، ۳(۳). صص ۲۲۹-۱۹۵.

DOI: 20.1001.1.20085419.1390.3.3.7.0

عباس‌زاده، مریم. (۱۳۹۹). تغییر اقلیم و تأثیر آن بر اختلافات مرزی با تأکید بر منابع آبی مشترک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه فردوسی. (پایان‌نامه).

<https://ganj.irandoc.ac.ir/>

فتوحی، صمد؛ نگارش، حسین؛ حاتمی حداد، نرگس. (۱۴۰۱). آشکارسازی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه هیرمند از رودبار افغانستان تا هامون سیستان. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۱۲(۴۴)، صص ۱۴۴-۱۱۷.

DOI:10.22111/gaj.2022.34681.2786

فیض‌اله پور، مهدی. (۱۴۰۴). تغییرات پهنه سدهای غرب افغانستان و تأثیر آن بر منابع آبی چاه‌نیمه‌های زابل در بازه زمانی ۳۰ ساله با استفاده از سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و سنجنده OLI و TIRS ماهواره لندست ۸. هیدروژئومورفولوژی، ۱۲(۴۲)، صص ۱-۱۹.

Doi: 10.22034/hyd.2024.59359.1712

قریشی، سیده‌زهرا؛ میان‌آبادی، حجت؛ حاجبانی، ابراهیم. (۱۳۹۹). تحلیل ابعاد مأموریت هیدرولیکی در هیدروپلیتیک ترکیه. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۶(۱)، صص ۳۳۱-۳۰۴.

DOI: 20.1001.1.17352347.1399.16.1.21.5

مولایی، ابوالفضل؛ اویانی‌راد، مراد؛ ربیعی، حسین؛ احمدی، وحیده. (۱۴۰۰). تأثیر کم‌آبی جنوب غرب آسیا بر قلمروگستری هیدروپلیتیک رژیم صهیونیستی. فصلنامه مطالعات راهبردی، ۲۴(۲)، صص ۱۰۵-۱۴۱.

DOI:20.1001.1.17350727.1400.24.92.4.8

میان‌آبادی، حجت؛ قریشی، سیده‌زهرا. (۱۴۰۱). تبیین پارادایم‌های رئالیسم و لیبرالیسم در مناسبات هیدروپلیتیک، فصلنامه ژئوپلیتیک، ۱۸(۱)، صص ۱۵۰-۱۸۶.

DOI:20.1001.1.17354331.1401.18.65.6.2

وریج‌کازمی، مریم. (۱۳۹۹). نقش هیدروپلیتیک هیرمند در بروز بحران‌های قومی در سیستان و بلوچستان. جغرافیا و روابط انسانی، ۳(۲)، صص ۱۴۳-۱۶۴.

Doi: 10.22034/gahr.2020.247844.1443

یوسف‌زهی، ناصر؛ فرزانه‌پور، حسین؛ بخشی، احمد. (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی روابط بازرگانی ایران و افغانستان از منظر رهیافت اقتصاد سیاسی، پژوهشنامه علوم سیاسی، ۱۳(۲)، صص ۱۸۷-۲۲۴.

DOI:20.1001.1.1735790.1397.13.2.7.1

## References

- Ahmadzai, S. J., & Shroder, J. F. (2016). *Transboundary water resources in Afghanistan: Climate change and land-use implications*. Elsevier.
- Azam, G. F. (1999). *The effects of local, regional and global politics on the development of the Helmand-Arghandab Valley of Afghanistan* (Ph.D. thesis). University of London, School of Oriental and African Studies.
- Bazrkar, M. H., Nabavi, S. T., Zamani, N., & Eslamian, S. (2012). System dynamic approach to hydro-politics in Hirmand transboundary river basin from sustainability perspective. *International Journal of Hydrology Science and Technology*.
- Ecopeace Middle East. (2022). *Climate change as a threat multiplier: Water scarcity and conflict in the Middle East*. Ecopeace Middle East Organization.  
<https://ecopeaceme.org/wp-content/uploads/2022/03/the-climate-crisis-and-the-changing-security-environment-of-the-middle-east.pdf>
- Favre, R., Kamal, G.M.(2004). *Watershed Atlas of Afghanistan*; Ministry of Irrigation: Kabul, Afghanistan.  
[http://aizon.org/watershed\\_atlas.htm](http://aizon.org/watershed_atlas.htm).
- Julien, F. (2012). Hydropolitics is What Societies Make of it (or Why we Need a Constructivist Approach to the Geopolitics of Water). *Sustainable Society*, 4(1), 45–71
- King, M, Sturtewagen, B. (2010). Making the Most of Afghanistan's River Basins Opportunities for Regional Cooperation. United States.: The EastWest Institute. *Journal of Water Resource and Protection*, 10(10), 1-13.  
[https://www.files.ethz.ch/isn/113057/2010-02\\_Making-the-most-of-Afghanistans.pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/113057/2010-02_Making-the-most-of-Afghanistans.pdf)
- Loodin, N., Eckstein, G., Singh, V. P., & Sanchez, R. (2024). The role of data sharing in transboundary waterways: The case of the Helmand River Basin. In K. Szálkai & M. Szalai (Eds.), *Theorizing transboundary waters in international relations* (pp. 165-194).  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-43376-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43376-4_10)
- McDonald, R. I., Green, P., Balk, D., Fekete, B. M., Revenga, C., Todd, M., & Montgomery, M. (2011). Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(15), 6312–6317.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1011615108>
- Pahl-Wostl, C., Möltgen, J., Sendzimir, J. And Kabat, P. (2005). New methods for adaptive water management under uncertainty: The newwater project. EWRA 141A, Proc. 6th Intl Conf. EuropeanWaterResourcesManagement,EWRA2005 .  
[https://www.researchgate.net/publication/230557733\\_Transitions\\_to\\_Adaptive\\_Water\\_Management\\_The\\_New\\_Water\\_Project](https://www.researchgate.net/publication/230557733_Transitions_to_Adaptive_Water_Management_The_New_Water_Project)
- United Nations Development Programme in the Arab States (UNDPPA). (2020). *Climate change and political instability in the Middle East and North Africa*. UNDP Regional Bureau for Arab States.  
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Arab-States-CCA.pdf>
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *467(7315)*, 555–561.  
<https://doi.org/10.1038/nature09440>
- Wang, C. H., Blackmore, J., Wang, X., Yum K.K., Zhou, M., Diaper, C., McGregor, G., Anticev, J. (2009). *Overview of resilience concepts with application to water resource systems*. Ewater Technical Report. September 2009.  
<http://ewatercrc.com.au/reports/ResilienceConcepts.pdf>
- Zeitoun M., & Mirumachi, N., (2008). Transboundary water interaction I: reconsidering conflict and co-operation. *Int Environ Agreements* 8 (4):297–316.

