Journal of Environmental Research
Vol. 15, No. 30, Autumn & Winter 2025

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

Water Security Assessment in Caspian Sea Basin

Document Type
Research Paper

Received

Accepted

Elnaz Zekri[1], Maryam Esmaeilifard[*2]

1. Ph.D. Candidate, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Political Science, Faculty of Law, Theology and Political Science, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Terhan, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2025.216584

Abstract

In today's world, water security is a national security isuue. In Iran, among environmental issues, water as "blue gold" has gained security dimensions more than in the previous time, and of course, it is not constrained to the dry and semi-arid provinces of the country. The purpose of this study is to calculate water security status in Caspian Sea basin with aim of policy making and providing strategies to enhance environmental security in vulnerable regions. The six key dimensions covering Water resource security, Urban water security, Economic water security, Environmental water security, Resilience to water related disasters and water resource dependency have been used to analyze water security performances. Based on available information, indices for six dimensions have been gathered and two methods of AHP and ANP have been applied to obtain the weight of water security indices. Two methods gave almost similar scores. However, scores from ANP are more reliable compared with AHP. The results show that water security in Caspian Sea basin is of critical concern. The dimensions of environment and water related disasters have the lowest and highest scores in Iran, respectively. After environmental water security, the lowest scores were related to economic and water dependency security.

Keywords: Water Security, Multi Attribute Decision Making (MADM), Analytic Network Process (ANP), Analytic Hierarchy Process (AHP), Environmental Security, Environmental Policy.

[*] Corresponding author: Email: Maryam.esmaeilifard@srbiau.ac.ir

Introduction

In recent years, governments have increasingly emphasized national security within development planning policies. Since water is central to sustainable development, particular attention to water security is essential as a key aspect of national security (Chavoshian and Araghinejad, 2016).

To illustrate, adequate water resources generate the power needed to sustain social welfare, while water scarcity poses a serious threat to the power supply and, consequently, national security. Iran's severe water scarcity makes it imperative to prioritize the creation of water security maps. These maps can be instrumental in land use planning, urban development, and, more importantly, in aligning with the General Policies of the Legislative System concerning official development planning. Each of these plans incorporates the concept of water security (General Policies, 2000). For example, the National Vision of the Islamic Republic of Iran emphasizes integrated water resource management, balancing water supply and demand, conserving water resources, enhancing water-use efficiency, and recognizing water's economic value (National Vision of Iran, 2003).

Over the past decade, the concept of water security has gained increasing attention. Various definitions have been proposed, with some of the most common ones including: "reliable access to water of sufficient quantity and quality for basic human needs, small-scale livelihoods, and local ecosystem services" (GWP, 2000); "availability of an acceptable quantity and quality of water for health, livelihoods, ecosystems, and production, coupled with an acceptable level of water-related risks to people, environments, and economies" (WaterAid, 2012); and "the capacity of a population to safeguard sustainable access to adequate quantities of acceptable quality water for sustaining livelihoods, human well-being, and socio-economic development, ensuring protection against water-borne pollution and water-related disasters, and preserving ecosystems in a climate of peace and political stability" (UN-Water, 2013).

A review of international studies from the past two decades highlights key recurring themes in water security, such as the economic and social dimensions, safe water quality and quantity for health, livelihoods, and ecosystems, management of water-related disasters, and food security (Gerlak et al., 2018). One major challenge in water security assessment is the lack of consensus on a common model for calculating an integrated index and on appropriate weighting of sub-indices. Within Iran, existing reports on water resources are limited to "integrated water resources" and "water resources balance" reports issued by the Ministry of Energy (Chavoshian and Araghinejad, 2016). Therefore, conducting a national-scale water security assessment is essential to complement integrated water resource management.

Methodology

The four stages of water security assessment are summarized as follows (i) define water security index in accordance with conditions of the country; (ii) consider key dimensions of water security; (iii) consider different criteria and indicators; and (iv) calculate national water security index for Caspian Sea basin. The approach of this study is similar to the method of water security measurement by Asian Development Bank (ADB), which is conducted for Asia-Pacific countries except Iran (ADB, 2016; ADB, 2020).

The six interdependent key dimensions of Water Resource Security, Economic Water Security, Urban Water Security, Environmental Water Security, Water related disaster and Water Dependency are selected for calculating total water security. Two methods of AHP and ANP have been used for weighing indices. However, the results of ANP model has been used for assessment.

Results and Discussion

According to previous national studies, an integrated assessment of water security with available indicators has not been studied. The six interdependent key dimensions of Water Resource Security, Economic Water Security, Urban Water Security, Environmental Water Security, Water related disaster and Water Dependency are selected for calculating total water security.

Water resource security in Caspian Sea is 42.7 and is classified in moderate condition. The minimum and

maximum scores for this dimension are 34.44 and 56.38, respectively, which are classified poor and medium groups. The scores of urban and water related disasters security are 50.8 and 60.5, respectively, and categorized in moderated and good groups.

The minimum and maximum urban water security scores were 45.36 and 58.02, and scores of water-related disasters security were 43.33 and 89.14. The results show a different range from water related disasters throughout Caspian Sea basin.

The economic and environmental water security scores are 33.76 and 7.6, in the poor and very poor categories, respectively. The minimum and maximum scores of economic water are 18.78 and 54.36, and in environmental water security are 0.015 and 52.87, respectively.

The results show that water security in the environmental dimension in Caspian Sea basin is very poor except one basin with score of 52.87; and economic water security in the basins varies from very poor condition to moderate class. Economic security of water in the basins is not in the same situation, and some basins are in a better position than other basins with significant differences, but regarding environmental water security, all basins are in critical condition.

Finally, the average score of water independence security is 38.09 and in the minimum and maximum cases are 33.33 and 66.67, respectively. In conclusion, water security in Caspian Sea is estimated to be 38.9 and classified in the poor group. In more detail, environmental, economic and water dependency are in poor condition, while water- related disasters and water resources are in the better conditions. On the basis of results obtained, overall water security status in Caspian Sea is in crisis. Sub-basins are not in the same condition in different dimensions of water security. Some basins have higher scores in some dimensions and vice versa. So, improvement of water security requires integrated management and proper governance.

Conclusion

According to the latest ADB report (ADB, 2020), water security status in Iran neighbors are as follows: Afghanistan with a score of 39.5, Pakistan with a score of 42.7, Tajikistan with a score of 58.1, Georgia with a score of 64.6, Turkmenistan with a score of 67.6, Azerbaijan with a score of 65.1 and Armenia with a maximum score of 71.8. Results indicate that the water security level in the Caspian Sea (score: 38.9) is poorer and more vulnerable compared to neighbors. The national water security is almost in the same level of water security in Afghanistan.

It should be mentioned that water security in Iran neighbors were improved (except Georgia with few amount) over the previous 4 years, according to a published report by ADB in 2016. For more explanation, Afghanistan with a score of 27.5, Pakistan with a score of 32.7, Tajikistan with a score of 43.8, Georgia with a score of 64.9, Turkmenistan with a score of 54.1, Azerbaijan with a score of 50.8 and Armenia with the highest score of 68.1 (ADB, 2016).

To monitor water security status, analyzing of overall security index is recommended regularly to evaluate the success or failure of management and development programs effects on water security.

References

ADB. (2016). *Asian Water Development Outlook 2016*. Strenthening water security in ASIA and the PACIFIC, In *Asian Development Bank, Philippines* https://www.adb.org/sites/default/files/.../asian-water-development-outlook-2016.pdf

ADB. (2020). *Asian Water Development Outlook 2020*. https://www.adb.org/publications/asian-water-development-outlook-2020

Chavoshian, A, Araghinejad, S. (2016). Preparation of water security catalogue, unpublished report (In Persian).

General policies in water sector. (2000). Office of Preservation and Publication of Grand Ayatollah Sayyed Ali Khamenei (In Persian).

Gerlak, A. K., House-Peters, L., Varady, R. G., Albrecht, T., Zúñiga-Terán, A., de Grenade, R. R., Cook, C., & Scott,

C. A. (2018). Water security: A review of place-based research. *Environmental Science and Policy*, *82*(October 2017), 79–89. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.009

GWP. (2000). Towards water security: Framework for Action. *Global Water Partnership*, 10.

UN WATER. (2013). *Water Security & the Global Water Agenda*, United Nations University, Landon.

WaterAid (2012). *Water Security Framework*. WaterAid, London. Retrieved from: https://www.wateraid.org/publications

National vision of Iran in target year of 2025. (2003). Office of Preservation and Publication of Grand Ayatollah Sayyed Ali Khamenei (In Persian).

