

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,*^{ORCID} Saeid Amanpour

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

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



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*¹⁰، سعید امانپور

چکیده

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.

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

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) مورد بررسی 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 تجزیه و تحلیل 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. ۲۲۰-۲۰۳: (۴) ۲۱.

* Corresponding Author Email Address: malekis@scu.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2023.1317



مقدمه

بهداشت، معیشت و تولید است که امروزه نقش و اهمیت آن در افزایش امنیت غذایی، افزایش یافته است و در میان منابع طبیعی، امنیت آب از اصلی ترین ارکان دستیابی به توسعه پایدار به شمار می رود» (Samaneh., 2016). امنیت آب یک مفهوم نوظهور است که به گفتمان مدیریت آب شهری ارزش می بخشد (Bakker., 2012). باین حال، 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 تحت فشار شدید بسیاری از عوامل کلیدی از جمله؛ رشد جمعیت جهان، افزایش جمعیت شهرنشین، آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی در نتیجه فعالیت های انسان، استفاده بیش از حد از آب های 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 می دهد. کاهش دسترسی به آب شیرین صدها میلیون نفر را در معرض تنش آبی قرار می دهد، عملکرد محصول را کاهش می دهد و صدها میلیون نفر دیگر را در معرض خطر گرسنگی قرار می دهد (IPCC, 2007). در شهرهای آفریقایی خشک سالی شدید، بحران آب، رکود کشاورزی و فقر (Birkmann et al., 2022)، در شهرهای خاورمیانه، خشک سالی، تنش و ناامنی آبی، بیکاری، طوفان گردوغبار و مهاجرت های اقلیمی (Adamo et al., 2018) و در شهرهای هند، سیل، امواج گرما و خطرات ساحلی (Karmakar and Pradhan., 2020) به عنوان مهم ترین پیامدهای زیست محیطی تغییرات آب و هوایی در فضاهای شهری شناخته می شوند. 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

جهان در حال گذار به شهرنشینی است که تحت تسلط سکونتگاه های انسانی و فعالیت های اقتصادی است. شهرنشینی منجر به افزایش نیاز به مدیریت منابع آبی در مقیاس شهری می شود (Milhahn., 2019)؛ در حالی که در دهه ۱۹۵۰ تنها ۳۰ درصد از ساکنان جهان در شهرها زندگی می کردند، در سال ۲۰۰۷ این درصد به بیش از ۵۰ درصد افزایش یافت. پیش بینی می شود تا سال ۲۰۵۰، دوسوم جمعیت جهان شهرنشین باشند (UN, 2014). در بسیاری از موارد، روند سرعت سریع شهرنشینی بیش از ظرفیت دولت ها برای پاسخگویی است که منجر به انواع مشکلات مرتبط با آب، از جمله تأمین آب ناکافی، فقدان سرویس های بهداشتی، مدیریت ناموفق سیلاب ها که باعث تخریب اکوسیستم می شود (Narain et al., 2013; Sadoff et al., 2015; Varis et al., 2006) شهرنشینی، امنیت آب شهری و رشد اقتصادی در کنار هم حرکت می کنند. مقوله امنیت در ابعاد گسترده به عنوان بنیادی ترین حقوق بشر مورد توجه همه جوامع بین الملل بوده است. یکی از مؤلفه های اصلی امنیت زیست محیطی اثرگذار بر امنیت ملی واحدهای سیاسی و فضاهای انسانی مسئله تأمین آب مورد استفاده در بخش های 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 زیست محیطی ارتباط نزدیکی دارد و به عنوان یک منبعی نادر، نقش مهمی در پایداری فضاهای منطقه ای و جهانی ایفا می کند. این ماده حیاتی پیوند شدیدی با امنیت غذا، انرژی، آب و هوا، 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 محیط زیست را به دنبال دارد (Lozet and Edou., 2013). امنیت آب، یک مفهوم و چالش در حال ظهور به معنی «دسترسی قابل اعتماد به مقدار و کیفیت قابل قبول آب، برای

