Environmental Sciences *(Environ. Sci.)* Vol 21, Issue 4, 2023: 203-220 **ISSN: 2588-6177**

Original Article

The Conceptual Framework for Measuring and Evaluating Urban Water Security (Case Study: Ahvaz Metropolis)

Received: 2023.06.24
Accepted: 2023.11.19

Houshang Moradi, Saeed Maleki,* Saeid Amanpour

Department of Geography and Urban Planning, Faculty of literature Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Introduction: Achieving urban water security is a major challenge for many countries. Urban water security has created significant concern for urbanization and climate change. Having integrated management can help to understand the mechanisms that affect the long-term water security of a city. Today, the metropolis of Ahvaz has become one of the largest cities in Iran due to the development of economic, social, cultural, and political activities with the growing population. Considering that the process of urban construction and development and excessive population growth in this metropolis was not subject to a pre-determined and codified plan and its water supply and distribution plans were not consistent with the increase in population, in this city, like all the big cities of Iran and the world, there are various problems in terms of water security. The continuation of this trend is all reason for the need for comprehensive planning and assessment of water security for the future.

Material and Methods: To analyze the trend of changes in climatic parameters of precipitation and discharge of Ahvaz station, the period of 70 years (1330 - 1400) was studied and the time trend of changes in the aforementioned climatic parameters was calculated using the Menkendall non-parametric test in the monthly, seasonal and annual time series during the statistical period of the study.

Results and Discussion: The results showed that during the studied period of the year, there have been changes in climatic parameters in the city of Ahvaz in the form of a decrease in precipitation and a decrease in discharge, and this has had consequences for the metropolis of Ahvaz. This study presents a systematic approach to better understanding urban water security, with a working definition and an assessment framework for application in urban areas. The assessment framework for achieving urban water security depends on four main dimensions: drinking water and humans, ecosystems, climate change, and risks related to water and socio-economic factors.

Conclusion: This framework allows further analysis of the relationships and trade-offs between urbanization and water security, as well as between the aforementioned indicators. Applying this framework will help governments, policymakers, and water stakeholders target scarce resources more effectively and sustainably. This study shows that achieving urban water security requires a comprehensive and integrated approach with common stakeholders to provide a meaningful way to improve the management and understanding of urban water security.

Keywords: Water security assessment, integrated management, Ahvaz

How to cite this article:
Moradi, H., Maleki, S. and Amanpour, S., 2023. The conceptual framework for measuring and evaluating urban water security (case study: Ahvaz metropolis). Environ. Sci. 21(4): 203-220

* **Corresponding Author Email Address:** malekis@scu.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2023.1317

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی، ۲۲۰-۲۰۳ : (۴) ۲۱، ۱۴۰۲ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

چارچوب مفهومی سنجش و ارزیابی امنیت آب شهری (مورد مطالعه: کلان‌شهر اهواز)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

هوشنگ مرادی، سعید ملکی* ، سعید امانپور

گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: دستیابی به امنیت آب شهری یک چالش بزرگ برای بسیاری از کشورها است. امنیت آب شهری یک نگرانی عمده در زمینه‌ی شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی ایجاد کرده است. امروزه کلان‌شهر اهواز، با رشد فزاینده جمعیت به سبب توسعه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی به یکی از بزرگ‌ترین شهرهای ایران تبدیل شده است با توجه به اینکه روند ساخت‌وساز و توسعه شهری و رشد بی‌رویه جمعیتی در این کلان‌شهر، تابع برنامه مدون و از پیش تعیین‌شده‌ای نبوده و برنامه‌های تأمین و توزیع آب آن با افزایش جمعیت همگون نبوده است؛ لذا در این شهر نیز همانند تمام شهرهای بزرگ ایران و جهان از لحاظ تأمین امنیت آب مشکلات گوناگونی وجود دارد. ادامه این روند همگی دلایلی برای نیاز به یک برنامه‌ریزی و ارزیابی جامع از امنیت آب برای آینده هست.

مواد و روش‌ها: در ادامه این پژوهش به‌منظور تحلیل روند سری زمانی تغییرات پارامترهای اقلیمی بارش و میزان دبی ایستگاه اهواز طی بازه زمانی ۷۰ ساله (۱۴۰۰ – ۱۳۳۰) موردبررسی قرار گرفت و روند زمانی تغییرات پارامترهای اقلیمی مذکور با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال در سری زمانی ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه گردید.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که طی روند زمانی مورد مطالعه سال تغییراتی در پارامترهای اقلیمی مذکور بر شهر اهواز در وجه کاهش بارش و کاهش میزان دبی، خود را نشان داده است و پیامدهایی را برای کلان‌شهر اهواز در پی داشته است. این مطالعه یک رویکرد سیستماتیک برای درک بهتر امنیت آب شهری، با یک تعریف کاری و یک چارچوب ارزیابی برای اعمال در مناطق شهری ارائه می‌کند. تعاریف عملیاتی پیشنهادی از امنیت آب شهری بر اساس هدف توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN) در مورد آب و فاضلاب و حقوق بشر است. چارچوب ارزیابی برای دستیابی به امنیت آب شهری به چهار بُعد اصلی بستگی دارد: آب آشامیدنی و انسان، اکوسیستم، تغییرات آب‌وهوا و خطرات مرتبط با آب و عوامل اجتماعی- اقتصادی.

نتیجه‌گیری: این چارچوب بیشتر امکان تجزیه‌وتحلیل روابط و تجارت بین شهرنشینی و امنیت آب و همچنین بین شاخص‌های فوق‌الذکر را فراهم می‌کند. به‌کارگیری این چارچوب به دولت‌ها، سیاست‌گذاران و ذینفعان آب کمک می‌کند تا منابع کم را به‌طور مؤثرتر و پایدارتر هدف قرار دهند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دستیابی به امنیت آب شهری نیازمند رویکردی جامع و یکپارچه با ذینفعان مشترک برای ارائه راهی معنادار برای بهبود مدیریت و درک امنیت آب شهری است.

واژه های کلیدی: برنامه‌ریزی یکپارچه، امنیت آبی، کلان‌شهر اهواز

استناد به این مقاله: *مرادی، ه.، س. ملکی و س. امانپور. ۱۴۰۲. چارچوب مفهومی سنجش و ارزیابی امنیت آب شهری (مورد مطالعه: کلان‌شهر اهواز). فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۴):۲۰۳-۲۲۰.*

* **Corresponding Author Email Address:** malekis@scu.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2023.1317

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

جهان در حال گذار به شهرنشینی است که تحت تسلط سکونتگاه‌های انسانی و فعالیت‌های اقتصادی است. شهرنشینی منجر به افزایش نیاز به مدیریت منابع آبی در مقیاس شهری می‌شود (Milhahn., 2019)؛ درحالی‌که در دهه ۱۹۵۰ تنها ۳۰ درصد از ساکنان جهان در شهرها زندگی می‌کردند، در سال ۲۰۰۷ این درصد به بیش از ۵۰ درصد افزایش یافت. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، دوسوم جمعیت جهان شهرنشین باشند (UN, 2014). در بسیاری از موارد، روند سرعت سریع شهرنشینی بیش از ظرفیت دولت‌ها برای پاسخگویی است که منجر به انواع مشکلات مرتبط با آب، از جمله تأمین آب ناکافی، فقدان سرویس‌های بهداشتی، مدیریت ناموفق سیلاب‌ها که باعث تخریب اکوسیستم می‌شود (Narain *et al*., 2013; Sadoff *et al*., 2015; Varis *et al*., 2006). شهرنشینی، امنیت آب شهری و رشد اقتصادی در کنار هم حرکت می‌کنند. مقوله امنیت در ابعاد گسترده به‌عنوان بنیادی‌ترین حقوق بشر مورد توجه همه جوامع بین‌الملل بوده است. یکی از مؤلفه‌های اصلی امنیت زیست‌محیطی اثرگذار بر امنیت ملی واحدهای سیاسی و فضاهای انسانی مسئله تأمین آب مورد استفاده در بخش‌های یک واحد جغرافیایی است. ماهیت امنیت آب حاکی از دسترسی به آب کافی با کیفیت و حجم مناسب برای حفظ و پایداری اکوسیستم خشکی، تنوع زیستی و امنیت غذایی است. امنیت آب موضوعی است که با امنیت زیست‌محیطی ارتباط نزدیکی دارد و به‌عنوان یک منبعی نادر، نقش مهمی در پایداری فضاهای منطقه‌ای و جهانی ایفا می‌کند. این ماده حیاتی پیوند شدیدی با امنیت غذا، انرژی، آب‌وهوا، رشد اقتصادی و امنیت انسانی دارد و حتی ممکن است نقش مهمی در ایجاد یک درگیری و یک جنگ داشته باشد که پیامد آن امنیت انسان و تهدید محیط‌زیست را به دنبال دارد (Lozet and Edou., 2013). امنیت آب، یک مفهوم و چالش در حال ظهور به معنی «دسترسی قابل‌اعتماد به مقدار و کیفیت قابل‌قبول آب، برای بهداشت، معیشت و تولید است که امروزه نقش و اهمیت آن در افزایش امنیت غذایی، افزایش‌یافته است و در میان منابع طبیعی، امنیت آب از اصلی‌ترین ارکان دستیابی به توسعه پایدار به شمار می‌رود» (Samaneh., 2016). امنیت آب یک مفهوم نوظهور است که به گفتمان مدیریت آب شهری ارزش می‌بخشد (Bakker., 2012). بااین‌حال، برای اینکه رشد پایدار باشد، پیامدهای امنیت آب شهری ناشی از شهرنشینی سریع باید در دستور کار مراکز توسعه ملی و مدیران شهری باشد Maheshwari *et al*., 2016; Scanlon *et al*., 2017). امنیت آب تحت‌فشار شدید بسیاری از عوامل کلیدی از جمله؛ رشد جمعیت جهان، افزایش جمعیت شهرنشین، آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی درنتیجه فعالیت‌های انسان، استفاده بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی و مسائل ناشی از تغییرات اقلیمی قرار دارد. از طرف دیگر شهرها مظهر تحولات جهان معاصر هستند و هرگونه تغییر بزرگی در هر جای جهان اولین علائم خود را در شهرها نشان می‌دهد. کاهش دسترسی به آب شیرین صدها میلیون نفر را در معرض تنش آبی قرار می‌دهد، عملکرد محصول را کاهش می‌دهد و صدها میلیون نفر دیگر را در معرض خطر گرسنگی قرار می‌دهد (IPCC, 2007). در شهرهای آفریقایی خشک‌سالی شدید، بحران آب، رکود کشاورزی و فقر (Birkmann *et al*., 2022)، در شهرهای خاورمیانه، خشک‌سالی، تنش و ناامنی آبی، بیکاری، طوفان گردوغبار و مهاجرت‌های اقلیمی (Adamo *et al*., 2018) و در شهرهای هند، سیل، امواج گرما و خطرات ساحلی (Karmakar and Pradhan., 2020) به‌عنوان مهم‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی تغییرات آب‌وهوایی در فضاهای شهری شناخته می‌شوند. در ایران نیز بر اساس اعلام شرکت ملی آب و فاضلاب، بیش از ۳۰۰ شهر با تنش شدید آبی مواجه هستند (Iran Water and Wastewater Engineering Company, 2020) و طوفان گردوغبار و فرونشست، چالش بیش از نیمی از شهرها بوده

و همچنین تشدید مهاجرت اقلیمی از شهرهای غربی و جنوبی، نتیجه تغییرات محیطی در ایران است (Mohammadi dehcheshmeh and Ghaedi., 2020).