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۵، شماره ۳۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، از صفحه ۱۳۹ تا ۱۵۶

ارزیابی امنیت آبی در حوضه آبریز دریای مازندران

الناز ذکری[۱]، مریم اسماعیلی فرد*[۲]

۱. دانشجوی دکتری عمران- محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران. ایران.
۲. استادیار گروه علوم سیاسی، دانشکده الهیات، حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. تهران. ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

چکیده

در دنیای کنونی ابعاد امنیت به مسائل محیطزیستی تسری یافته است. در ایران در میان مسایل محیطزیستی مسئله آب این «طلای آبی» بیش از گذشته ابعاد امنیتی پیدا کرده است و البته محدود به استان‌های خشک و نیمه‌خشک کشور نمی‌باشد. هدف از این پژوهش، ارزیابی وضعیت امنیت آب در حوضه آبریز دریای مازندران به منظور کمک به سیاستگذاری در ابعاد امنیت آبی بحرانی‌تر، زیرحوضه‌های آسیب‌پذیرتر و اولویت‌بندی آن‌ها برای بهبود امنیت محیطزیستی در شرایط فعلی است. امنیت آبی در شش بعد منابع و مصارف آب، اجتماعی، اقتصادی، محیطزیستی، مخاطرات آبی و استقلال آبی تعریف و ارزیابی شده است. شاخص‌هایی در هر یک از این شش بعد جمع‌آوری شده و از تحلیل و روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه سلسله مراتبی و همچنین تحلیل شبکه‌ای به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌های امنیت آبی استفاده شده است. نتایج حاصل از دو روش تقریباً مشابه یکدیگر بوده است، اما با توجه به پیچیدگی‌های مدل امنیت آبی و ارتباطات و وابستگی‌های متقابل معیارها، از نتایج روش تحلیل شبکه‌ای برای تحلیل ارزیابی امنیت آبی استفاده شده است. نتایج مبین وضعیت ضعیف امنیت آب در حوضه آبریز دریای مازندران است. ابعاد امنیت آب محیطزیستی و امنیت مخاطرات آبی به ترتیب کمترین و بیشترین امتیازها را در این حوضه داشته‌اند. بعد از امنیت آب محیطزیستی بر اساس یافته‌های پژوهش، کمترین امتیازها متعلق به امنیت آب اقتصادی و استقلال آبی است.

کلید واژه‌ها: امنیت آب، تصمیم‌گیری چند شاخصه، تحلیل سلسه مراتبی، تحلیل شبکه‌ای، سیاستگذاری محیطزیست، امنیت محیطزیست

* نویسنده مسئول: Email: Maryam.esmaeilifard@srbiau.ac.ir
DOI: 10.22034/eiap.2025.216584

سرآغاز

امنیت در معنای سنتی و در چارچوب نظریه واقع‌گرایی کلاسیک عمدتا حول محور تهدید و پاسخ نظامی و ناظر بر منبعی خارج از مرزهای ملی است (Kaviani Rad, 2011). در این نگاه تقلیل‌گرایانه دایره مسائل امنیتی به قدرت و توانایی سخت (نظامی)، توان ایجاد صلح پس از جنگ، حفظ استقلال ملی در برابر تجاوز خارجی و حفظ امنیت از جنگ هسته‌ای محدود می‌شد (Treff et al., 2004) در این رویکرد قابض، مسائل محیط‌زیستی به منزله مسائل مدیریتی عادی (Falk, 2001) و یا اتفاقی، نادر، زمینه‌ای و طبیعی(Buzan, 2009) تلقی می‌شد که نیازمند توجه و سرمایه‌گذاری ویژه دولت‌ها و قرارگرفتن در دستورکار امنیت ملی نیست.

این نگاه از دهه ۱۹۸۰با افزایش مقیاس، تنوع و سرعت فعالیت‌های انسان و تاثیر و تاثر رو به تزاید آن بر محیط‌زیست و رشد نگرانی‌ها از مسائلی که «نیاز به گذرنامه ندارند» (Kaviani-Rad, 2013) به چالش کشیده شد تا جایی که از این مسائل به‌عنوان سومین موضوع عمده پس از امنیت بین‌الملل و اقتصاد جهانی (Jackson & Sorenson, 2006) یاد می‌شود.

بدین‌ترتیب با تغییر فضای روابط بین‌الملل پس از جنگ سرد و ایجاد مسائل جدید و پردامنه، مطالعات امنیتی نیازمند توسعه بود و لذا نظریات انتقادی به جریان اصلی ظهور یافتند. از مرتبط‌ترین مکاتب متاخر که به پیش برد موضوع مقاله کمک می‌کند؛ مکتب کپنهاک و واضع آن بری بوزان است. بوزان بخش‌ها و ابعاد امنیت را محدود به محور نظامی نمی‌کند (Buzan, 2000) و مطالعات امنیتی را به پنج بخش اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، نظامی و محیط‌زیستی گسترش می‌دهد (Abdollah-Khani, 2010) امنیت محیط‌زیستی از نظر وی «حفظ زیست سپهر محلی و کل کره زمین که اصلی‌ترین نظام پشتیبان تمامی فعالیت‌های بشری است»؛ تعریف می‌شود (Buzan et al., 2007) و عوامل محیط‌زیستی را زمینه‌ساز بسیاری از برخوردهای خشونت‌آمیز و تخریب محیط‌زیست را موثر بر سلامتی جوامع و اقتصادها می‌داند (Buzan, 2009). یکی از وجوه امنیت محیط‌زیستی می‌تواند در مفهوم «امنیت آبی» تبلور یابد. وجود یا فقدان منابع آب کافی به منزله فرصت یا تهدید امنیتی تبلور می‌یابد. به ویژه آن که از طریق متراکم کردن شکاف‌های موجود در جامعه همچون قومیت، مذهب یا فقر و غنا می تواند مبنای منازعه اجتماعی و تهدید انسجام ملی قرار گیرد.

مسئله آب قصه‌ای دیرپا در تاریخ ایران است؛ اما با وضعیتی که اخیرا در شاخص‌های کمی و کیفی یافته، به آمار هشداردهنده ۲۸۲ شهر دارای تنش آبی رسیده است.تنش‌های ناشی از کمبود آب به سرعت به صورت نارضایتی‌های اجتماعی نمود پیدا می‌کند و به چالشی امنیتی تبدیل می‌شود. انسداد رودخانه شاپور توسط کشاورزان و قطع مکرر آب انتقالی به استان بوشهر از سال ۱۳۹۴، تخریب خط انتقال آب اصفهان به یزد در سال ۱۳۹۱، ناآرامی‌های تابستان ۱۳۹۷ درشهرهای برازجان، آبادان، خرمشهر، کازرون، بوشهر و برخی شهرهای استان اصفهان (The Research Center of Islamic legislative Assembly, 2022) نمونه‌هایی از امنیتی شدن مسئله آب در ایران است و پژوهشگران (Karami & Bahrman, 2017; Nouri Imamzad & Mirshekaran, 2019) در خصوص گسترش آن هشدار می‌دهند. به ویژه آن که قرابت شکاف‌های مذهبی و قومی و میزان برخورداری از آب در نقاط مرزی می‌تواند محرک تشدید شکاف‌ها و گرایشات گریز از مرکز باشد. همچنین بحران آب می‌تواند شکاف فقر را تقویت و سیل مهاجران سفید و حاشیه نشینی و احساس نابرابری را به دنبال داشته باشد و به احساس ناعدالتی، خشونت و آسیب‌های اجتماعی دامن بزند (Esmailifard & Kaveh Firouz, 2016). مسئله امنیت آب در ایران تمامی شروط هاگ وود و گان (Malek Mohammadi, 2015) را برای ورود یک موضوع به دستورکار سیاستی دارد. یعنی به میزانی پررنگ شده که امکان نادیده انگاری آن برای سیاستگذار وجود ندارد. همچنین ماهیت موضوع بزرگ و تاثیرات آن فراگیر است و لذا مورد توجه رسانه‌ها به دلیل منافع انسانی قرار می گیرد و مهم‌تر آن که با مسئله قدرت و مشروعیت دولت مرتبط شده است. لذا مسئله امنیت آب گرچه با صورت‌بندی و راه‌حل‌های نادرست وارد چرخه سیاستگذاری عمومی شده است اما آنچه نیازمند توجه مضاعف می‌باشد؛ مسئله آب و امنیت آبی در استان‌های شمالی ایران است که در گذشته فاقد مشکل آبی بوده‌اند.

به گزارش شرکت مهندسی آب و فاضلاب در سال ۱۴۰۰ از مجموع ۲۸۲ شهر دارای تنش آبی ۴۵ شهر درحوزه آبریز دریای مازندران قرار دارند (The Research Center of Islamic legislative Assembly, 2022). موضوع مهمی که در مورد

این مناطق در سطح افکار عمومی و حتی بخشی از کارگزاران اجرایی محلی از اعراب ندارد. وضعیت امنیت آب در شش بعد منابع و مصارف آب، اجتماعی، اقتصادی، محیطزیستی، مخاطرات آبی و استقلال آبی حوضه آبریز دریای مازندران با امید به بهبود روند سیاستگذاری‌ها در مسیر پایداری.