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

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 می‌آورد. 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 افزایش یافته است در حالی که مصرف آب جامعه انسانی به ترتیب ۵، ۸ و ۱۰ برابر برای مصرف بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شهری افزایش یافته است. بر این اساس امنیت آب تحت فشار افزایش مصرف در جهان قرار دارد (Nazemi and Madani., 2017). کلان‌شهرها به‌عنوان نقاط گره‌گامی سیستم جهانی، تحت تأثیر مجموعه‌ای از تحولات کلان در مقیاس‌های محلی، ملی و منطقه‌ای، جهانی هستند که کمتر در کنترل تصمیم‌گیران 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

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. هنگامی که سناریوهای آب و هوایی پایان قرن از طریق مدل منتشر می‌شوند، این میزان بین ۲ تا ۲/۵ درصد افزایش می‌یابد. تجزیه و تحلیل حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که رویدادهای خشک‌سالی با احتمال زیاد منجر به CDD^۱ بیشتر در مقایسه با رویدادهای خسارت‌داری می‌شود. با این حال، با وجود وقوع خسارت شدید داری 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 خسارت‌داری‌ها و اختلالات ناشی از کمبود آب را از طریق یک معیار مشترک و مرتبط با تصمیم‌گیری مقایسه کنند. با این حال، برنامه‌های کاربردی و برای سایر برنامه‌ها نیازمند به رویکردهای مدل‌سازی خطر دارند. هدف از ارزیابی ریسک پیشنهادی، آگاه کردن اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی، از حفاظت داری 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

(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 (Wheat 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 قرار گرفته 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

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 زیست‌پذیری شهری است. این امر مستلزم برنامه‌ریزی 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 در حال توسعه 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 ایجاد شده است، به بررسی وضعیت امنیت آب در پنج شهر مختلف آسیا شکل گرفته 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 به‌دست آمده، هانوی در حال حاضر بهترین وضعیت امنیت آبی را در بین این پنج شهر دارد. علی‌رغم ابعاد چندگانه امنیت آب، برنامه‌ها و سیاست‌های تدوین شده در این پنج شهر عمدتاً بر روی بهداشت تأمین آب و رفاه انسان در میان ابعاد مربوط

این پژوهش از تعاریف مورد توافق 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 در حال توسعه 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 تعیین شده 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

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 در نتیجه 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 بهبود یافته 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 ارائه شده 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

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 قابل اجرا 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 تجزیه و تحلیل 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.

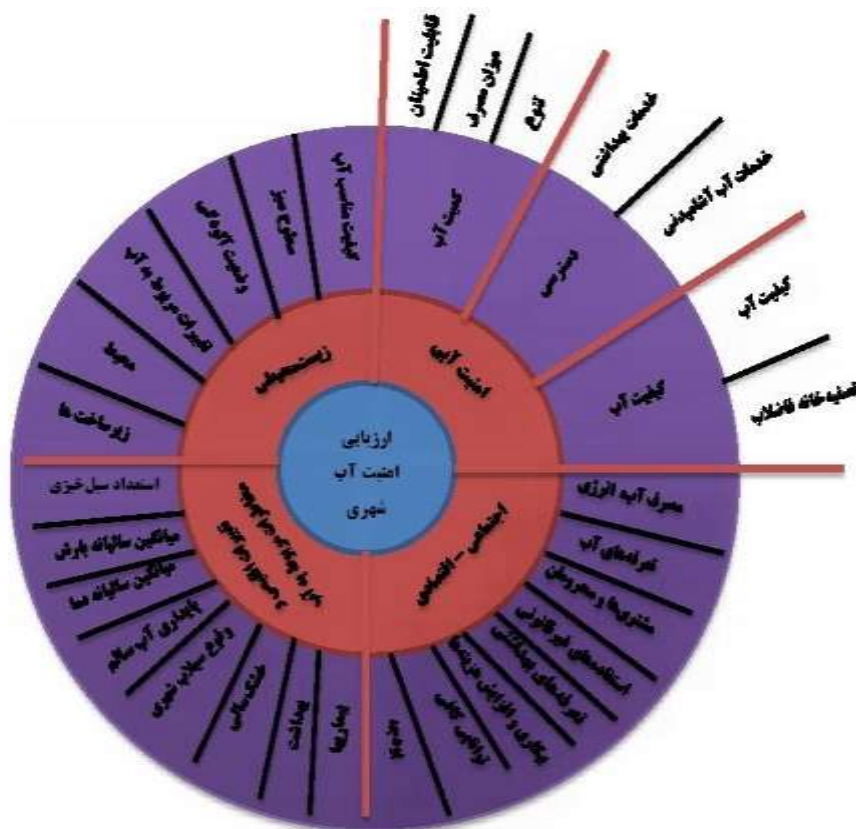
Kees (2018) در مطالعه‌ای به داشبورد امنیت آب شهری: رویکرد سیستمی برای شناسایی امنیت آب شهرها پرداختند. در این تحقیق، داشبوردی از ۵۶ شاخص را بر اساس چارچوب فشار- وضعیت- برخورد- پاسخ ایجاد کردند. داشبورد را در ده شهر به کار بردند تا ویژگی‌های مختلف امنیت آب آن‌ها را ثبت کرده و بر اساس نمره شاخص امنیت آب 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 در حال توسعه (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