تمرکز زیاد جمعیت در مناطق شهری تهدیدهایی را برای رفاه اقتصادی، اجتماعی و محیطی ایجاد می‌کند و فشارهایی را بر این سیستم وارد می‌آورند. افزایش جمعیت و نیاز شدید فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی به منبع آب برای توسعه، موجب افزایش مصرف آب در جهان شده است. تنها در طول قرن گذشته جمعیت جهان تقریباً ۴ برابر افزایش‌یافته است درحالی‌که مصرف آب جامعه انسانی به ترتیب ۵، ۸ و ۱۰ برابر برای مصرف بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شهری افزایش‌یافته است. بر این اساس امنیت آب تحت‌فشار افزایش مصرف در جهان قرار دارد (Nazemi and Madani., 2017). کلان‌شهرها به‌عنوان نقاط گره‌گاهی سیستم جهانی، تحت تأثیر مجموعه‌ای از تحولات کلان در مقیاس‌های محلی، ملی و منطقه‌ای، جهانی هستند که کمتر در کنترل تصمیم گیران و مدیران شهری قرار دارد. تغییر اقلیم جهانی، ویژگی جغرافیایی این کلان‌شهر، مسائل زیست‌محیطی، آلودگی منابع آبی و کافی نبودن آب‌های زیرزمینی برای جمعیت حاضر از یکسو و از طرف دیگر افزایش روزافزون مصارف صنعتی آب، وجود صنایع بزرگ و شهرها و شهرک‌های جدید و روبه رشد در اطراف این کلان‌شهر و نیز مصارف عظیم کشاورزی در زمین‌های کشاورزی اطراف اهواز باعث محدودتر شدن منابع آبی می‌شود. ادامه این روند همگی دلایلی برای نیاز به یک برنامه‌ریزی جامع در این زمینه برای آینده هست. با توجه به مطالب فوق دستیابی به امنیت آب در فضاهای شهری اهمیت خاصی دارد. کلان‌شهر اهواز با توجه به ویژگی خاص جغرافیایی از سویی و حادث شدن مسائل زیست‌محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی و عدم تضمین منابع آبی، تنش بر سر آن در آینده از سوی دیگر و افزایش میزان تقاضا، کمبود منابع عرضه، رشد جمعیتی، افزایش مصارف و فعالیت‌های صنعتی زمینه را برای کشمکش و درگیری را فراهم و امنیت فضاهای شهری را خدشه‌دار خواهد کرد؛ بنابراین با توجه به نرخ سریع تحولات و ثابت بودن مقدار منابع آبی از یکسو و افزایش جمعیت میزان عرضه و تقاضا برای آب مصرفی در بخش‌های مختلف رواج فرهنگ مصرف‌گرایی در کلان‌شهر اهواز و مهم‌تر از همه نگاه خطی به مدیریت منابع آب، نگاه کوتاه‌مدت به مفهوم امنیت آب توهم بی‌نهایت بودن منابع آب سطحی و اتخاذ راهبردهای ناصحیح دیگر تهدیدی برای امنیت آب این کلان‌شهر خواهد بود. با نگاه از این زاویه می‌توان ضرورت توجه به ارزیابی و سنجش بهتر امنیت منابع آب و برنامه‌ریزی برای پیشگیری از تنش‌های احتمالی ناشی از تغییرات اقلیمی و دیگر مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تأمین امنیت فضاهای شهری کلان‌شهر اهواز را به‌وضوح دریافت؛ بنابراین مطالعه و ارزیابی امنیت آب شهری در کلان‌شهر اهواز ضرورت خواهد داشت و هدف اصلی در تحقیق حاضر بررسی و چارچوب ارزیابی امنیت آب شهری در کلان‌شهر اهواز است.

پیشینه‌ی تحقیق

در تعریف امنیت آب شهری تعابیر مختلفی وجود دارد. Jia (2002) توضیح داد که ماهیت امنیت منابع آب این است که آیا تأمین آب می‌تواند تقاضاهای معقول را برآورده کند یا خیر. Han (2003) بیان کرد که از نظر نقاط منفی امنیت آب، می‌توان آن را به‌عنوان زوال و اثرات مضر شرایط آب منطقه‌ای تحت عوامل طبیعی و انسانی تعریف کرد. Chang (2004) امنیت آب را یک وضعیت اجتماعی می‌دانست که در آن همه به آب سالم و تمیز دسترسی داشتند و آب می‌توانست نیاز زندگی، تولید و محیط‌زیست محیطی را برآورده کند. Tang (2009) پیشنهاد کرد که امنیت آب شهری مستلزم اتخاذ دیدگاهی طولانی است تا بتوان به دلیل کندی آشکار شدن برخی از فرآیندهای هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اجتماعی و زمان لازم برای سرمایه‌گذاری در آب‌رسانی برای به بار نشستن ثمرات خود، توضیح داد. اصطلاح امنیت به آستانه‌های خاصی اشاره دارد که بیش از آن مصالحه غیر قابل قبول است (Bakker and

Morinville, 2013). امنیت آب شهری مفهومی چندوجهی است و با چارچوب‌ها و مفاهیم گسترده‌تر متابولیسم شهری، امنیت اکولوژیکی، مدیریت یکپارچه آب شهری، شبکه امنیت آب- انرژی- غذایی، مدیریت ریسک، تاب‌آوری و سازگاری مرتبط است. مدیریت و شهرهای حساس به آب (Maheshwari *et al*., 2016; Brown *et al*., 2009)، درک روشنی از هم‌افزایی و مبادلات بین این چارچوب‌ها همچنین وضوح بیشتری در مورد معنای امنیت آب شهری فراهم می‌کند و به عملیاتی کردن سیستماتیک مفهوم امنیت آب، از جمله در سطح شهری کمک می‌کند. مناطق شهری تحولات عمده‌ای را تجربه کرده‌اند و با فشار افزایش تقاضا به دلیل جمعیت و رشد اقتصادی همراه با تغییرات آب و هوایی شدید ناشی از سیل و خشک‌سالی مواجه هستند (sadoff *et al*., 2015; Haddeland *et al*., 2014)، این شرایط تهدیداتی را برای توسعه اجتماعی- اقتصادی و امنیت انسانی و آب ایجاد می‌کند، مانند خدمات ناکافی آب و فاضلاب، مدیریت ناموفق آب طوفان و کیفیت آب و تخریب اکوسیستم (Wheater *et al*., 2015; Gheuens *et al*., 2019). ۸۰ درصد تولید ناخالص داخلی در شهرها تولید می‌شود که عواقب اقتصادی عمده‌ای دارد (Unesco, 2019)؛ بنابراین، تضمین امنیت آب شهری یک چالش فوری است که اگر به‌درستی مورد توجه قرار نگیرد، ممکن است امنیت غذایی، اقتصادی، اکولوژیکی و ملی بشریت را تهدید کند (Jimenez *et al*., 2014; Gerlak *et al*., 2019). امنیت آب یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاران و دولت‌ها است که به‌عنوان یک مفهوم در بیست سال گذشته در مجموعه‌ای از مطالعات و بحث‌ها مورد توجه بیشتری قرارگرفته است و به الگوی رایجی در بین محققان، شرکای توسعه و سیاست‌گذاران متمرکز بر ارزش‌افزوده به مدیریت آب شهری تبدیل شده است (Chad *et al*., 2018; Vorosmarty., 2010). درک امنیت آب یک کار پیچیده است، با تعاریف، تفاسیر و ارزیابی‌های متفاوتی که در رشته‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد آن را به‌عنوان امنیت ملی، سیاسی، فنی یا انسانی تصور می‌کنند (Pahl-Wostl *et al*., 2007; Grey *et al*., 2007). امنیت آب نیز معمولاً یک هدف اولیه مدیریت آب، همراه با مفاهیم مرتبط مانند یکپارچگی، پایداری، سازگاری، انعطاف‌پذیری و پیوند آب، انرژی و غذا است (Biswas., 2004; Clement., 2013). Becher (2023) در پژوهشی تحت عنوان بررسی یک چارچوب ریسک چند مخاطره‌ای برای سیستم‌های آب- رسانی فشار و اختلالات مربوط به آب‌وهوا پرداختند. چارچوب پیشنهادی شامل تست فشار یک مدل از سیستم با مجموعه‌ای بزرگ از خشک‌سالی‌های مکانی منسجم، طوفان و طوفان‌های سیل‌آسا و سیل رودخانه‌ای برای محاسبه تعداد مصرف‌کنندگان آب است که در پی یک رویداد قطع می‌شود. برآورد کرده‌اند که کل اختلالات سالانه مورد انتظار در شرایط فعلی تقریباً ۵ روز در سال به ازای هر مشتری تأسیسات باشد. هنگامی‌که سناریوهای آب و هوایی پایان قرن از طریق مدل منتشر می‌شوند، این میزان بین ۲ تا ۲/۵ درصد افزایش می‌یابد. تجزیه‌وتحلیل حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که رویدادهای خشک‌سالی با احتمال زیاد منجر به CDD[1] بیشتر در مقایسه با رویدادهای خسارت دارایی می‌شود. بااین‌حال، باوجود وقوع خسارت شدید دارایی در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌تر (روزها) در مقایسه با وقایع خشک‌سالی (ماه‌ها) می‌تواند منجر به CDD گسترده‌تر شود. این چارچوب ریسک کمی به مدیران اجازه می‌دهد تا ریسک خسارت دارایی‌ها و اختلالات ناشی از کمبود آب را از طریق یک معیار مشترک و مرتبط با تصمیم‌گیری مقایسه کنند. بااین‌حال، برنامه‌های کاربردی و برای سایر برنامه‌ها نیازمند به رویکردهای مدل‌سازی خطردارند. هدف از ارزیابی ریسک پیشنهادی، آگاه کردن اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی، از حفاظت دارایی تا پروژه‌های کاهش اثرات خشک‌سالی باهدف افزایش خاصیت ارتجاعی تأمین آب در مواجهه با تغییر اقلیم است. Mirzabaev (2023) در پژوهشی به بررسی خطرات شدید تغییرات آب و هوایی برای امنیت غذایی و تغذیه پرداختند