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

در مقاله (Zakeri et al., 2022) امنیت حوزه‌های آبخیز بزرگ ایران را طی یک دوره ۲۰ ساله در فواصل زمانی ۵ ساله (۱۹۹۶، ۲۰۰۱، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶) و بر اساس هشت شاخص: سرانه منابع آب تجدیدپذیر، شدت مصرف آب، بهره‌وری آب، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی، کیفیت آب، دسترسی به آب آشامیدنی و مدیریت آلودگی، تغییر در محدوده پوشش سبز و تغییرات در پهنه‌های وسیع آبی با استفاده از روش فرآیند شبکه تحلیلی[1] مورد سنجش قرار داده اند.

بر اساس این پژوهش میانگین مقادیر محاسبه شده برای امنیت آب در حوضه‌های بزرگ دریاچه ارومیه، دریای مازندران، خلیج‌فارس و دریای عمان، قره قم، فلات مرکزی و حوضه‌های بزرگ مرز شرقی به ترتیب برابر با ۰/۴۵۵، ۰/۴۴۲، ۰/۴۱۰، ۰/۳۴۵، ۰/۳۲۶ و ۰/۳۲۳ است. اگرچه شیب امنیت آب در بازه‌های زمانی مختلف تغییر کرده؛ اما در مجموع امنیت آب بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ در سرتاسر شش حوضه آبخیز کاهش یافته است و نتیجه می‌گیرند با توجه به این که امنیت آب یکی از مولفه‌های مهم امنیت ملی و وجود بحران‌های آبی است؛ مدیریت پایدار منابع آب و توجه به الزامات سیاسی، اجتماعی و اقتصادی و ایجاد تعادل مناسب بین مصارف و منابع آب برای جلوگیری از بحران‌های احتمالی آینده ضروری است.

فرضیه پایین بودن سطح امنیت آبی ایران و تبدیل آن به یکی از مهمترین تهدیدهای اکولوژیک دستمایه مقاله (Sakson-Boulet, 2019) است. در این مقاله تلاش شده با استفاده از روش کمی، روش تصمیم‌گیری و تحلیل نهادی و قانونی، به سؤالات زیر پاسخ داده شود: ۱. ایران چه منابع آبی دارد و آیا شهروندان از کمبود آب رنج می‌برند؟ ۲. آیا مدیریت آب‌های زیرزمینی، مخازن بسته و رودخانه ها پایدار است؟ ۳. آیا اقدامات مقامات ایرانی از امنیت هیدرولوژیکی کشور محافظت می‌کند؟ نویسنده به این نتیجه می‌رسد که ایران با بحران اکولوژیکی ناشی از کاهش منابع آب شیرین و ناپایدار بودن مدیریت منابع روبه‌روست که به بحران جدی محیطزیست منجر می‌شود و برخی از تصمیمات سیاستی در بخش کشاورزی، صنعت و خانوار مشوق استفاده نامحدود از منابع آبی و تشدید بحران است.

میشل (Michel, 2017) نیز ایران را با بحران فزاینده آب مواجه می‌داند و معتقد است؛ سیاست‌های دولت همچون پرداخت یارانه به مصارف شهری، آب کشاورزی، پرداخت یارانه غذا و انرژی سبب می‌شود که مشتریان داخلی به میزان قابل توجهی کمتر از هزینه واقعی تامین و استحصال آب بپردازند و این روند میزان و توزیع جغرافیایی آب مورد نیاز ایران را مخدوش می‌کند. به باور نویسنده بخش دیگر از کاهش امنیت آب ایران ناشی از تداوم تغییرات اقلیمی است که کاهش کمیت، تنزل کیفیت، اختلال در زمان‌بندی فصلی و توزیع جغرافیایی منابع آب را موجب می‌شود.

مقاله دیگری (Karandish et al., 2017) تمرکز ایران بر سیاست خودکفایی غذایی را منجر به افزایش حجم آب در دسترس برای آبیاری با کم توجهی به بهره‌وری مصرف آب و عدم توجه به نقش مصرف و تجارت می‌داند. به نظر آنها سیاست فعلی غذا و آب ایران را می‌توان با کاهش ردپای آب تولید محصول به سطوح معیار مشخص در هر محصول و منطقه اقلیمی و همسو کردن الگوهای کشت با تفاوت‌های فضای در دسترس و بهره‌وری آب و با توجه به افزایش سرانه مصرف غذا بهبود بخشید.

مارک زیتون در پاسخ به چرایی ناکامی تلاش دولت‌ها و سازوکارهای جهانی در تامین امنیت آب معتقد است؛ کاستی‌های اصلی سیاست و تفکر حاکم بر امنیت آب ناشی از تحلیل‌های محدود و جبری مبتنی بر جداسازی فرآیندهای بیوفیزیکی و اجتماعی منابع آب و استفاده از آنها است. ابزار مفهومی ابداعی وی تحت عنوان «وب امنیت آب» بر قرائت ترکیبی از فرآیندهای اجتماعی و بیوفیزیکی تأکید دارد. این فرآیندها دریک زمینه اجتماعی- اقتصادی و سیاسی مملو از عدم تقارن قدرت انجام می‌شود. به طوری که امنیت آب برای برخی به ناامنی آبی دیگران بستگی دارد. نویسنده پیشنهاد می‌کند که امنیت آب در درازمدت با اصول تعادل بین حوزه‌های امنیتی مرتبط و به توزیع عادلانه منابع بین بازیگران درگیر هدایت شود.

به باور وی سیاست بلندمدت امنیت آب باید به دنبال تعادل میان «منابع امنیتی طبیعی» (غذا، آب، انرژی، آب و هوا) و برابری بین افراد، جوامع و ملت‌های درگیر باشد. این سیاست باید فراتر از ملاحظات بیوفیزیکی گسترش یابد و گزینه‌های ناشی از

فرآیندهای اجتماعی مرتبط مانند عامل انسانی، معیشت و ظرفیت سازگاری را در بر گیرد. همچنین امنیت آب در درازمدت از طریق هماهنگی سیاست‌ها در بخش‌های مختلف، به عنوان مثال بین وزارتخانه‌های منابع آب، تجارت و امور خارجه تامین خواهد شد (Zeitoun, 2011).

پربیک با اشاره به افزایش محدودیت‌های دسترسی به مقادیر کافی آب که خود را در قالب تنش آبی نشان می‌دهد از اصطلاح «طلای آبی» استفاده می‌کند (Prebilič, 2019). تنش آبی اولین شکل تهدید برای امنیت آب است و می‌تواند تمامی سیستم‌های اجتماعی را متاثر سازد و امنیت آبی را به اساسی‌ترین عنصر امنیت ملی و حلقه ضعیف بالقوه در تامین امنیت بسیاری از کشورهای جهان تبدیل کند.

نویسنده پیشنهاد می‌کند در حوزه مدیریت منابع آب ابتدا باید بر مصرف منابع تمرکز کنیم و به فوریت مقادیر غیرمنطقی آب مصرفی و تفاوت بین مناطق توسعه یافته و توسعه نیافته را در نظر گرفته و تلفات آب را هم در استفاده اقتصادی و هم در استفاده فردی کاهش دهیم. ابزار اجرای این توصیه سیاستی سازوکارهای هماهنگ کردن قیمت‌ها و بار مالیاتی اضافی برای بزرگترین و شاید غیرمنطقی‌ترین اشکال مصرف است.

مرور مطالعات امنیت آب نشان می‌دهد که ابعاد اقتصادی و اجتماعی، منابع آب از نظر کمیت و کیفیت مطمئن برای اکوسیستم و انسان، مخاطرات آبی و تأمین امنیت غذایی از مهم‌ترین ابعاد امنیت آب بوده است (Sun et al., 2016) .در سازمان‌های معتبر جهانی، امنیت آب به گونه‌های مختلف تعریف شده و بر شماری از ابعاد امنیت آب تاکید بیشتری بوده است. به عنوان مثال، مشارکت جهانی آب[۳] ابعاد امنیت آبی را پایداری استفاده از منابع آب مقرون به صرفه برای اکوسیستم و مردم تبیین کرده است (Dunn et al., 2013) .