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 داده شده است.

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 به اندازه فیزیکی سیستم اشاره دارد. در زمینه 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 تنظیم شده است تا وضعیت پویا امنیت



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

Fig. 1- Urban water security assesment

تعاریف عملیاتی از امنیت آب شهری

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).

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

جدول ۱- تعاریف رایج جهانی امنیت آب شهری
Table 1. Common global definitions of urban water security

منبع Source	تعاریف امنیت آب Water security
Global Water Partnership (2000)	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.
(Grey, D; Sado, C.W. 2007)	امنیت آب در دسترس بودن مقدار قابل قبول و کیفیت آب برای سلامت، معیشت، اکوسیستم‌ها و تولید، همراه با سطح قابل قبولی از خطرات مرتبط با آب برای افراد، محیط‌ها و اقتصاد است.
UN-Water (2013)	امنیت آب ظرفیت یک جمعیت برای محافظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافی و کیفیت قابل قبول 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.

ابعاد، شاخص‌ها و متغیرهای امنیت آب

(Waldron., 2005)

۱) آب آشامیدنی و رفاه انسان

۲) زیست‌محیطی

در دسترس بودن و تنوع منابع آب خانگی (به‌عنوان مثال، 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 تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در دسترس بودن آب یکی از شاخص‌های رایج برای اندازه‌گیری کمبود آب از نظر شاخص تنش آبی است

در دسترس بودن و تنوع منابع آب خانگی (به‌عنوان مثال، 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 تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در دسترس بودن آب یکی از شاخص‌های رایج برای اندازه‌گیری کمبود آب از نظر شاخص تنش آبی است

۳) تغییرات آب‌وهوا و خطرات مرتبط با آب

(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 مورد نیاز است تا اطمینان حاصل شود که اکثر نیازهای اولیه برآورده شده و نگرانی‌های بهداشتی کمی ایجاد می‌شود

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 داده شده 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

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 واقع شده 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 تقسیم شده است که اطلاعات تقسیمات کالبدی آن در جدول (۲) و موقعیت جغرافیایی شهر در شکل (۲) نشان داده شده است.

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 اختصاص یافته به خدمات آب و فاضلاب، بازیابی هزینه‌ها، استفاده‌های غیرقانونی و شکایات مشتریان است (Wakeel *et al.*, 2016; Grafton *et al.*, 2015).

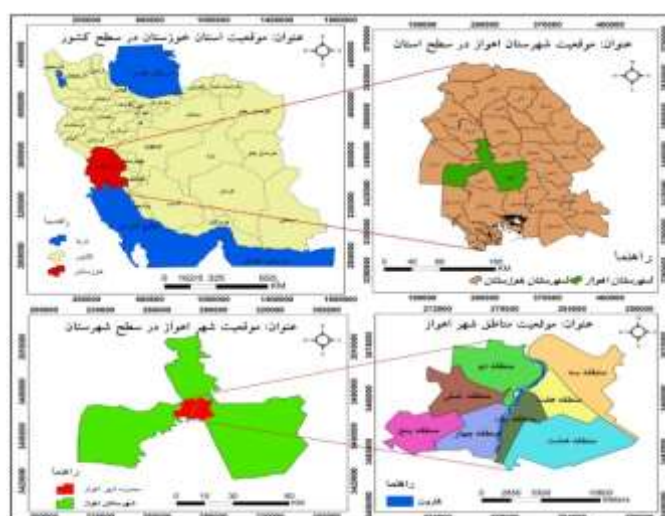
معرفی محدوده مورد مطالعه

قلمرو جغرافیایی پژوهش حاضر، کلان‌شهر اهواز (مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان) می‌باشد. اهواز