این پژوهش از تعاریف موردتوافق بین‌المللی از خطرات برای امنیت غذایی و تغذیه برای توصیف میزان عواقب نامطلوب استفاده می‌کند. علاوه بر این، این مطالعه شرایطی را ارزیابی می‌کند که تحت آن خطرات ناشی از تغییرات آب و هوایی برای امنیت غذایی و تغذیه بر اساس یافته‌های موجود در ادبیات با استفاده از سناریوهای مختلف تغییر آب‌وهوا و مسیرهای اجتماعی- اقتصادی مشترک می‌تواند تشدید شود. سرانجام، این تحقیق گزینه‌های سازگاری، از جمله اقدامات مدیریت نهادی و اقدامات حاکمیتی را ارائه می‌دهد که اکنون می‌تواند برای جلوگیری یا کاهش خطرات شدید آب‌وهوا برای امنیت و تغذیه غذایی آینده انسان انجام شود.

Apraku (2023) در مطالعه‌ای تحت عنوان امنیت آب در کیپ شرقی، بررسی تأثیرات سیاست و تغییرات آب‌وهوا پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که امروزه دستیابی به امنیت آبی یکی از چالش‌های اصلی بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه است. به گفته کمیسیون تحقیقات آب آفریقای جنوبی، در دسترس بودن آب سالم و مقرون‌به‌صرفه برای تضمین زندگی سالم و سازنده برای همه ضروری است. علی‌رغم استانداردهای ملی تعیین‌شده برای اندازه‌گیری کیفیت آب در آفریقای جنوبی، منابع و «استانداردهای کیفی» آب در روستایی کیپ شرقی همچنان یک نگرانی عمده است. بر اساس تحقیقات تجربی و تعامل با ۱۴۰ پاسخگو این تحقیق نشان می‌دهد که اکثر ساکنان روستایی در کیپ شرقی هنوز از سدها، رودخانه‌ها و نهرها برای مصارف خانگی و کشاورزی به آب دسترسی دارند. باز هم دسترسی به آب در طول سال به دلیل تغییر شرایط آب و هوایی جهانی با دسترسی انسان‌ها و دام‌ها به آب از منابع یکسان تضمین نمی‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی و «سهل‌انگاری» سیاسی- اداری، ناامنی آب را در بیشتر جوامع روستایی آفریقای جنوبی تشدید می‌کند.

Chenchen (2022) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی اینکه تغییرات آب و هوایی چگونه بر زندگی شهری در چین تأثیر می‌گذارد پرداخته است، هدف این مطالعه بررسی تغییرات زیست‌محیطی شهری در فرآیند آسیب‌های شهری و سازگاری تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوا با کشور چین است. یک شاخص ترکیبی بر اساس مدل فشار- وضعیت- واکنش و سه تابع کلیدی شهری شامل معیشت، زیست‌محیطی و تابع تولید ساخته شد. این شاخص برای ارزیابی الگوی فضایی زیست‌محیطی شهری در ۲۹۰ شهر در سطح استانی در کشور چین مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده ناهمگونی فضایی زیست‌محیطی شهری در چین در سراسر قلمرو جغرافیایی، سلسله‌مراتب توسعه اداری و اقتصادی می‌باشد. همچنین نامناسب بودن عملکردهای شهری در شهرهای چین وجود دارد که تولید و معیشت در تسلط زیست پذیری شهری است. این امر مستلزم برنامه‌ریزان شهری و مدیرانی است تا با تقویت عملکرد اکولوژیکی شهری از طریق نوآوری فنی و تحول صنعتی که متناسب با نیازهای سازگاری با آب‌وهوا است، توجه کنند.

Chapagin (2022) در تحقیقی تحت عنوان بررسی امنیت آب شهری: ارزیابی تطبیقی و تحلیل سیاستی پنج شهر در کشورهای مختلف درحال‌توسعه آسیا پرداخته است. در این پژوهش با استفاده از چارچوب ارزیابی یکپارچه امنیت آب شهری مبتنی بر شاخص‌های یکپارچه که با تلفیق دو چارچوب به‌خوبی ایجادشده است، به بررسی وضعیت امنیت آب در پنج شهر مختلف آسیا شکل‌گرفته است، پرداختند: بانکوک، جیپور، هانوی، اسلام‌آباد و مادابا. این مطالعه ارزیابی تطبیقی نتایج شاخص‌ها را انجام می‌دهد و برنامه‌ها، استراتژی‌ها و سیاست‌های شهرها را با شاخص‌های چارچوب یکپارچه برای شناسایی شکاف‌های سیاست‌گذاری و پیشنهاد گام‌هایی برای بهبود مدیریت آب شهری در این پنج شهر به هم مرتبط می‌کند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، هانوی در حال حاضر بهترین وضعیت امنیت آبی را در بین این پنج شهر دارد. علی‌رغم ابعاد چندگانه امنیت آب، برنامه‌ها و سیاست‌های تدوین‌شده در این پنج شهر عمدتاً بر روی بهداشت تأمین آب و رفاه انسان در میان ابعاد مربوط

به چارچوب تمرکز دارد. رویکرد این مطالعه به‌عنوان یک مطالعه نمونه اولیه برای ارزیابی مقایسه‌ای پارامترهای امنیت آب شهری در سراسر شهرها در سطح جهان قابل‌اجرا است.

Aboelnga (2019) در تحقیقی به تعریف و چارچوب ارزیابی امنیت آب شهری پرداختند. چارچوب ارزیابی برای دستیابی به امنیت آب شهری به چهار بُعد اصلی بستگی دارد: آب آشامیدنی و انسان، اکوسیستم، تغییرات آب‌وهوا و خطرات مرتبط با آب و عوامل اجتماعی- اقتصادی. این چارچوب بیشتر امکان تجزیه‌وتحلیل روابط و تجارت بین شهرنشینی و امنیت آب و همچنین بین شاخص‌های مربوطه را فراهم می‌کند. به‌کارگیری این چارچوب به دولت‌ها، سیاست‌گذاران و ذینفعان آب کمک می‌کند تا منابع کم را به‌طور مؤثرتر و پایدارتر هدف قرار دهند. این مطالعه نشان می‌دهد که دستیابی به امنیت آب شهری نیازمند رویکردی جامع و یکپارچه با ذینفعان مشترک برای ارائه راهی معنادار برای بهبود درک و مدیریت امنیت آب شهری است.

Kees (2018) در مطالعه‌ای به داشبورد امنیت آب شهری: رویکرد سیستمی برای شناسایی امنیت آب شهرها پرداختند. در این تحقیق، داشبوردی از ۵۶ شاخص را بر اساس چارچوب فشار- وضعیت- برخورد- پاسخ ایجاد کردند. داشبورد را در ده شهر به کار بردند تا ویژگی‌های مختلف امنیت آب آن‌ها را ثبت کرده و بر اساس نمره شاخص امنیت آب کل شهرها را رتبه‌بندی کنند. بالاترین سطوح امنیت آب را در شهرهای ثروتمند در محیط‌های پرآب (آمستردام و تورنتو) یافتند که در آن امنیت با توانایی شهر برای کاهش خطرات سیل و پایداری وابستگی‌های داخلی برای تأمین آب تعیین می‌شود. کمترین امنیت در شهرهای درحال‌توسعه (نایروبی، لیما و جاکارتا) مشاهده شد. در اینجا، ترکیب فشارهای اجتماعی- اقتصادی بزرگ (مانند رشد سریع جمعیت، زاغه‌ها، تولید ناخالص داخلی پایین، صنایع آلاینده) و پاسخ ناکافی (نهادهای ضعیف و برنامه‌ریزی و مدیریت عملیاتی ضعیف) منجر به انجام نامناسب تمام وظایف سیستم آب شهری می‌شود.