جدول (۱):بررسی ابعاد امنیت آبی در پژوهش‌های پیشین (zekri,2017)

پژوهش‌های پیشین	ابعاد امنیت آب
(GWP, 2000)	تأمین نیازهای اساسی انسان و اکوسیستم، تأمین امنیت غذایی توزیع و حکمرانی عادلانه و عاقلانه منابع آب، مدیریت مخاطرات آب، ارزش نهادن واقعی آب
(Cook &Bakker, 2012)	دسترسی به منابع آب برای تأمین نیازهای اساسی انسان و پایداری محیطزیست، آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات آبی
(WaterAid, 2012)	دسترسی پایدار به منابع آب از لحاظ کمی و کیفی ، مخاطرات آبی
(ADB, 2013)	امنیت آب اجتماعی و شهری، امنیت آب فردی، امنیت آب اقتصادی، امنیت آب محیطزیست، برگشت‌پذیری و آسیب پذیری در مقابل مخاطرات آبی
(UNWATER, 2013)	دسترسی به منابع آب با کمیت کافی و کیفیت مناسب برای رسیدن به زندگی پایدار و توسعه اقتصادی–اجتماعی، برگشت پذیری نسبت به مخاطرات آبی، حفظ اکوسیستم پایدار و دسترسی به مقدار آب کافی برای داشتن ثبات سیاسی
(Dickson et al., 2016)	دسترسی پایدار به منابع آب، تأمین سلامتی و رفاه مردم، حفاظت از محیطزیست، پایداری عملکرد زیرساخت‌ها و سیستم تصفیه فاضلاب بر اساس ظرفیت و نیاز جامعه

با توجه به مطالعات موجود، شایان ذکر است که ارزیابی امنیت آبی با استفاده از شاخص‌های ترکیبی و مدل‌های ارزیابی یکپارچه مورد توجه محققین قرار گرفته است. شاخص‌های ترکیبی حاصل مجموعه‌ای از داده‌ها و شاخص‌های مختلف است که مقادیر آن‌ها وضعیت موجود امنیت آب را به صورت یکپارچه به تصمیم‌گیران منعکس می‌کند (Bitterman, & Van Meter, 2016). نمونه استفاده از شاخص‌های ترکیبی در مطالعات ارزیابی امنیت آب، توسعه شاخص پایداری آب با تلفیق ابعاد هیدرولوژیکی، محیطزیستی، مسائل معشیتی و سیاسی (Javes & Alipaz, 2007)، توسعه شاخص با ابعاد منابع آب، محیطزیست، اکولوژی، جامعه، سیاست و اقتصاد و لحاظ ۲۵ زیرشاخص (Ma et al., 2010)، توسعه شاخص امنیت آبی در

چهار بعد امنیت منابع آب، اجتماعی، اقتصادی و محیطزیستی با ۱۶ زیر شاخص (Xiao-jun, 2014) و توسعه شاخص امنیت آب جهانی[۴] با ابعاد موجود بودن آب، دسترسی به خدمات آب، کیفیت آب و مدیریت (Gain et al., 2016)، توسعه شاخص ترکیبی امنیت آبی با در نظر گرفتن ۷ بعد (Shrestha et al., 2018) توسعه شاخص امنیت آبی با ابعاد در دسترس بودن کمی و کیفی آب، اقتصادی- اجتماعی و سازمانی با معیارهای مدیریت آب، برگشت‌پذیری و حکمرانی (Ray & Shaw, 2019)، توسعه امنیت آب شهری با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، محیطزیستی و تأمین آب، بهداشت و جامعه با ۱۱ معیار و ۲۲ زیرشاخص (Khan et al., 2020) توسعه شاخص امنیت آبی با مفاهیم آب مجازی، آب آبی و آب سبز (Veettil et al., 2020)، توسعه شاخص امنیت آبی با ۵ بعد و ۱۲ معیار (Babel et al., 2020) است.

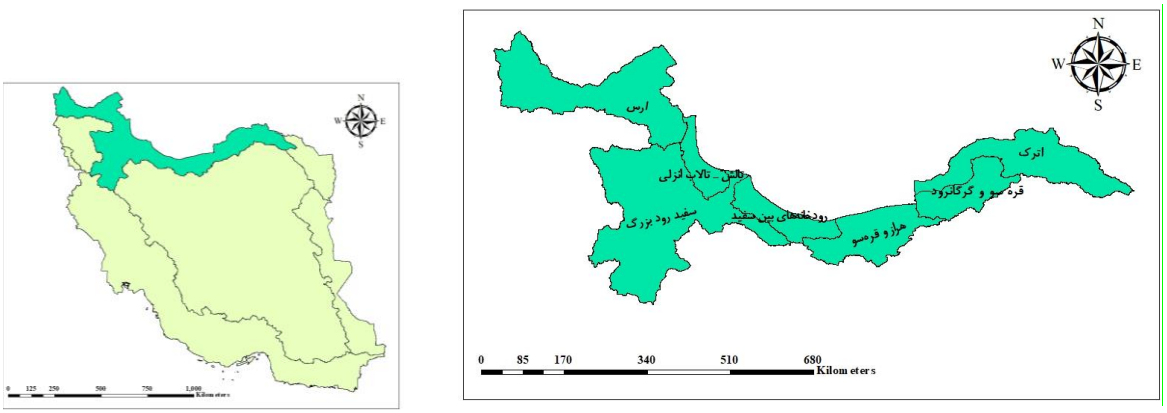
مواد و روش

یکی از مهم‌ترین چالش‌های مطالعات در زمینه ارزیابی امنیت آبی، انتخاب مدل یکپارچه برای مدلسازی امنیت آبی و وزن‌دهی به شاخص‌های ترکیبی بوده است. به دلیل پیچیدگی ماهیت امنیت آب و وجود شاخص‌های بسیار، تاکنون مدل ارجحی پیشنهاد نشده است و در اکثر مراجع روش تحلیل سلسله مراتبی را به منظور وزن‌دهی به شاخص‌ها یا وزن‌دهی یکسان انتخاب کرده‌اند. به همین دلیل روش تحلیل شبکه‌ای به عنوان مدل پیشرفته‌تر نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی و توانایی مدلسازی‌های پیچیده در این پژوهش مدنظر قرار گرفته است.

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، نسخه پیشرفته فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با هدف کاهش محدودیت‌های مدلسازی شرایط واقعی است (Saaty, 1996). این روش در حوزه‌های مختلف همانند تولید و خدمات، بازاریابی و تجارت، مدیریت دانش، مکان‌یابی و انتخاب و ارزیابی به کار رفته است (Rashidi et al., 2013). در بسیاری از مقالات، به برتری فرآیند تحلیل شبکه‌ای نسبت به تحلیل سلسله مراتبی به دلیل در نظر گرفتن ارتباط میان عوامل تأثیرگذار، قابلیت تجزیه‌وتحلیل پیچیده و وابستگی متقابل بین معیارها اذعان شده است (Molinos Senante, 2015; Nekhay et al., 2009; Liang et al., 2013).

در ایران، مطالعات امنیت آبی به صورت یکپارچه و مدون صورت نپذیرفته است. تنها مطالعات در سطح حوضه‌های آبریز، گزارش‌های طرح جامع آب، تدوین شده توسط وزارت نیرو بوده است (Iraghi Nejad, 2016). به علاوه، گزارش‌های تکمیلی اطلس و بیلان منابع آب کلیه حوضه‌های آبریز تهیه شده و به منظور تصمیم‌گیری در پروژه‌های آبی کشور استفاده می‌شود. بنابراین ارزیابی امنیت آبی در حوضه‌های آبریز، به عنوان مطالعات تکمیلی مدیریت یکپارچه منابع آب، ضروری به نظر می‌رسد.

محدوده جغرافیایی مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبریز دریای مازندران است که از ۶ حوضه آبریز درجه دو ارس، تالش- تالاب انزلی، سفیدرود بزرگ، هراز- سفیدرود، هراز- قره سو، قره سو- گرگان‌رود و اترک در این محدوده قرار دارند (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت حوضه آبریز دریای مازندران و حوضه‌های آبریز درجه ۲ واقع در آن

در این پژوهش از رویکردهای توصیفی تحلیلی و مقایسه‌ای استفاده شده تا وضعیت امنیت آب حوضه آبریز دریای مازندران را در راستای شناخت آسیب‌پذیری هر یک از ابعاد امنیت آب در زیرحوضه‌ها بررسی نماید.

نقشه امنیت آبی به شرح چهار مرحله زیر تهیه شده است:

۱. روشن کردن مفهوم شاخص امنیت آبی کل در مقیاس مورد مطالعه

۲. در نظر گرفتن ابعاد مختلف برای محاسبه امنیت آب کل

۳. تعیین معیارهای مختلف در شش بعد امنیت آبی مدنظر این پژوهش و نیز شاخص‌های مرتبط با معیارها،

۴. محاسبه شاخص ترکیبی نهایی و تهیه نقشه امنیت آبی در حوضه آبریز دریای مازندران

در گام اول انجام پژوهش، شاخص‌های پایداری منابع آب ارائه شده توسط وزارت نیرو جمع‌آوری شد. همچنین تلاش شد تا حتی‌الامکان شاخص‌هایی که برای زیرحوضه‌ها موجود بودند و یا از طریق اطلاعات پایه قابل محاسبه بودند، در پژوهش مدنظر قرار گیرند. شاخص‌های نهایی با دو روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای وزن‌دهی شده است. سپس ابعاد امنیت آبی زیرحوضه‌ها محاسبه شده و در گام آخر رتبه‌بندی و امتیاز امنیت آب کل در حوضه آبریز دریای مازندران به دست آمده است. رویکرد این پژوهش، مشابه روش تعیین و ارزیابی شاخص امنیت آب در گزارش‌های جهانی بانک توسعه آسیا[۵] است. در این گزارش‌ها، شاخص امنیت آب برای کشورهای آسیا- اقیانوسیه (به غیر از کشور ایران) در سال ۲۰۱۳ محاسبه شده و در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ بر اساس داده‌های جدید، مجدد به روزرسانی و تحلیل شده است (ADB, 2020; ADB, 2016; ADB, 2013).