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 موضوع مورد بررسی نیاز به آزمون‌هایی دارد تا بر اساس آن‌ها به تجزیه و تحلیل داده‌های مورد استفاده بپردازد. پردازش آمارها به دو صورت توصیفی و استنباطی است و برای تحلیل آن‌ها از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک 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 ناپارامتریک، آزمون (من کندال) می‌باشد که برای تعیین روند استفاده می‌شود.

چارچوب پیشنهادی با توجه به نیازها و ویژگی‌های خاص امنیت آب شهری توسعه یافته 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 داده شده 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 می‌گذارد و از طریق ایجاد و تقویت زیرساخت‌ها، مشارکت ذی‌مدخلان و ذینفعان و شرایط اقتصادی و اجتماعی و شاخص‌ها و متغیرهای برای میزان ارزیابی امنیت آب در کلان‌شهرها ارائه می‌دهد. شکل (۳) در زیر چرخه عملیاتی امنیت آب شهری نشان داده شده است.



شکل ۳- چرخه یا چارچوبی برای عملیاتی کردن امنیت آب شهری (مأخذ: 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

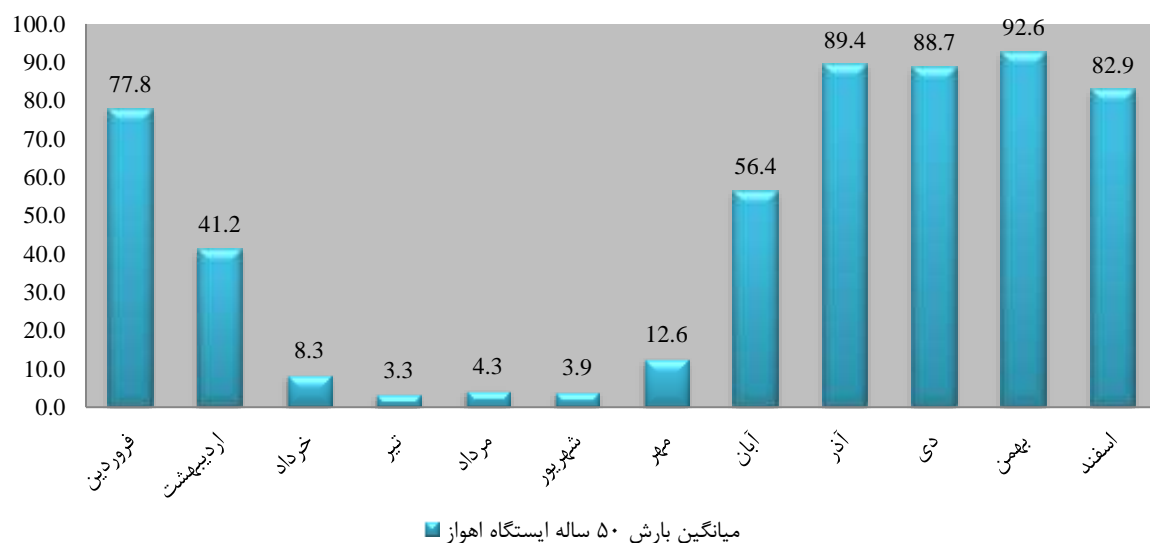
بسیاری از بحث‌های عمومی پیرامون تغییرات آب و هوایی بر این موضوع متمرکز شده است که کره زمین در قرن آینده چقدر گرم خواهد شد؛ اما تغییرات آب و هوایی فقط به دما محدود نمی‌شود. چگونه بارندگی نیز بر جمعیت جهان تأثیر خواهد گذاشت. تغییرات اقلیمی می‌تواند بر شدت و فراوانی بارش تأثیر بگذارد، بدین صورت که بارش شدید منجر به سیلاب رودخانه و زهکشی شهری می‌شود و کاهش بارش نیز کمبود آب و خشک‌سالی را در پی دارد. Schauer et al., (2010). شهر اهواز بارندگی‌های خود را عمدتاً از فعالیت‌های سیستم‌های مدیترانه‌ای و گاه از فعالیت کم فشارهای سودانی