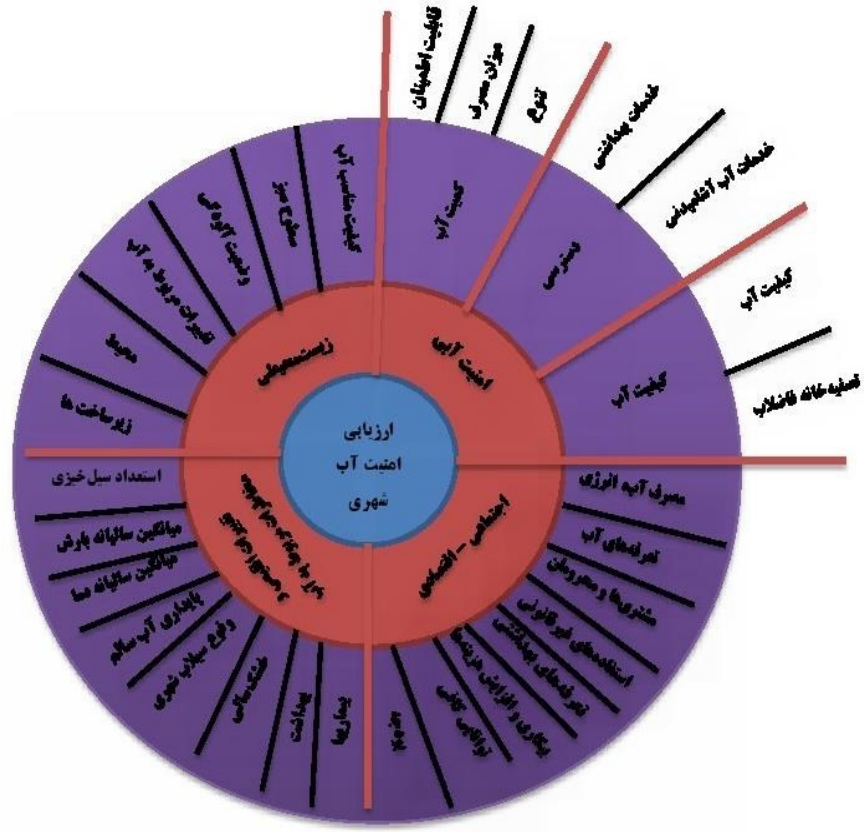
Jarmilo (2017) در پژوهشی به ارزیابی امنیت آب شهری تحت شرایط آب و هوایی در حال تغییر: چالش‌ها و راه‌های پیش رو پرداختند. برای ارزیابی تأثیر، در اینجا نویسندگان قابلیت اطمینان یک مجموعه پیشرفته از شبیه‌سازی‌های آب و هوایی کوچک‌شده در شهر مونترال، کانادا را بررسی کردند و نشان دادند که تغییرپذیری فضایی در آب‌وهوای بلندمدت بر روی مونترال توسط پیش‌بینی‌های اقلیمی کم‌مقیاس نادرست ارائه می‌شود. علاوه بر این، عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های آینده درنتیجه مدل‌های اقلیمی و / یا مسیرهای تمرکز می‌تواند چالش‌های بیشتری را در کاربرد طرح‌ریزی کاهش‌یافته در طراحی دنیای واقعی و زمینه‌های عملیاتی ایجاد می‌کند. بر اساس ادبیات موجود در حال حاضر، ما دستورالعمل‌های کمی را برای رسیدگی به عدم قطعیت‌های مدل‌سازی فعلی تا زمانی که فناوری مدل‌سازی آب و هوایی بهبودیافته در دسترس قرار گیرد، پیشنهاد می‌کنیم.

Chen and shi (2016) در مطالعه‌ای تحت عنوان تحلیل و پیش‌بینی امنیت آب شهری: مطالعه موردی شهر چنگدو چین پرداختند. نویسندگان برای بررسی وضعیت پایدار منابع آب در شهر چنگدو، مقادیر جامع امنیت آب شهری در سال‌های اخیر را محاسبه کرده‌اند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که سطح امنیت آب در شهر چنگدو از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۱۳ بر اساس طبقه‌بندی نویسندگان، درجه چهارم است که نشان‌دهنده یک شهر امن به لحاظ منابع و امنیت آب است. در این مقاله برای اطمینان از توسعه هماهنگ جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست، پیشنهادهای متعددی ارائه‌شده است. از جمله از طریق افزایش امکانات و تکنیک‌های صرفه‌جویی در آب، آگاهی عموم مردم شهر برای صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند بهبود یابد. همچنین سرمایه‌گذاری در محیط‌زیست می‌تواند برای بهبود میزان تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی افزایش یابد. سیستم مدیریت و هشدار می‌تواند بهبود یابد تا توانایی

مقابله با مشکلات تصادفی مربوط به محیط آب و منابع آب را تقویت کند.

چارچوب ارزیابی امنیت آب شهری

این مطالعه کل چرخه آب شهری را در مناطق شهری از جمله ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و زیست‌محیطی که بر عملکرد سیستم‌های آب شهری تأثیر می‌گذارد، در نظر می‌گیرد. سیستم آب شهری شامل فرآیندهای اصلی در چرخه آب است: تولید آب آشامیدنی، کارخانه‌های تصفیه آب، ذخیره و توزیع آب آشامیدنی و جمع‌آوری فاضلاب، تصفیه و تخلیه. مرز سیستم توسط دو عامل تعیین می‌شود: مقیاس‌های مکانی و زمانی. مقیاس مکانی به‌اندازه فیزیکی سیستم اشاره دارد. در زمینهٔ تحقیق حاضر، منطقه شهری ویژگی‌های زیر را شامل می‌شود: کل منطقه جغرافیایی یک شهر، همه ساکنان آن و همه کاربران منابع آب آن. مقیاس زمانی به اندازه کافی تنظیم‌شده است تا وضعیت پویا امنیت آب شهری را اندازه‌گیری کند. بر اساس تعریف کار از امنیت آب شهری و تعریف مرز سیستم، مرحله بعدی هسته اصلی ارزیابی است: انتخاب و طبقه‌بندی یک مجموعه متناسب از شاخص‌ها در سطح شهری. این شاخص بر اساس نمره کل وزنی برای ارزیابی امنیت آب در مناطق شهری است. طراحی این چارچوب شامل موارد زیر است: محدوده برای شناسایی مسائل و مشکلات و تعیین اولویت‌ها. بررسی ریسک‌ها و تدوین معیارها؛ و بررسی در دسترس بودن داده‌ها. در پایان مرحله طراحی، هدف ایجاد مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای سنجش امنیت آب شهری است. درک پویایی امنیت آب و دیدگاه‌های جامع مرتبط با آن‌ها بسیار مهم است که می‌تواند پایه و اساس ارزیابی را با شاخص‌ها و متغیرهای قوی فراهم کند تا امنیت آب شهری را به ابعاد اصلی جلوه دهد، همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده‌شده است.



شکل ۱- چارچوب ارزیابی امنیت آب شهری (مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Fig. 1- Urban water security assesment

تعاریف عملیاتی از امنیت آب شهری

تعریف اصطلاح «امنیت آب شهری» و همچنین معیارهایی که توسط آن سیستم را ارزیابی و تنظیم می‌کنند؛ واضح است: هیچ تعریف گسترده‌ای از امنیت آب شهری وجود ندارد (Allan, 2018). از نظر تعاریف بسیار مرجع در جدول (۱)، یک بررسی اخیر ۲۵ تعریف از امنیت آب را مشخص کرده است که تنها سه مورد از آن‌ها مربوط به سطح شهری است (Falkenmark, 1986).

جدول ۱- تعاریف رایج جهانی امنیت آب شهری

Table 1. Common global definitions of urban water security

تعاریف امنیت آب Water security	منبع Source
امنیت آب، در هر سطحی از خانواده تا جهانی به این معنی است که هر شخص به آب ایمن کافی و با هزینه‌ای مناسب دسترسی دارد تا بتواند یک زندگی تمیز، سالم و مولد را به همراه داشته باشد، ضمن اینکه از محیط طبیعی محافظت و تقویت می‌شود.	Global Water Partnership (2000)
امنیت آب در دسترس بودن مقدار قابل‌قبول و کیفیت آب برای سلامتی، معیشت، اکوسیستم‌ها و تولید، همراه با سطح قابل قبولی از خطرات مرتبط با آب برای افراد، محیط‌ها و اقتصاد است.	(Grey, D; Sado_, C.W. 2007).
امنیت آب ظرفیت یک جمعیت برای محافظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافی و کیفیت قابل‌قبول آب برای حفظ معیشت، بهزیستی انسان و توسعه اقتصادی اجتماعی، برای اطمینان از محافظت در برابر آلودگی ناشی از آب و بلایای مرتبط با آب و برای حفظ اکوسیستم‌ها در آب‌وهوای فضا و ثبات سیاسی.	UN-Water (2013)

ابعاد، شاخص‌ها و متغیرهای امنیت آب

۱) آب آشامیدنی و رفاه انسان

در دسترس بودن و تنوع منابع آب خانگی (به‌عنوان‌مثال، نمک‌زدایی، استفاده مجدد از آب، برداشت آب باران) باید با در نظر گرفتن دسترسی، عقلانیت و کارایی سیستم‌های آب و انرژی و همچنین کیفیت، کفایت و برابری و وابستگی به منابع دیگر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. در دسترس بودن آب یکی از شاخص‌های رایج برای اندازه‌گیری کمبود آب از نظر شاخص تنش آبی است (Falkenmark., 1989; Jimenez., 2008). تنوع منابع آب برای دستیابی به امنیت آب شهری کلیدی است، زیرا خطر وابستگی به یک منبع آبی را با تأمین منابع جایگزین و اقدامات کاهشی برای پاسخگویی به تقاضا (مانند نمک‌زدایی، استفاده مجدد از فاضلاب، برداشت آب) کاهش می‌دهد (Howard., 2003). حقوق بشر سازمان ملل بر آب تصریح می‌کند که تأمین آب باید کافی و مستمر باشد (UNESCO., 2019). طبق گفته سازمان بهداشت جهانی (WHO)، بین ۵۰ تا ۱۰۰ لیتر آب به ازای هر نفر در روز موردنیاز است تا اطمینان حاصل شود که اکثر نیازهای اولیه برآورده شده و نگرانی‌های بهداشتی کمی ایجاد می‌شود (Waldron., 2005).

۲) زیست‌محیطی

کلید دستیابی به امنیت آب شهری، ایجاد تعادل بین بهره‌برداری از منابع آب و حفظ و حفاظت از خدمات اکوسیستم شهری به‌عنوان «زیرساخت طبیعی» است که برای رفاه و معیشت مردم حیاتی است (به‌عنوان‌مثال، آلودگی و آلودگی سطح آب). تنش، کیفیت خوب محیط آب، بهره‌برداری از بام‌های سبز و مناطق سبز، کارایی زیرساخت‌ها) (,.Hartley 2017; Clement., 2013). (جدول ۳).