با توجه به ابعاد منتخب، معیارها در هر یک از ابعاد امنیت آب در جدول (۲) نشان داده شده است. شاخص‌های ارائه شده توسط وزارت نیرو در این پژوهش استفاده شده است (Ministry of Energy, 2013). هر کدام از شاخص‌ها با توجه به مفاهیم آن‌ها در مفهوم امنیت آبی طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین از در نظر گرفتن برخی از شاخص‌ها (از جمله اکوسیستم‌های ناپایدار و شکننده به تنش‌های ورودی، تأمین نیاز محیط‌زیستی، آمار مرگ و میر ناشی از بیماری‌های آبی، بهره‌وری آب در بخش انرژی و ...) به دلیل کمبود اطلاعات پایه صرف‌نظر شده است. اما تلاش شده است تا حداکثر اطلاعات پایه مورد نیاز برای محاسبه شاخص‌های مرتبط با امنیت آب جمع‌آوری و در پژوهش استفاده شوند. در ادامه، شاخص‌هایی موجود و مورد استفاده، در جدول ذیل ارائه شده است.

امنیت آبی بر اساس دو روش ساختار سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای مدل شده است. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، در ابتدا ساختار سلسله مراتبی تشکیل شده و ماتریس مقایسه زوجی محاسبه شده و وزن محلی معیارها و شاخص‌ها نسبت به هدف مسئله و وزن محلی گزینه‌ها نسبت به معیارها و شاخص‌ها ارائه شده و در نهایت امتیاز نهایی شاخص‌ها حاصل شده است. در فرآیند تحلیل شبکه‌ای، بعد از تشکیل ساختار شبکه‌ای، ماتریس مقایسه زوجی، سوپرماتریس ناموزون و موزون و حدی محاسبه شده و در انتها وزن‌ها حاصل شده است.

پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای و تعیین وزن‌های شاخص‌ها در هر یک از ابعاد امنیت آبی، مقدار شاخص‌ها بی‌بعد شدند. در گام آخر، با روش تجمیع شاخص‌ها، امتیاز معیارها در هر یک از ابعاد امنیت آب و امنیت آب کل برآورد شده است. بیش‌ترین امتیاز برای هر یک از ابعاد امنیت آبی برابر یک و برای امنیت آب کل، عدد ۶ می‌باشد که با هدف درک صریح‌تر از مفهوم شاخص امنیت آب، امتیازها به محدوده ۰-۱۰۰ تغییر مقیاس یافته‌اند. روش مجموع وزن‌دار یکی از روش‌های رایج در تجمیع نهایی شاخص‌ها است که در این پژوهش استفاده شده است:

$$I = \sum_{i=1}^{N} W_i S_i \qquad (۱)$$

در رابطه فوق I، N و S_i و W_i به ترتیب معرف مقدار شاخص نهایی، تعداد زیرشاخص‌ها، زیر شاخص i ام و وزن زیر شاخص iام است.

با توجه به پیچیدگی‌های مدل امنیت آب، نتایج تحلیل شبکه‌ای بر تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی وضعیت امنیت آبی ارجح است. در پژوهش‌های پیشین نیز به برتری روش تحلیل شبکه‌ای نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی در مدلسازی‌هایی که معیارها با یکدیگر وابستگی متقابل دارند اشاره شده است (Liang et al., 2013) با وجود استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در طیف وسیعی از مشکلات تصمیم‌گیری، ضعف‌هایی همانند ساختار سلسله مراتبی بالا به پایین و عدم در نظر گرفتن

وابستگی بین معیارها در این روش وجود داردکه برای حل سیستم‌های پیچیده مناسب نیست و برای زمانی که وابستگی بین معیارها وجود دارد، پیشنهاد نمی‌شود. بر اساس مطالعات بین‌الملل (Saaty,1996; Saaty, 2005) و توانایی روش تحلیل شبکه‌ای در مدلسازی پیچیدگی‌های امنیت آبی و لحاظ کردن ارتباط‌های متقابل، نتایج روش تحلیل شبکه‌ای برای ارزیابی امنیت آبی در نظر گرفته شده است.

جدول (۲): شاخص‌های امنیت آبی منتخب در هر یک از ابعاد امنیت آبی

ابعاد امنیت آب	معیار	شاخص
امنیت منابع و مصارف آب	تعادل عرضه و تقاضای آب	تنش آبی نسبی
		وابستگی به آب زیرزمینی
		پتانسیل بازیابی آبخوان
	توسعه و بهره‌برداری از منابع آب	پتانسیل قابل تنظیم منابع آب سطحی
		میزان توسعه اراضی کشاورزی
		نسبت سطح اراضی تحت کشت
		راندمان آبیاری
	بهبود تخصیص منابع آب	سرانه آب تجدیدپذیر برای هر نفر
		استحصال سرانه آب در سال مبنا
		سرانه مصرف آب خانگی در سال مبنا
		درصد مصرف آب در بخش‌های شرب، صنعت، کشاورزی به کل مصرف
		برداشت و نیاز سرانه آب برای بخش صنعت نسبت به شاغلین
امنیت آب محیطزیستی	آسیب‌پذیری محیطزیستی	حجم پساب تصفیه شده به کل پساب تولیدی
	کیفیت آب	کیفیت آب زیرزمینی
امنیت آب اجتماعی	رشد و توزیع جمعیت	نرخ اشتغال روستایی در بخش کشاورزی
	رفاه اجتماعی ناشی از آب	نسبت برخورداری کمی سرانه کل
		نسبت برخورداری کمی سرانه مصرف خانگی
		درصد تحت پوشش شبکه توزیع آب شهری و روستایی
امنیت آب اقتصادی	افزایش بهره‌وری آب	ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی
		ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت
		بهره‌وری آب در تولید کشاورزی
		بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی
		آب به حساب نیامده
	تنوع‌بخشی مالی	سهم هزینه آب از هزینه تولید در بخش کشاورزی
		سهم هزینه آب از سبد هزینه خانواده
		نسبت سرمایه‌گذاری غیردولتی به کل سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در بخش آب
امنیت مخاطرات آبی	–	پتانسیل تولید سیل
		شدت میانگین خشکسالی هیدرولوژیک
		تغییر اقلیم (دما)
		تغییر اقلیم (بارش)
استقلال آبی	–	آب خروجی از حوضه‌ها
		وابستگی به آب سطحی

در جدول (۳) در هر یک از ابعاد شش‌گانه امنیت آبی، شاخص‌هایی که از اهمیت بیشتری نسبت به سایرین و لذا وزن بیشتر در مدل‌سازی برخوردارند درج شده است. اما در خصوص بعد امنیت آب محیطزیستی، با توجه به کم‌تر بودن شاخص‌ها برای هر دو شاخص اهمیت و وزن مشابه در نظر گرفته‌ایم.
نتایج وزن‌های شاخص‌ها به دو روش تحلیل شبکه‌ای و تحلیل سلسله مراتبی ارائه شده است. لازم به ذکر است که مرجع وزن‌دهی شاخص‌ها بر اساس دیدگاه وزارت نیرو انتخاب شده است. بدین‌صورت که برای تعیین برتری نسبی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر در ساختار سلسله مراتبی از دیدگاه وزارت نیرو استفاده شده است. وزن بیشتر شاخص‌ها در هر یک از ابعاد امنیت آبی، نشان‌دهنده تأثیر و اهمیت بیشتر آن شاخص در نیل به آن بعد از امنیت آبی مربوطه بوده است. نتایج به دست آمده در جدول (۳) نمایش داده شده است. در این جدول وزن‌ها به دو صورت بدون بعد و درصد نشان داده شده است.