و کم‌فشارهای تشکیل شده 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 (۱۳۴۷-۱۳۹۸) 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 (۱۳۴۷-۱۳۹۸)

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

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



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

Fig. 4- Weather chart of Ahvaz station

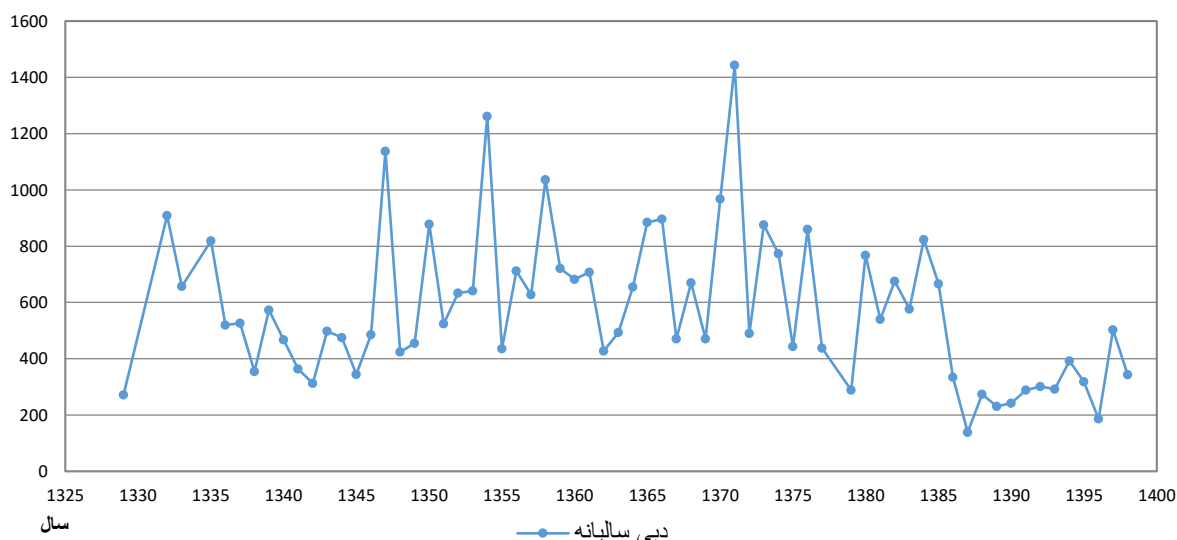
۱۳۷۰ به بعد تا حدودی از روند کاهنده‌ای برخوردار بوده است به طوری که سال ۱۳۷۱ با بیشترین میزان دبی (۱۴۴۳/۲۴) و سال ۱۳۸۷ با کمترین میزان (۱۳۹/۱۶) این میزان فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. توزیع زمانی و روند تغییرات دبی رودخانه کارون ایستگاه اهواز در قالب جدول (۴) و شکل (۵) نشان داده شده است.

با توجه به نمودار دبی سالیانه رودخانه کارون ایستگاه اهواز شکل (۶) روند تغییرات دبی سالیانه در فصول (زمستان و بهار) به صورت 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

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

اسفند	فروردین	اردیبهشت	مهر	مرداد	شهریور	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
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

اهواز، طی بازه 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 ۶۸۷/۷ میلی‌متر بیشترین و فصل تابستان با ۱۴۹۴/۸ 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.