۳) تغییرات آب‌وهوا و خطرات مرتبط با آب

تغییرات آب و هوایی که ممکن است توسط زیرساخت‌های آبی تشدید شود، بر خطرات مربوط به آب، از جمله خطر سیل و خطرات مرتبط با سلامت، تأثیر دارد (,.Haddeland 2015). همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده‌شده است، بُعد تغییر اقلیم و خطرات مربوط به آب را می‌توان با شاخص‌های زیر اندازه‌گیری کرد. بهداشت عمومی، فراوانی سیل، تعداد خشک‌سالی، مناطق مستعد سیل، بارش و دما.

۴) توسعه اجتماعی- اقتصادی

توجه ویژه باید به نقش بالفعل و بالقوه عوامل اجتماعی و اقتصادی و تأثیرات آن‌ها بر تقاضا و عرضه آب معطوف شود

که ممکن است توانایی سیستم را برای برآورده کردن نیازهای اساسی مردم و دستیابی به امنیت آب شهری مختل کند (Gerlak *et al*., 2018; Cisneros *et al*., 2013). این عوامل شامل مصرف انرژی در سیستم آب و فاضلاب، تعرفه‌های آب و فاضلاب، مقرون‌به‌صرفه بودن، بودجه اختصاص‌یافته به خدمات آب و فاضلاب، بازیابی هزینه‌ها، استفاده‌های غیرقانونی و شکایات مشتریان است (Wakeel *et al*., 2016; Grafton *et al*., 2015).

معرفی محدوده مورد مطالعه

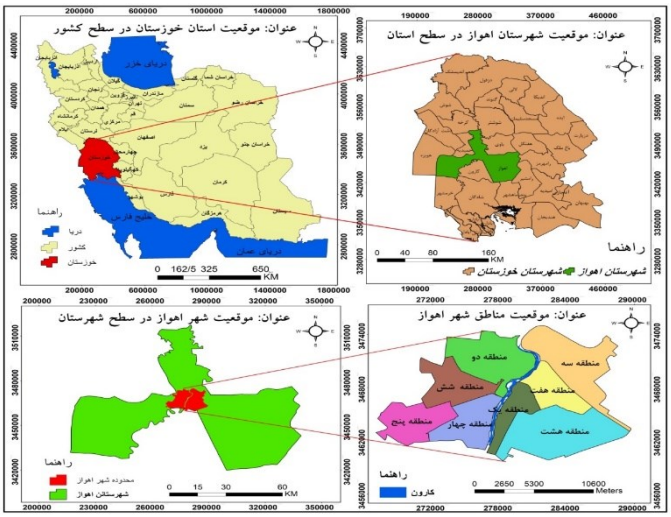
قلمرو جغرافیایی پژوهش حاضر، کلان‌شهر اهواز (مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان) می‌باشد. اهواز پرجمعیت‌ترین شهر استان خوزستان است که جمعیت آن طبق آمار رسمی سال ۱۳۹۵ برابر ۱۱۸۴۷۸۸ نفر و ۱۲۶۲۵۸۱ برآورد (برآورد ۱۴۰۰) می‌باشد. اهواز در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان واقع‌شده است. این شهر که در استانی نفت‌خیز هم‌مرز با عراق و کویت قرار دارد، موقعیت ژئوپلیتیکی قابل توجهی دارد (Alizadeh and Sharifi, 2020). کلان‌شهر اهواز به هشت منطقه شهری تقسیم‌شده است که اطلاعات تقسیمات کالبدی آن در جدول (۲) و موقعیت جغرافیایی شهر در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- تقسیمات کالبدی شهر اهواز

Table 2. Physical divisions of Ahvaz city

منطقه	مساحت	جمعیت ۱۳۹۵	برآورد جمعیت ۱۴۰۰
منطقه ۱	11026	139427	148583
منطقه ۲	291308	107274	114317
منطقه ۳	318136	176167	187735
منطقه ۴	252706	153313	163380
منطقه ۵	215474	105477	112402
منطقه ۶	211053	165110	175951
منطقه ۷	171871	146213	155819
منطقه ۸	309811	191802	204944
مجموع	1880644	1184788	1262581
رودخانه	68758	-	-
محدوده قانونی شهر	1949401	-	-

(منبع: مع شهرسازی و معماری شهرداری اهواز، دفتر آمار و اطلاعات جمعیت، آمارنامه کلان‌شهر اهواز، ۱۴۰۲)



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی شهر اهواز (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Fig. 2- Geographical location of Ahvaz city

مواد و روش ها

هر پژوهشی بسته به موضوعِ موردبررسی نیاز به آزمون‌هایی دارد تا بر اساس آن‌ها به تجزیه‌وتحلیل داده‌های مورد استفاده بپردازد. پردازش آمارها به دو صورت توصیفی و استنباطی است و برای تحلیل آن‌ها از آزمون‌های پارامتریک و نا پارامتریک استفاده شده است. در این بخش با استفاده از داده‌های اقلیمی که از عوامل مهم در تغییر اقلیم می‌باشند (بارش، دبی، بارش هیدرومتری حوضه ایستگاه اهواز) برای یک دوره ۷۰ ساله (۱۴۰۰ - ۱۳۳۰) از سازمان آب منطقه‌ای استان خوزستان تهیه شد. به تحلیل روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در کلان‌شهر اهواز پرداخته شد. آزمون‌های مختلفی برای تعیین روند وجود دارد. یکی از آزمون‌های نا پارامتریک، آزمونِ (من کندال) می‌باشد که برای تعیین روند استفاده می‌شود.

چارچوب پیشنهادی با توجه به نیازها و ویژگی‌های خاص امنیت آب شهری توسعه‌یافته است، بنابراین می‌توان وضعیت فعلی و آینده امنیت آب را به روشی علمی با استفاده از یک روش استاندارد برای ساخت شاخص‌ها بر اساس تعریف امنیت آب شهری ارزیابی کرد. این روش برای عملیاتی کردن امنیت آب شهری بر اساس شش مرحله سیستماتیک، همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده‌شده است، با شروع (۱) درک چگونگی مدیریت آب در یک شهر. (۲) منظور ما از امنیت آب شهری چیست. (۳) سپس ارائه یک تعریف کار؛ (۴) ایجاد یک چارچوب امنیت آب شهری بر اساس تعریف کاری که شامل هدف پایداری توسعه در آب و فاضلاب و سازمان ملل متحد (سازمان ملل) حقوق بشر در بهداشت آب است؛ (۵) تفسیر این چارچوب برای تصمیم‌گیرندگان؛ و (۶) اندازه‌گیری شاخص. این مطالعه راهبردهایی را برای کاهش تلفات آب به‌عنوان یک مؤلفه مهم که بر امنیت و تضمین پایدار منابع آب شهری تأثیر می¬گذارد و از طریق ایجاد و تقویت زیرساخت¬ها، مشارکت ذی¬مدخلان و ذینفعان و شرایط اقتصادی و اجتماعی و شاخص¬ها و متغیرهای برای میزان ارزیابی امنیت آب در کلان¬شهرها ارائه می‌دهد. شکل (۳) در زیر چرخه عملیاتی امنیت آب شهری نشان داده‌شده است.

شکل ۳- چرخه یا چارچوبی برای عملیاتی کردن امنیت آب شهری (مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Fig. 3- A framework for operationalizing urban water security

نتایج و بحث

بررسی روند تغییرات محیطی

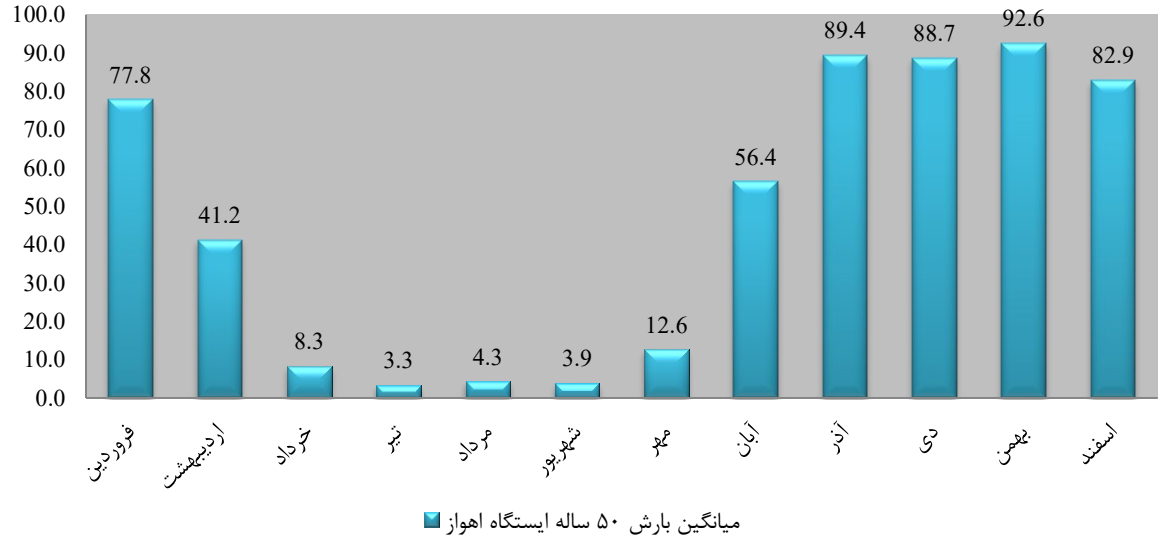
بارش و دبی رودخانه کارون ایستگاه اهواز

بسیاری از بحث‌های عمومی پیرامون تغییرات آب و هوایی بر این موضوع متمرکزشده است که کره زمین در قرن آینده چقدر گرم خواهد شد؛ اما تغییرات آب و هوایی فقط به دما محدود نمی‌شود. چگونه بارندگی نیز بر جمعیت جهان تأثیر خواهد گذاشت. تغییرات اقلیمی می‌تواند بر شدت و فراوانی بارش تأثیر بگذارد، بدین‌صورت که بارش شدید منجر به سیلاب رودخانه و زهکشی شهری می‌شود و کاهش بارش نیز کمبود آب و خشک‌سالی را در پی دارد (Schauser et al., 2010). شهر اهواز بارندگی‌های خود را عمدتاً از فعالیت‌های سیستم‌های مدیترانه‌ای و گاه از فعالیت کم فشارهای سودانی و کم‌فشارهای تشکیل‌شده بر روی صحرای عربستان دریافت می‌دارد. مهم‌ترین ویژگی‌های بارندگی در شهر اهواز، باران‌های رگباری، درشت‌دانه و سریع هستند که ظرف مدت کمی باعث آب‌گرفتگی و سیلاب می‌شوند. طبق بررسی داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اهواز، طی روند ۵۲ ساله (۱۳۹۸-۱۳۴۷) با میانگین بارش (۴۷) میلی‌متر، بارندگی سالانه در ایستگاه اهواز روند کاهشی را نشان می‌دهد. حداکثر میانگین بارش ۵۲ سال مربوط به ماه بهمن، حداقل میزان بارش در ماه‌های گرم سال خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهرماه و حداکثر میزان بارش مربوط به ماه‌های بهمن، دی و اسفند می‌باشد. در جدول شماره (۳) در زیر حداقل و حداکثرهای میزان بارش (میلی‌متر) ایستگاه سینوپتیک اهواز در ۵۲ سال نشان داده شده است.