جدول (۳): نمایش شاخص های با اهمیت بالاتر در هر یک از ابعاد امنیت آبی

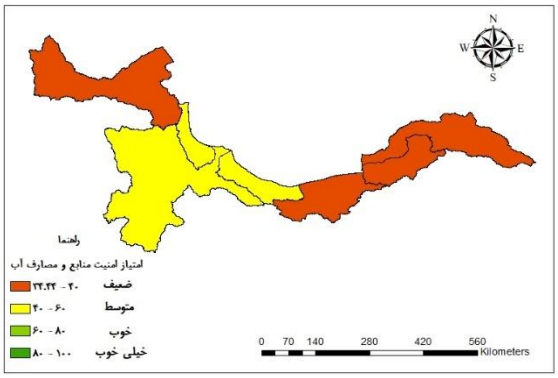
شش بعد امنیت آبی	معرفی شاخص‌ها با بیش‌ترین اهمیت
امنیت منابع و مصارف آب	سرانه آب تجدیدپذیر، تنش آبی، پتانسیل منابع آب سطحی قابل برنامه‌ریزی
امنیت آب اجتماعی	درصد افراد تحت پوشش شبکه توزیع آب، درصد برخورداری خانوارها به سرانه آب خانگی، درصد برخورداری افراد به سرانه کل
امنیت آب اقتصادی	بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی، ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی، میزان سرمایه‌گذاری‌های خصوصی در آب
امنیت آب محیطزیستی	نسبت حجم پساب تصفیه شده به کل فاضلاب تولیدی، کیفیت منابع آب زیرزمینی
امنیت مخاطرات آبی	پتانسیل تولید سیل
استقلال آبی	آب خروجی از حوضه‌های مرزی

یافته‌های تحقیق

در این بخش برترین و آسیب‌پذیرترین زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران براساس امتیازهای کسب شده و شاخص‌های با بیش‌ترین درجه اهمیت، تعیین شده است. لازم به ذکر است که تمامی امتیازهای امنیت آبی و اعداد گزارش شده در این بخش بدون بعد هستند. تصریح می‌شود امتیازهای ابعاد امنیت آبی و امنیت آب کل در محدوده ۱۰۰- ۰ طبقه‌بندی شده و امتیازهای کسب شده در پنج کلاس کیفی با فواصل یکسان (۲۰) دسته‌بندی شده‌اند. طریقه کلاسه‌بندی کیفی امتیازها به این صورت بوده است که بازه ۸۰ تا ۱۰۰ در وضعیت خیلی خوب، بازه ۶۰ تا ۸۰ در وضعیت خوب، ۴۰ تا ۶۰ در وضعیت متوسط، ۲۰ تا ۴۰ در وضعیت ضعیف و ۰ تا ۲۰ در وضعیت خیلی ضعیف دسته بندی شده است.
لازم به توضیح است که نقشه‌های ارائه شده در ادامه متن، بر پایه طبقه‌بندی ذکر شده است. رنگ قرمز برای وضعیت خیلی ضعیف، رنگ نارنجی برای وضعیت ضعیف، رنگ زرد برای وضعیت متوسط ، رنگ سبز کم‌رنگ برای وضعیت خوب و رنگ سبز پررنگ برای وضعیت خیلی خوب در نظر گفته شده است.

امنیت منابع و مصارف آب

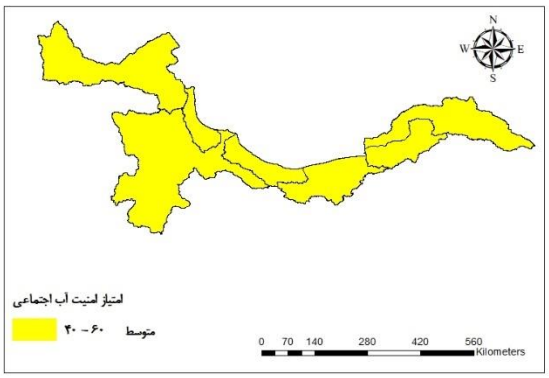
در بعد امنیت منابع و مصارف آب، در دسترس بودن منابع آب تجدیدپذیر و کافی در بخش‌های مختلف شرب، صنعت و کشاورزی با هدف فرآهم نمودن رفاه اجتماعی، کاهش فقر و رشد اقتصادی است. امتیاز امنیت منابع و مصارف آب حاصل مجموع امتیازهای معیارهای عرضه و تقاضای آب، توسعه و بهره‌برداری از منابع آب و تعادل‌بخشی میان مصرف‌کنندگان است. امتیازهای به‌دست آمده برای امنیت منابع و مصارف آب در حوضه آبریز دریای مازندران در محدوده ۵۶/۳۸- ۳۴/۴۴ درصد بوده است (جدول ۴). کل زیرحوضه‌های دریای مازندران وضعیت چندان مطلوبی در بعد منابع و مصارف آب نداشته و نیازمند مصرف بهینه آب در بخش‌های مختلف به خصوص در بخش کشاورزی است (شکل حوضه‌های آبریز درجه ۲ قره سو- گرگان‌رود (۳۴/۴۴) و هراز- سفیدرود (۵۶/۳۸) به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و در کلاس کیفی ضعیف و متوسط قرار گرفته‌اند. سه حوضه آبریز ارس، اترک و هراز- قره‌سو در کلاس کیفی ضعیف و دو حوضه آبریز تالش- تالاب انزلی و سفیدرود بزرگ نیز در کلاس کیفی متوسط قرار می‌گیرند. میانگین کل حوضه در بعد امنیت منابع و مصارف آب با امتیاز ۴۲/۷ در کلاس کیفی متوسط قرار دارد.



شکل (۲): نقشه شرایط امنیت منابع و مصارف آب در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

امنیت آب اجتماعی

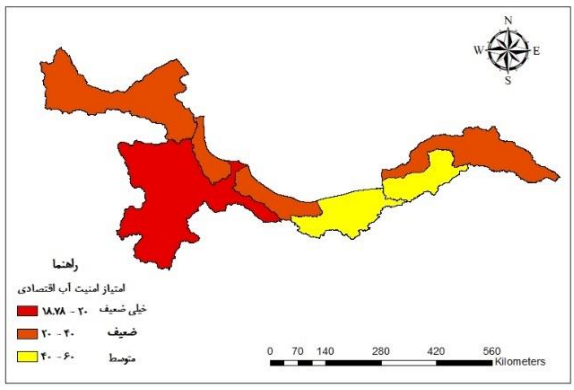
در بعد امنیت آب اجتماعی، وضعیت سلامت جامعه و دسترسی به منابع آب با کمیت و کیفیت مناسب بررسی شده است. شاخص های منتخب عبارت است از مدیریت صحیح برای کاهش هدررفتن آب در شبکه توزیع و دسترسی مردم به شبکه های توزیع آب همراه با وجود مقدار کافی آب. امتیاز امنیت آب اجتماعی (جدول ۴) در زیرحوضه‌ها بین ۵۸/۰۲- ۴۵/۳۶ به دست آمده است و تمامی زیرحوضه‌ها در کلاس کیفی متوسط قرار دارند لذا حوضه آبریز مورد بررسی از نظر امنیت آب اجتماعی در وضعیت متوسط می باشد. همان‌گونه که در جدول (۴) آمده است کلاس کیفی امنیت مصارف و منابع آب و نیز امنیت آب اجتماعی در حد متوسط است، اما با توجه به شاخص‌های قابل دسترس، در زیرحوضه‌ها، امتیازهای بالاتری در امنیت آب اجتماعی (۵۰/۸) نسبت به امنیت منابع و مصارف آب (به جز حوضه هراز–سفیدرود) به‌دست آمده است.



شکل (۳): نقشه شرایط امنیت آب اجتماعی در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

امنیت آب اقتصادی

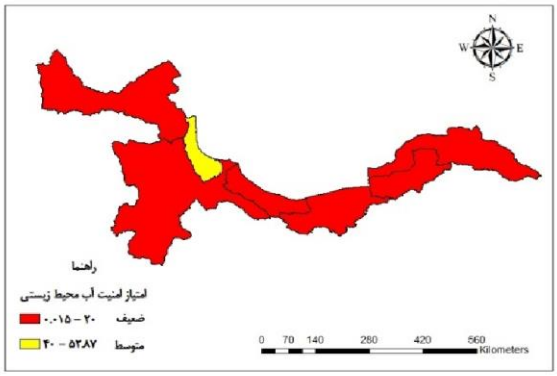
در امنیت آب اقتصادی، زیرحوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ (۱۸/۷۸) و هراز– قره سو (۵۴/۳۶) به ترتیب کمترین و بیشترین امتیازها را کسب کرده‌اند و در کلاس کیفی خیلی ضعیف و متوسط قرار دارند. امتیاز امنیت آب اقتصادی در حوضه آبریز دریای مازندران با امتیاز ۳۳/۷۶ در وضعیت کیفی ضعیف قرار دارد.



شکل (٤): نقشه شرایط امنیت آب اقتصادی در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

امنیت آب محیطزیستی

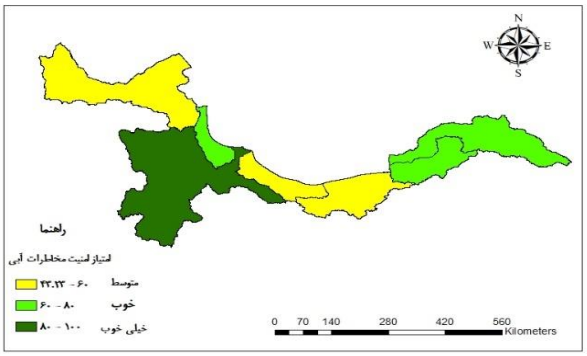
در امنیت آب محیطزیستی، شاخص‌های حجم پساب تصفیه شده نسبت به فاضلاب تولیدی و کیفیت منابع آب زیرزمینی ارزیابی شده است. امنیت آب محیطزیستی نسبت به دیگر ابعاد امنیت آبی در وضعیت بحرانی است و امتیازهای کم‌تری در قیاس با سایر ابعاد امنیت آبی دریافت کرده است. زیرحوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ (۰/۰۱۵) و تالش– تالاب انزلی (۵۲/۸) به ترتیب در جایگاه رتبه آخر و اول قرار گرفته و در وضعیت کیفی خیلی ضعیف و متوسط قرار دارند. وضعیت امنیت آب محیطزیستی را در حوضه آبریز دریای مازندران نشان می‌دهد. از میان ۷ زیرحوضه، ۶ زیرحوضه با امتیاز کمتر از یک، در وضعیت خیلی ضعیف قرار دارند و تنها زیرحوضه با وضعیت کیفی متوسط، تالش– تالاب انزلی است. در انتها، امنیت آب محیطزیستی حوضه آبریز دریای مازندران با امتیاز ۷/۶ در وضعیت کیفی خیلی ضعیف قرار می‌گیرد.