ایستگاه هیدرومتری کارون اهواز

ایستگاه هیدرومتری کارون اهواز یکی از ایستگاه‌های مبنایی کشور به شمار می‌رود و یکی از قدیمی‌ترین ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه خوزستان و حتی ایران محسوب می‌شود. ایستگاه کارون اهواز در عرض جغرافیایی ۲۰:۳۱ و طول جغرافیایی ۴۸:۴۱ قرار دارد. ارتفاع آن ۱۶ متر بالاتر از میانگین تراز دریا می‌باشد. طبق بررسی داده‌های هیدرومتری (رودخانه کارون) ایستگاه

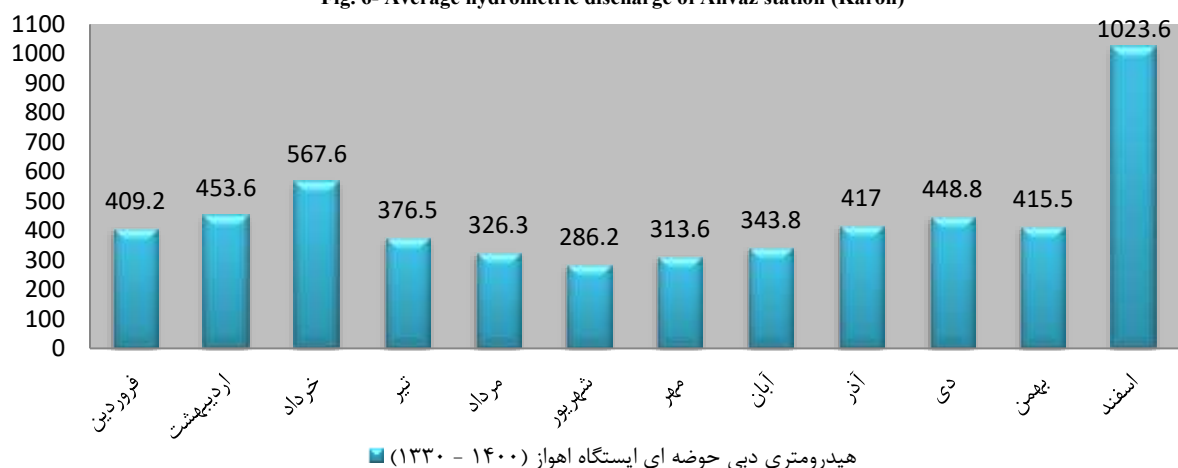
جدول ۵- میانگین (ماهانه) هیدرومتری بارش حوضه‌ای ایستگاه سینوپتیک اهواز طی سال‌های (۱۳۹۸-۱۳۳۰)

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

بازه	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
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 (۱۳۳۰-۱۴۰۰)

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



برای حفاظت از دسترسی پایدار و عادلانه به مقادیر کافی با کیفیت قابل قبول 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 مطرح شده 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. با این حال، نیاز به شاخص‌هایی وجود دارد که برخی از مؤلفه‌ها را مهم‌تر تعریف می‌کند و بنابراین،

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 بی‌اندیشیم تا بتوانیم به راه‌حل‌های مشخصی برسیم که می‌تواند چرخه معیوب ناامنی آب را تغییر دهد. امنیت آب شهری یک هدف راکد نیست، این یک 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

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 به‌طور کلی 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 می‌تواند به درک مکانیسم‌هایی که بر امنیت بلند مدت آب یک شهر تأثیر می‌گذارد، 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 به‌طور کلی 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 جانبه‌ای 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 زیرساخت‌های آب
- افزایش آگاهی و ترویج تکنیک‌های صرفه‌جویی در مصرف آب

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 بر فرض وجود منابع آبی فراوان و راه‌حلی 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) مورد بررسی 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 بارش (۴۷) 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 داده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق

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?sourceopen=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. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.102>

- بهبود ظرفیت سیستم برای حفاظت از تأمین آب پایدار و

یکپارچه از منابع مختلف

- ترویج تغییرات اجتماعی

- بهبود زیرساخت‌ها و خدمات

- مشارکت به‌عنوان کلید اصلی توسعه پایدار و تضمین

امنیت منابع آبی

منابع

9/2022EF002946

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 study of 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 study of 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 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 affected 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/combating-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 appraisalment 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_Ecological_Migration_A_Study_of_Villages_in_the_Province_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. Volume 31, Issue 1, 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/v38y2013i7p930-940.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_Report_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_Southern_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/2017/05/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>.