جدول ۳- میانگین بارش) میلی‌متر) ایستگاه سینوپتیک اهواز در (۱۳۹۸- ۱۳۴۷)

Table 3. Average precipitation (mm) of Ahvaz synoptic station

بارش	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین	77.7	41.1	8.3	3.3	4.2	3.8	12.5	56.4	89.4	88.6	95.5	8.82
حداکثر	182	141	40.2	18.8	15.1	17.5	48.5	182.7	216.1	264.8	267	193/7
حداقل	8.16	1.6	0	0	0	0	0	4.2	16	21.9	22.9	12.6



شکل ۴- نمودار اوضاع جوی ایستگاه اهواز طی سال‌های (۱۳۹۸- ۱۳۴۷)

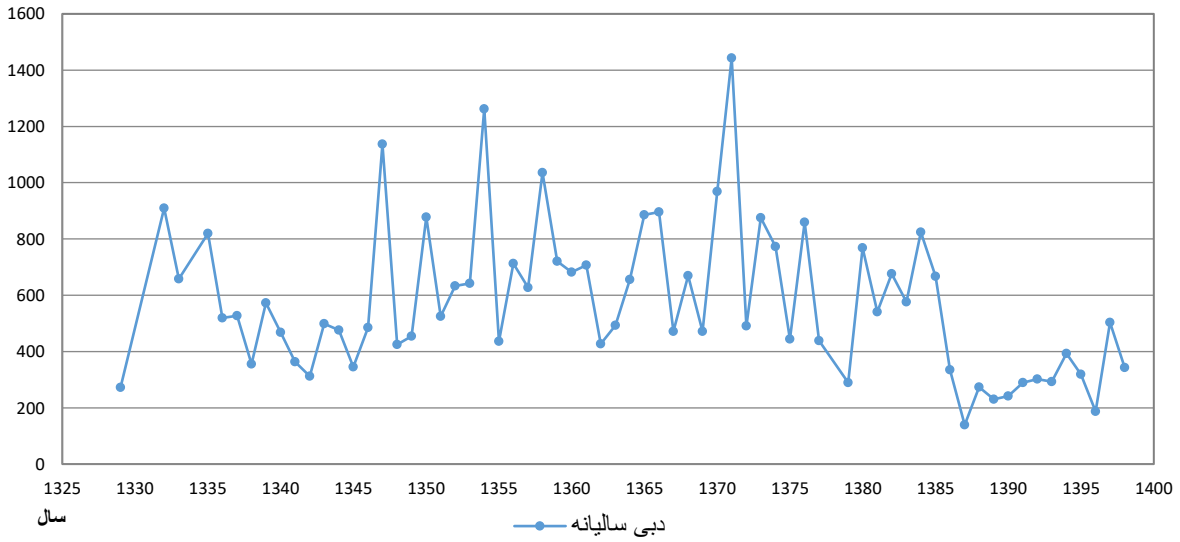
Fig. 4- Weather chart of Ahvaz station

با توجه به نمودار دبی سالیانه رودخانه کارون ایستگاه اهواز شکل (۶) روند تغییرات دبی سالیانه در فصول (زمستان و بهار) به‌صورت افزایشی بوده است و در دو فصل تابستان و پاییز روند کاهشی ضعیف داشته است. با توجه به نتایج، شدیدترین تغییرات در فصول زمستان و بهار بوده است. عموماً دبی رودخانه کارون ایستگاه اهواز از سال‌های دهه ۱۳۷۰ به بعد تا حدودی از روند کاهنده‌ای برخوردار بوده است به‌طوری‌که سال ۱۳۷۱ با بیشترین میزان دبی (۱۴۴۳/۲۴) و سال ۱۳۸۷ با کمترین میزان (۱۳۹/۱۶) این میزان فراوانی را به خود اختصاص داده¬اند. توزیع زمانی و روند تغییرات دبی رودخانه کارون ایستگاه اهواز در قالب جدول (۴) و شکل (۵) نشان داده شده است.

جدول ۴- میانگین) میلی‌متر) دبی ماهانه رودخانه کارون اهواز طی سال‌های (۱۴۰۰- ۱۳۳۰)

Table 4. Average (mm) monthly discharge of the Karon River in Ahvaz

بارش	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین	1073.3	988.7	585.6	426.7	352.4	321.8	295.7	368	520	585.2	717.6	774.2
حداکثر	3059.9	3333	1568.9	925.1	746.9	811.9	554.1	878.2	2260.3	1866.3	2568.3	3025.6
حداقل	144.7	7/134	111.4	166.3	34.4	0	112.5	132.1	174.8	0	139.8	116.1



شکل ۵- توزیع زمانی دبی سالیانه ایستگاه اهواز

Fig. 5- Time distribution of Ahvaz station's yearly departure

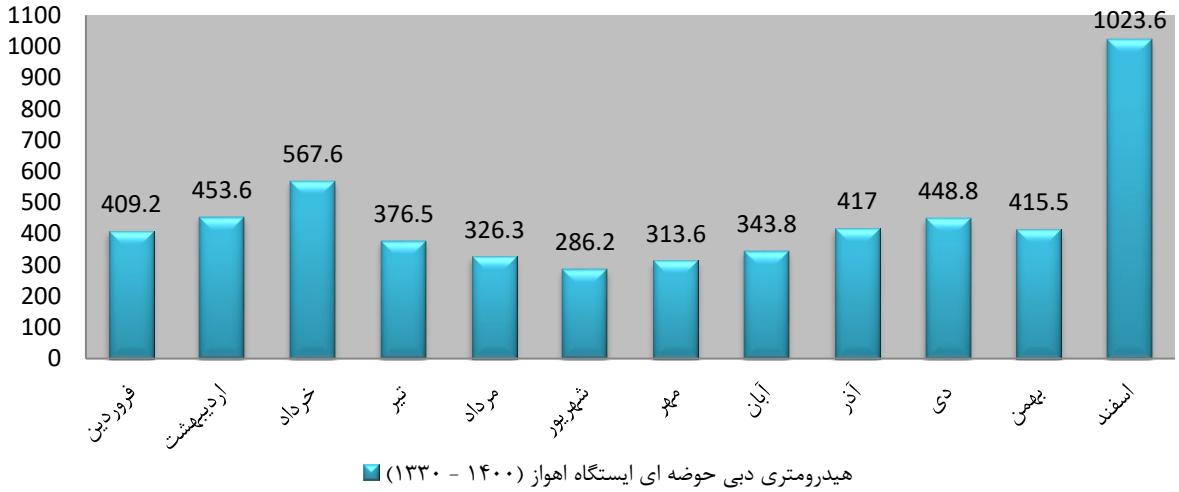
ایستگاه هیدرومتریک کارون اهواز

ایستگاه هیدرومتری کارون اهواز یکی از ایستگاه¬های مبنایی کشور به شمار می¬رود و یکی از قدیمی¬ترین ایستگاه¬های هیدرومتری در منطقه خوزستان و حتی ایران محسوب می¬شود. ایستگاه کارون اهواز در عرض جغرافیایی ´ ۲۰:۳۱ و طول جغرافیایی ´ ۴۸: ۴۱ قرار دارد. ارتفاع آن ۱۶ متر بالاتر از میانگین تراز دریا می¬باشد. طبق بررسی داده‌های هیدرومتری (رودخانه کارون) ایستگاه اهواز، طی بازه¬ی زمانی ۷۰ ساله (۱۴۰۰-۱۳۳۰) حداکثر میانگین سال مربوط به ماه اسفند، حداقل میزان هم در ماه‌های گرم سال شهریور و مهرماه می‌باشد. فصل زمستان با ۱۴۹۴/۸ میلی‌متر بیشترین و فصل تابستان با ۶۸۷/۷ میلی‌متر کمترین آمار را به خود اختصاص داده است. در جدول شماره (۵) در زیر حداقل و حداکثرهای میزان بارش (میلی‌متر) ایستگاه سینوپتیک اهواز در طی دوره ۷۰ سال نشان داده شده است.