شکل (۵): نقشه شرایط امنیت آب محیط‌زیستی در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

امنیت مخاطرات آبی

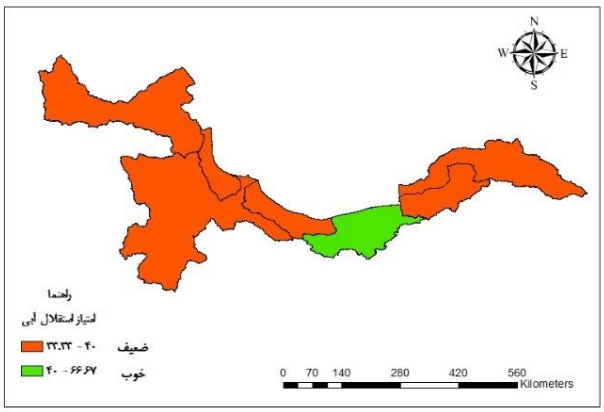
به منظور بررسی وضعیت امنیت مخاطرات آبی، شاخص‌های خشکسالی، پتانسیل احتمال وقوع سیل و روند تغییرات دما و بارش در بازه زمانی طولانی مدت در نظر گرفته شده است. زیرحوضه آبریز ارس با امتیاز ۴۳/۲۳ و حوضه آبریز سفیدرود بزرگ با امتیاز ۸۹/۱۴ به ترتیب کمترین و بیشترین امتیازها را کسب کرده‌اند. میانگین امنیت مخاطرات آب در ان حوضه ۶۰/۵ است و در کلاس کیفی خوب قرار دارد. (شکل ۶) وضعیت امنیت آب مخاطرات آبی را در حوضه آبریز دریای مازندران نشان می‌دهد.



شکل (٦): نقشه شرایط امنیت مخاطرات آبی در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

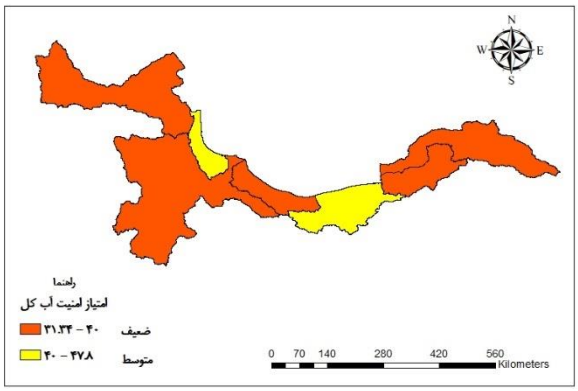
امنیت استقلال آبی

منظور از امنیت استقلال آبی، بررسی میزان آب ورودی و خروجی حوضه است. امتیاز زیرحوضه‌ها در این بعد بین ۳۸/۰۹- ۳۳/۳۳ متغیر است. حوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ، ارس، اترک، هراز- سفیدرود، قره‌سو- گرگان‌رود و تالش- تالاب انزلی با امتیاز تقریبی ۳۳/۳۳ در کلاس کیفی ضعیف قرار دارند و تنها حوضه هراز- قره‌سو با امتیاز ۶۶/۶۷ در کلاس کیفی متوسط قرار دارد. شکل (۷) وضعیت امنیت آب مخاطرات آبی را در حوضه آبریز دریای مازندران نشان می‌دهد.



شکل (۷): نقشه امنیت آب کل

امتیاز امنیت آب کل حاصل شش بعد امنیت منابع و مصارف آب، امنیت آب اجتماعی، امنیت آب اقتصادی، امنیت آب محیط‌زیستی و استقلال آبی است. که امنیت آب کل در حوضه آبریز دریای مازندران در شرایط تقریباً بحرانی است و عدم سیاستگذاری‌های درست می‌تواند وضعیت امنیت آب را بحرانی نماید (شکل نتایج نشان می‌دهد که امتیازهای امنیت آب کل به ترتیب از بیشترین به کمترین مربوط به حوضه‌های تالش- تالاب انزلی (۴۷/۸۸)، هراز- قره‌سو (۴۲/۴۱)، سفیدرود بزرگ (۳۹/۵۱) و قره سو- گرگان‌رود (۳۹/۲۱)، اترک (۳۶/۷۹)، هراز- سفیدرود (۳۵/۲۷) و ارس (۳۱/۳۴) است (شکل ۸).



شکل (۸): نقشه شرایط امنیت آب کل در زیرحوضه‌های آبریز دریای مازندران

جدول (٤): امتیاز ابعاد امنیت آبی و امنیت آب کل درحوضه آبریز دریای مازندران(واحد: بدون بعد)

نام حوضه آبریز	کد حوضه	امنیت منابع و مصارف	امنیت آب اجتماعی	امنیت آب اقتصادی	امنیت مخاطرات	امنیت آب محیط‌زیستی	استقلال آبی	امنیت آب کل
ارس	۱۱	۳۸/۰۵۸	۵۱/۵۶	۲۱/۸۲	۴۳/۲۳	۰/۰۴۸	۳۳/۳۳	۳۱/۳۴
تالش- تالاب انزلی	۱۲	۵۱/۹۶	۵۴/۶۵	۳۱/۷۱	۶۲/۷۴	۵۲/۸۷	۳۳/۳۴	۴۷/۸۸
سفیدرود بزرگ	۱۳	۴۶/۱	۴۹/۶۷	۱۸/۷۸	۸۹/۱۴	۰/۰۱۵	۳۳/۳۳	۳۹/۵۱
هراز- سفیدرود	۱۴	۵۶/۳۸	۴۵/۳۶	۲۴/۳۲	۵۲/۲	۰/۰۲۲	۳۳/۳۳	۳۵/۲۷
هراز- قره‌سو	۱۵	۳۷/۱	۴۷/۵	۵۴/۳۶	۴۸/۶۷	۰/۱۵	۶۶/۶۷	۴۲/۴۱
قره‌سو- گرگانرود	۱۶	۳۴/۴۴	۴۸/۸۷	۵۲/۹۳	۶۵/۵۶	۰/۱۴	۳۳/۳۴	۳۹/۲۱
اترک	۱۷	۳۴/۸۷	۵۸/۰۲	۳۲/۴۱	۶۲/۰۶	۰/۰۶۴	۳۳/۳۴	۳۶/۷۹
میانگین حوضه آبریز مازندران		۴۲/۷	۵۰/۸	۳۳/۷۶	۶۰/۵	۷/۶	۳۸/۰۹	۳۸/۹
حداقل حوضه آبریز مازندران		۳۴/۴۴	۴۵/۳۶	۱۸/۷۸	۴۳/۲۳	۰/۰۱۵	۳۳/۳۳	۳۱/۳۴
حداکثر حوضه آبریز مازندران		۵۶/۳۸	۵۸/۰۲	۵۴/۳۶	۸۹/۱۴	۵۲/۸۷	۶۶/۶۷	۴۷/۸۸

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بعد محیط‌زیستی امنیت در دنیای امروز و ورود مسئله آب به دستور کار سیاستگذاری عمومی ایران در این پژوهش به بررسی ابعاد شش‌گانه امنیت آبی (شامل امنیت آب اجتماعی، امنیت آب اقتصادی، امنیت مصارف و منابع آب، امنیت آب محیط‌زیستی، امنیت مخاطرات و استقلال آبی) در یکی از حوضه‌های آبریز کمتر مورد توجه در مسئله آب ایران، یعنی حوضه آبریز دریای مازندران پرداخته شده است. می‌توان اذعان داشت امنیت آب محیط‌زیستی و سپس امنیت آب اقتصادی و استقلال آبی در وضعیت بحرانی می‌باشند. بهبود امنیت آبی در حوضه آبریز مازندران نیازمند مدیریت یکپارچه و حکمرانی درست در زیرحوضه‌ها است. به این دلیل که هر یک از ابعاد امنیت آبی از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند و بهبود یا کاهش امنیت آبی در هر بعد، همزمان باعث تغییر شرایط امنیت آب در سایر ابعاد و در نتیجه امنیت آب کل خواهد شد، این مهم بیانگر وابستگی متقابل ابعاد امنیت آب است.