جدول ۵- میانگین (ماهانه) هیدرومتری بارش حوضه‌ای ایستگاه سینوپتیک اهواز طی سال‌های (۱۳۹۸- ۱۳۳۰)

Table 5. Average (monthly) precipitation hydrometry of Ahvaz synoptic station basins

بارش	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین	409.2	453.6	567.6	376.5	326.3	286.2	313.6	343.8	417.0	448.8	415.5	1023.2
حداکثر	1837	1379.4	1806.1	662.7	637.4	536.2	811.9	746.9	887	791.7	1563.4	3059.9
حداقل	0	0	0	53.1	127.9	108.9	0	34.4	146.8	0	0	144.7



شکل ۶- میانگین هیدرومتری دبی حوضه‌ای ایستگاه اهواز (کارون) طی سال‌های (1400- 1330)

Fig. 6- Average hydrometric discharge of Ahvaz station (Karon)

نتیجه‌گیری

چارچوب‌بندی چالش امنیت آب شهری فراتر از شاخص‌های تک‌موضوعی مانند کمیت آب، کیفیت آب یا دسترسی به بهداشت آب است. در عوض، ما باید در مورد چهار بُعد - آب آشامیدنی و انسان- اکوسیستم، تغییرات آب‌وهوا و مخاطرات مرتبط با آب - شرایط اجتماعی- اقتصادی بی اندیشیم تا بتوانیم به راه‌حل‌های مشخصی برسیم که می‌تواند چرخه معیوب ناامنی آب را تغییر دهد. امنیت آب شهری یک هدف راکد نیست، این‌یک فرآیند پویا است که با تغییر اقلیم، ساختارهای سیاسی، رشد اقتصادی و تخریب منابع ناشی می‌شود. تعریف عملیاتی پیشنهادی از امنیت آب شهری، چالش‌های مناطق شهری و حومه شهری را در دستیابی به هدف آب مطمئن برای همه با تأکید بر اصول حقوق بشر سازمان ملل متحد و اهداف توسعه پایدار آب و فاضلاب با مدیریت ایمن در برمی‌گیرد. امنیت آب شهری به‌عنوان ظرفیت پویای سیستم آب و ذینفعان آب برای حفاظت از دسترسی پایدار و عادلانه به مقادیر کافی با کیفیت قابل‌قبول آب که به‌طور مداوم و قانونی برای پاسخگویی به تقاضای آب با هزینه مقرون‌به‌صرفه در دسترس باشد، تعریف می‌شود. به‌منظور حفظ معیشت، رفاه انسان و توسعه اجتماعی- اقتصادی، تضمین حفاظت در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای مربوط به آب و حفظ اکوسیستم‌ها در فضای صلح و ثبات سیاسی. این مطالعه یک چارچوب جدید ارزیابی امنیت آب شهری را ارائه می‌دهد. اتصالات و پیامدهای هر شاخص در چارچوب ابعاد مطرح‌شده ثابت می‌کند که ما نمی‌توانیم به امنیت آب شهری تنها از طریق کمیت و کیفیت آب دست‌یابیم، بلکه باید نگاه خود را از کمیت آب نیز تغییر دهیم. توسعه شاخص‌های امنیت آب شهری، با توجه به مسائل وزن دهی و تجمیع، یک کار پیچیده است، اما ضروری است که بتوانیم

تأثیرات را کمی کنیم. بااین‌حال، نیاز به شاخص‌هایی وجود دارد که برخی از مؤلفه‌ها را مهم‌تر تعریف می‌کند و بنابراین، تحقیقات بیشتری برای تعیین وزن نسبی این شاخص‌ها موردنیاز است. علیرغم شواهد روشنی مبنی بر کاهش منابع آب و افزایش تقاضای آب در شهرهای کم آب، بسیاری از شهرها همچنان بر روی راه‌حل‌های مرسوم مبتنی برفرض وجود منابع آبی فراوان و راه‌حل‌هایی برای افزایش کمیت منابع آبی حساب می‌کنند و از ابعاد دیگر غفلت می‌کنند؛ و شاخص‌های مدیریت مؤثر آب آشامیدنی از نظر دسترسی، کیفیت آب و کفایت سیستم‌های آب شهری به‌منظور حفظ سیستم‌های آب شهری فراگیر و یکپارچه حیاتی است. تنوع منابع آب برای دستیابی به امنیت آب شهری و محافظت در برابر خطرات ناشی از فرسودگی یا آلودگی منابع آب، مانند کدورت زیاد آب در چاه‌ها در هنگام سیلاب و اتکا به آب وارداتی از خارج از شهر، حیاتی است. اتکا به منابع آب خارجی خطراتی از جمله رقابت بر سر آب در زمان خشک‌سالی و تهدید استفاده غیرقانونی از آب را به همراه دارد. مدیریت یکپارچه آب شهری به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری سیستم‌های آب شهری در برابر تغییرات آب و هوایی ضروری است. این امر می‌تواند با تبدیل ریسک‌ها به فرصت و تنوع بخشیدن به منابع آب محقق شود. در این پژوهش به‌منظور تحلیل روند تغییرات پارامترهای اقلیمی بارش و دبی ایستگاه اهواز طی بازه زمانی ۵۰ ساله (۱۳۹۸ – ۱۳۴۷) موردبررسی قرار گرفت و روند زمانی تغییرات پارامترهای اقلیمی مذکور با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال در سری زمانی ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه گردید. طبق بررسی داده‌های اقلیمی بارش ایستگاه سینوپتیک اهواز، طی روند زمانی مورد مطالعه با میانگین بارش۴۷)) میلی‌متر، بارندگی سالانه در ایستگاه اهواز روند کاهشی را نشان می‌دهد. عموماً دبی رودخانه کارون ایستگاه اهواز از سال‌های دهه ۱۳۷۰ به بعد تا حدودی از روند کاهنده‌ای برخوردار بوده است به‌طوری‌که سال ۱۳۷۱ با بیشترین میزان دبی) ۱۴۴۳/۲۴) و سال ۱۳۸۷ با کمترین میزان (۱۳۹/۱۶) این میزان فراوانی را به خود اختصاص داده¬اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که طی روند زمانی مورد مطالعه تغییرات اقلیمی بر شهر اهواز در وجه کاهش بارش و کاهش میزان دبی رودخانه کارون، خود را نشان داده است و پیامدهایی را برای کلان‌شهر اهواز در پی داشته است. این مطالعه می‌تواند به ذینفعان و سیاست‌گذاران آب کمک کند تا منابع کمی را به‌طور مؤثرتر و پایدارتر هدف قرار دهند. چارچوب توسعه‌یافته نیز به‌طورکلی قابل‌اجرا است و می‌تواند در مناطق شهری و بالقوه حومه شهری در هر بخشی از جهان اعمال شود. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های ارزیابی و پایش به‌طور منظم برای اندازه‌گیری پیشرفت و همچنین معیار سنجش امنیت آب شهری در شهرها و ایجاد فضای رقابتی بین شهرها و شرکت‌ها برای بهبود ابعاد DECS2 انجام شود. امنیت آب فراتر از داشتن زیرساخت خوب یا حکمرانی خوب است. داشتن تفکر سیستمی و مدیریت یکپارچه می¬تواند به درک مکانیسم¬هایی که بر امنیت بلند مدت آب یک شهر تأثیر می¬گذارد، کمک کند. لازم به ذکر می‌باشد که امنیت آب شهری یک چالش پیچیده و فرا بخشی است که برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار باید به‌طورکلی مورد توجه قرار گیرد. این تنها در یک شاخص واحد مانند در دسترس بودن منابع آب شیرین برای پاسخگویی به تقاضاهای فزاینده، بلکه در پویایی چارچوب DECS، از جمله حاکمیت ضعیف آب، تکه‌تکه شدن سازمانی و سیاست‌های ناکارآمد آبی؛ بنابراین، ما نیازمند رفع محدودیت‌ها، دریافت و به‌کارگیری راهبردهای همه جانبه¬ای نیز هستیم که در ادامه به برخی از این موارد اشاره شده است:

- مشارکت ذینفعان برای دستیابی به درک متقابل بین ذینفعان آب از شرایط تا تصمیم‌گیری در مورد وضعیت امنیت آب شهری و اقدامات مورد نیاز برای بهبود آن را آگاه‌تر سازد.
- حکمروایی یکپارچه منابع آبی
- افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت¬های آب

- افزایش آگاهی و ترویج تکنیک¬های صرفه‌جویی در مصرف آب
- بهبود ظرفیت سیستم برای حفاظت از تأمین آب پایدار و یکپارچه از منابع مختلف
- ترویج تغییرات اجتماعی
- بهبود زیرساخت¬ها و خدمات
- مشارکت به‌عنوان کلید اصلی توسعه پایدار و تضمین امنیت منابع آبی

منابع

https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022EF002946

Bakker, K., 2012. Water security: Research challenges and opportunities. Science, 337, 914 – 915. https://www .science.org /doi/ abs/10.1126/ science. 1226337

Biswas, A.K., 2004. Integrated water resources management: A reassessment. Water Int, 29, 248–256. https://www.researchgate.net/ publication/ 230557443_Integrated_Water_Resources_Management_A_Reassessment

Bakker, K. and C. Morinville., 2013. The governance dimensions of water security: A review. Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. 371 (2002): 20130116. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24080629/

Birkmann, J., Liwenga, E., Pandey, R. and Boyd, E., 2022. Chapter 8: Poverty, Livelihoods and Sustainable Development. Climate Change. PP155. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter08.pdf

Cheng, J., Yang, X. L., Wei, C. J. and Zhao, W., 2004. Discussion on water security China Water Resour 21-23. https://iopscience.iop.org/ article/ 10.1088/1755-1315/39/1/012027

Chen, S., 2016. Analysis and predication of urban water security: a case studyof Chengdu City, China. International Conference on Water Resource and Environment, e 39 (2016). Chen, S., 2016. Analysis and predication of urban water security: a case studyof Chengdu City, China. International Conference on Water Resource and Environment, e 39 (2016).

Chenchen, S., 2022. How climate change is going to affect urban livability in China. Climate Services 26 (2022), 100284. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880722000024

Chapagain, K., Tolba, A.H., Babel, M. and Ribbe, L., 2022. Urban water security: A comparative

سپاسگزاری

این مطالعه مستخرج از رساله دکتری است و با حمایت مادی و معنوی اساتید راهنما و مشاور مربوطه نگاشته شده است.

پی نوشت ها

[1] Customer disruption days
[2] Drinking water and human beings, ecosystem, climate change and water-related hazards, and socio-economic

References

Alizadeh, H. and Sharifi, A., 2020. Assessing resilience of urban critical infrastructure networks: A case study of Ahvaz, Iran. Sustainability. 12 (9), 51.

Abedi, S., 2020. Water governance and evaluation of its impacts on water and food security. Journal of Water and Sustainable Development. 7, 1-12. https://jwsd.um.ac.ir/article_32390.html?lang=en

Allan, J.V., Kenway, S.J. and Head, B.W., 2018. Urban water security-what does it mean? Urban Water Journal, 15, 899 – 910. https://www.researchgate.net/publication/331060139_Urban_water_security_-_what_does_it_mean

Aboelnga, H., Saidan, M., Al-Weshah, R., Sturm, M., Ribbe, L. and Frechen, F., 2018. Component analysis for optimal leakage management in Madaba, Jordan. Journal of Water Supply Res. Technol. Aqua. 2018, 67, 384–396. https://www.proquest.com/docview/2063531651?sourcetype=Scholarly%20Journals

Apraku, A., 2023. Water security in rural Eastern Cape, SA: Interrogating the impacts of politics and climate change. Scientific African. 19, 1-10. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227622003970

Alisher, M., 2023. Severe climate change risks to food security and nutrition. Climate Risk Management. 39, pp 1-6. https://www. sciencedirect. com/science/article/pii/ S2212096322000808

Brown, R.R., Keath, N. and Wong., T.H.F., 2009. Urban water management in cities: Historical, current and future regimes Water Science & Technology 59(5):847-55 https://www. Researchgate .net / publication / 24189175_Urban_Water_Management_in_Cities_Historical_Current_and_Future_Regimes

Becher, O., Pant, R.,Verschuur, J., Mandal, A., Paltan, H. and Lowless, M., 2023. A multi-hazard risk framework to stress-test water supply systems to climate-related disruptions. Earth's Future. 1-18.

assessment and policy analysis of five cities in diverse developing countries of Asia. Environmental Development. 43(4):100713. https://www.apn-gcr.org/publication/urban-water-security-a-comparative-assessment-and-policyanalysis-of-five-cities-in-diverse-developing-countries-of-asia/

Chang, H. and Bonnette, M.R., 2016. Climate change and water-related ecosystem services: Impacts of drought in California, USA. Ecosystem Health and Sustainability, 2(12). https://www.researchgate.net/publication/311939565_Climate_change_and_water-related_ecosystem services_impacts_of_drought_in_California_USA

Clement, F., 2013. From water productivity to water security: A paradigm shift. In Water Security Principles, Perspectives and Practices; Lankford, B. A., Ed.; Routledge: Abingdon, UK; pp. 148–165. https://www.academia.edu/33741150/From_Water_Productivity_to_Water_Security_A_paradigm_shift

Chad, S. and Christopher, A.S., 2018. Putting water security to work: Addressing global challenges. Water Int, 43, 1017–1025. https://www.researchgate.net/publication/329575401_Putting_water_security_to_work_addressing_global_challenges

Falkenmark, M., 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? Ambio, 18, 112–118. https://www.jstor.org /stable/4313541

Grafton, Q. A., Daniell, K., Nauges, C., Rinaudo, J. and WahChan, N., 2015. Understanding and Managing Urban Water in Transition, 1st ed.; Springer: Berlin, Germany; 318p.. https://hal.science /hal-01290502/document

Gheuens, J., Nagabhatla, N. and Perera, E., 2019. Disaster-Risk, Water Security Challenges and Strategies in Small Island Developing States (SIDS). Water, 11, 637. https://www.mdpi.com/2073-4441/11/4/637

Gerlak, A.K., House-Peters, L., Varady, R., Albrecht, T., Zuniga Teran, A., de Grenade, R. and Scott, C.A., (2018). Water security: A review of place-based research. Environ. Sci. Policy, 82, 79–89. https://www.researchgate.net/publication/322923958_Water_security_A_review_of_place-based_research

Grey, D., Sado, C.W. and Sink, S., 2007. Water security for growth and development. Water Policy, 9, 545–571. https://documents1.worldbank.org/curated/en/255681468314995282/pdf/442170WP0Water1Box0327386B01PUBLIC1.pdf

Hartley, K., Tortajada, C. and Biswas, A.K., 2017. Confronting global security in an era of water instabilities. Foreign Policy J. Available online: https://www. foreignpolicyjournal. com/ 2017/02/03/confronting-globalsecurity-in-an-era-of-water-instabilities (accessed on 22 November 2019).

Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N. and Stacke, T., 2014. Global water resources a_ ected by human interventions and climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 111, 3251–3256. https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1222475110

Han, Y, P. and Ruan, B, Q., 2003. Research on evaluation index system of water safety Acta Scien. Circum. 23 267-72. https://arya.mui.ac.ir/article_10679_1c01884f698ab3798f98be97ab2db41b.pdf

Howard, G. and Bartram, J., 2003. World Health Organization. Water, Sanitation and Health Team. Domestic Water Quantity, Service Level and Health; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2003. https://www.solidarites.org/en/taking-aid-further/ combatting-waterborne.

IPCC., 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf

Jimenez, B. and Asano, T., 2008. Water Reclamation and Reuse around the World: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs; IWA Publishing: London, UK; pp. 27–48. https://www.researchgate.net/publication/312489649_Water_Reclamation_and_Reuse_around_the_World

Jin, C, L. and Gong, L., 2009. On the urban water security assessment based on the Pressure-State - Response model Saf. Env. 9 104-8.

Jaramillo, P. and Nazemi, A. 2022. Assessing urban water security under changing climate: Challenges and ways forward. Sustainable Cities and Society, 1-5. https://www.researchgate.net/publication/316247553_Assessing_Urban_Water_Security_under_Changing_Climate_Challenges_and_Ways_Forward.

Jia, S. F., Zhang, J.Y. and Zhang, S. F., 2002. Regional water resources stress and water resources security appraisement indicators Prog. Geogr. 21538-45. https://www.researchgate.net/publication/371283831_Regional_water_resources_security_assessment_and_optimization_path_analysis_in_karst_areas_based_on_emergy_ecological_footprint.

Karmakar, M. and Pradhan, M.M., 2020. Climate change and public health: a study of vector-borne diseases in Odisha, India. Nat Hazards 102:659–671. https://www.x-mol.net/paper/article/1225042054683869184.

Kees, C., 2018. Urban Water Security Dashboard: Systems Approach to Characterizing the Water Security of Cities. J. Water Resour. Plann. Manage., 2018, 144 (12): 04018075. https://www.researchgate.net/publication/328104872_Urban_Water_Security

_Dashboard_Systems_Approach_to_Characterizing_the_Water_Security_of_Cities.

Lozet, F. and Kim, E., 2013. Water and Environmental Security for Conflict Prevention in Times of Climate Change, Global Water Institute, Brussels. https://www. planetarysecurityinitiative .org/ sites/default/files/2017-05/Briefing_Note _PSI _Water_climate_and_conflict.pdf.

Maheshwari, B., Singh, V. and Thoradeniya, B., 2016. Balanced Urban Development: Options and Strategies for Liveable Cities., Volume 72, Springer: Berlin, Germany. https:// www. researchgate.net/publication/345898186_Balanced_ Urban_Development_Options_and_Strategies_for_ Liveable_Cities.

Milhahn, K., 2019. Cities: a cause of and solution to climate change. UN News. Retrieved January, 15, 2022. https:// news. un.org/ en/story /2019 /09/ 1046662.

Mohammadi, D.M. and Ghaedi, S., 2020. Climate Change and Ecological Migration: A Study of Villages in the Province of Khuzestan, Iran. Vol. 76 No. 1 (2020). https://www.researchgate.net /publication/340277501_Climate_Change_and_Eco logical_Migration_A_Study_of_Villages_in_the_Pr ovince_of_Khuzestan_Iran.

Mekonnen, M., 2017. Forms and drivers of annual stream low variability in the head waters of Canadian Prairies during the 20th century. Hydrological Processes. Volume31, Issue1, January 2017, Pages 221-239. https://onlinelibrary.wiley.com/ doi/10. 1002/ hyp.11036.

Narain, V.M.S.A., Khan, R., Sada, S., and Prakash, A., 2013. Urbanization, peri-urban water (in) security and human well-being: A perspective from four south Asian cities. Water Int. 38 (7): 930 – 940. https://ideas.repec.org/a/taf/rwinxx/v38y2013i7p93 0-940.html.

Pahl, W, C., 2007. Transitions towards Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change. Water Resour. Manag, 21, 49–62. https:// econpapers.repec.org/article/sprwaterr/v_3a21_3ay _3a2007_3ai_3a1_3ap_3a49-62.htm.

Sadoff, C.W., 2015. Securing water, sustaining growth: Report of the GWP/OECD task force on water security and sustainable growth. Oxford, UK: Univ. of Oxford. https://www.academia.edu/ 101431106/Securing_Water_Sustaining_Growth_R eport_of_the_GWP_OECD_Task_Force_on_Water _Security_and_Sustainable_Growth.

Shi, Z.T. and Liu, X.Y., 2008. Concept and connotation of urban water security China Hydrol. 28 24-27. https://www.sciencedirect.com/ science/ article/ am/pii/S1877343516300720.

Tong, F. and Dong, Z. C., 2009. Water security scenario analysis: methodology and a case study Proc. of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symp. of IAHR-ISHS (Nanjing) vol 1 (Berlin: German Springer), pp 307-13. https://www.researchgate.net /publication/252005294_Water_Security_Scenario_ Analysis_Methodology_and_a_Case_Study_in_Sou th_China

UNESCO. and UNESCO, i-WSSM., 2019. Water Security and the Sustainable Development Goals Global Water Security Issues (GWSI) Series; UNESCO Publishing: Paris, France. https://unesdoc. unesco.org/ark:/48223/pf0000367904.

UN (United Nations)., 2014. World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights (ST/ESA/SER.A/352). New York: UN. https:// population.un.org/wup/publications/files/wup2014-report.pdf.

UN (United Nations)- Water., 2013. Water security and the global water agenda. New York: UN. Varis, O., A. K. Biswas, C. Tortajada, and J. Lundqvist. 2006. Megacities and water management. Int. J. Water Resour. Dev. 22 (2): 377 394. https:// www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/20 17/05/analytical_brief_oct2013_web.pdf.

Vorosmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C.A. and Liermann, C.R., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467, 555–561. https:// pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20882010/.

Wheater, H.S. and Gober, P., 2015. Water security and the science agenda. Water Resour. Res, 51, 5406–5424. https://agupubs.onlinelibrary. wiley. com / doi/full/10.1002/2015WR016892.

Wakeel, M., Chen, B., Hayat, T., Alsaedi, A. and Ahmad, B., 2016. Energy consumption for water use cycles in different countries: A review. Appl. Energy, 178, 868–885. https://ideas.repec.org/ a/eee/ appene/v178y2016icp868-885.html.