پیشنهادات و توصیه‌ها

برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود به منظور مشاهده روندهای تغییر شاخص امنیت آب کل و ابعاد آن در طی زمان و مکان از سایر روش‌های مدلسازی و یکپارچه‌سازی امنیت آب و ارزیابی وضعیت آن استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از وزارت نیرو به دلیل در اختیار قرار دادن گزارش‌های مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور قدردانی می‌کنیم. همچنین از آقای دکتر شهاب عراقی‌نژاد و آقای دکتر محسن ناصری که نقش کلیدی در این تحقیق داشته‌اند سپاسگزاریم.

یادداشت‌ها

1. Analytic Network Process (ANP)
2. Water Footprint(WFP)
3. Global Water Partnership (GWP)
4. Global Water Security Index (GWS)
5. Asian Development Bank (ADB)

منابع

Abdollah Khani, A. (۲۰۱۰). Security Theories. Tehran: Abrar Contemporary Cultural Institute for Studies and Research. (in persian)

ADB. (2013). Asian water development outlook 2013: Measuring water security in Asia and the pacific. Philippines: Mandaluyong City: Asian Development Bank.

ADB. (2016). Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the pacific. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank.

ADB. (2020). Asian Water Development Outlook 2020: Advancing water security across Asia and the Pacific. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank.

Babel, M.S., Shinde, V.R., Sharma, D., Dang, N.M. (2020). Measuring Water Security: A Vital Step for Climate Change Adaptation. Environmental Research.

Bitterman, p., Tate, E., & Van Meter, K. (2016). Water security and rainwater harvesting: A conceptual framework and candidate indicators. Applied Geography, 75-84.

Buzan, B. (۲۰۰۰). Introduction to the Copenhagen School in the Field of Security Studies. Strategic Studies Quarterly, ۱۵-۹. (in persian)

Buzan, B. (۲۰۰۹). People, States, and Fear. Tehran: Institute for Strategic Studies. (in persian)

Buzan, B., Weaver, A., & Pope, D. (۲۰۰۷). A New Framework for Security Analysis. Tehran: Institute for Strategic Studies. (in persian)

Cook, C., & Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. Global Environmental Change, 94–102.

Dickson, S. E., Schuster-Wallace, C. J., & Newton, J. J. (2016). Water Security Assessment Indicators: The Rural Context. Water Resources Management,30(5), 1567-1604.

Dunn, G., Bakker, K., & Norman, E. (2013). Water Security Indicators: The Canadian Experience. Workshop Proceedings Paper – Global Water Partnership: Expert consultation on water security.

Esmailifard, M., & Kaveh Firouz, H. (۲۰۱٦). Pathology of Water Policy in Iran. Socio-Cultural Strategy, No. ۲۱, ۱۹۷-۱٦۹. (in persian)

Falk, R. (۲۰۰۱). Realism Theory and World Security. In J. Rozna, Critical Assessments in the Field of International Security (pp. ۱۲۰-۱۲۰). Tehran: Ney Publishing. (in persian)

Gain, A. K., Giupponi, C., & Wad, Y. (2016). Measuring global water security towards sustainable development goals. Environmental Research Letters, 11(12). doi:10.1088/1748-9326/11/12/124015

GWP. (2000). Towards Water Security: A Framework for Action. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership.

Iraghi Nejad, Sh. (۲۰۱٦). Preparation of a Water Security Atlas (Supplementary explanations regarding the proposed plan for preparing a Water Security Atlas. Tehran: Unpublished. (in persian)

Jackson, R., & Sorenson, G. (۲۰۰٦). An Introduction to International Relations. Tehran: Mizan. (in persian)

Javes, Henrique; Alipaz, Suzana;. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. Water Resources Management(21), 883-895. doi:DOI: 10.1007/s11269-006-9107-2

Karami, M., & Bahrman, T. (۲۰۱۷). Future Studies of the Water Crisis and Its Security Challenges (Case Study: Rafsanjan City). Quarterly Journal of Law Enforcement Science, ۲۱, ۸۰-٤۹. (in persian)

Karandish, Fatemeh; Arjan, Y; Hoekstra, Y;. (2017). Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: the Case of Iran. Water 9, no. 11:.

Kaviani-Rad, M. (۲۰۱۱). Environmental Security from a Geopolitical Perspective. Quarterly Journal of Applied Research in Geographical Sciences, ۲۳, ۱۰٦-۸۵. (in persian)

Kaviani-Rad, M. (۲۰۱۳). Explanation of the Relationship between Ecology and Politics in a Collection of Political Ecology Articles. Tehran: Strategic Studies Research Institute. (in persian)

Khan, S., Guan, Y., Khan, F., & Khan, Z.A. (2020). A Comprehensive Index for Measuring Water Security in an Urbanizing World: The Case of Pakistan's Capital. water.12.

Liang , Xingyu; Sun, Xiuxiu; Shu , Gequn; Sun, Kang ; Wang, Xu ; Wang, Xinlei;. (2013). Using the analytic network process (ANP) to determine method of waste energy recovery from engine. Energy Conversion and Management, 66, 304-311.

Ma, H., Liu, L., & Chen, T. (2010). Water security assessment in Haihe River Basin using principal component analysis based on Kendall . Environmental monitoring and assessment, 539-544.

Malek Mohammadi, H. (۲۰۱۵). Foundations and Principles of Public Policy Making. Tehran: Samt.

Michel, D. (2017). Iran's Impending Water Crisis. In D. Reed, Water, Security and U.S. Foreign Policy. Routledge.

Ministry of Energy. (۲۰۱۳). Studies on Updating the National Water Master Plan. Tehran: Water and Irrigation Department. Office of Water Planning. (in persian)

Molinos-Senante, M. G.-S.-G. (2015). Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach. Science of the Total Environment, 532, 676-687.

Nekhay, O., Arriaza, M., & Boerboom, L. (2009). Evaluation of soil erosion risk using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish mountain olive plantations. Journal of environmental management, 90(10), 3091-3104.

Nouri Imamzad, H., & Mirshekaran, Y. (۲۰۱۹). The Effect of Climate Change on Unrest Resulting from Water Resources Tension (Case Study: East Isfahan). Climate Change Research, Issue ۳, ۵۱-۳۵. (in persian)

Prebilič, V. (2019). Water (in) security. modern security paradigm. Journal of Geography, Politics and Society,9(2).

Rashidi, P., Ghafari, A., & Tabatabaei, V. (۲۰۱۳). A Review of the Literature on the Network Analysis Process. Journal of Industrial Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, ۸ (۲٤), ۱٤٤-۱۳۳. (in persian)

Ray B., Shaw R. . (2019). Developing Water Security Index for Urban Areas. In S. R. Ray B., Urban Drought. Disaster Risk Reduction (Methods, Approaches and Practices). Singapore: Springer.

Saaty, T. (2005). Theory and Applications of the Analytic Networkprocess: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. RWS Publications.

Saaty, T. L. (1996). The analytic network process: decision making with dependence and feedback; the organization and prioritization of complexity. Rws publications.

Sakson-Boulet, A. (2019). Selected Aspects of Iran's Hydrological Security. Strategic Review, (12), 335–350.

Shrestha, S.; Aihara, Y.; Bhattarai, A.P.; Bista, N.; Kondo, N.; Futaba, K.; Nishida, K.; Shindo, J. (2018). Development of an objective water security index and assessment of its association with quality of life in urban areas of developing countries. SSM Popul Health, 276-285.

Sun, Fu; Staddon, Chad; Chen, Minpeng;. (2016). Developing and applying water security metrics in China: experience and challenges. Current Opinion in Environmental Sustainability(21), 29-36.

The Research Center of Islamic legislative Assembly. (2022). Studying the State of Drinking Water Tension in the Country in ۱٤۰۰. Tehran: Research Center of the Islamic Consultative Assembly. (in persian)

Treff, T., Craft, A., James, L., & Morgan, P. (۲۰۰٤). Modern Security Studies. (A. Tayeb, & V. Yezrgi, translators) Tehran: Institute for Strategic Studies. (in persian)

UNWATER. (2013). Water Security & the Global Water Agenda. Landon: United Nations University.

Veettil, Anoop Valiya; Mishra, Ashok;. (2020). Water security assessment for the contiguous United States using water footprint concepts. Geophysical Research Letters, 47(7). doi:10.1029/2020GL087061

WaterAid. (2012). Water Security Framework. Retrieved from WaterAid: https://www.wateraid.org/ publications

Xiao-jun, W. J.-y.-h.-m.-t. (2014). Catastrophe theory to assess water security and adaptation strategy in the context of environmental change. Mitigation and adaptation strategies for global chang, 463-477.

ZakerI, M., Mirnia, S., & Moradi, H. (2022). Assessment of water security in the large watersheds of Iran. Environmental Science & Policy,Volume 127,, 31-37.

Zeitoun, M. (2011). The Global Web of National Water Security. Global Policy,Volume2, Issue3,, 286-296.

Zekri, A. (۲۰۱۷). Evaluating Water Security Indicators at the National Level. Tehran: Master's Thesis, University of Tehran. (in persian)