



Identification and Analysis of Key Drivers Affecting the Urban Water Management Using Futures Studies Approach A Case Study: Ardabil City

Mohammad Taqi Mosoumi^{1✉} | Behnam Bagheri²

1. Corresponding Author, Department of Geography and Urban planning, Faculty of Literature and Humanities, Branch Ardabil, University Azad Islamic, Ardabil, Iran. taqi.masoumi@iau.ac.ir

2. Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University Payame Noor, Tehran, Iran. bagheribehnam@pnu.ac.ir

Article Information

Research Paper

Vol: 16
No: 62
P: 175-195
Received: 2025-04-14
Revised: 2026-06-13
Accepted: 2026-06-15
Published: 2026-02-01

Keywords:

- Future study
- Key driver
- Water Management
- Ardabil city

Cite this Article:

Masoumi, Mohammad Taqi & Bagheri, Behnam. (2026). Identification and Analysis of Key Drivers Affecting the Urban Water Management Using Futures Studies Approach A Case Study: Ardabil City. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*. 16(62): 175-195.
doi: 10.22034/jargs.2025.516717.1193

Publisher: Hakim Sabzevari University

Authors retain the copyright and full publishing rights.



Abstract

Aim: This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method and nature, aiming to identify and analyze the critical variables in the water management of Ardabil city .

Materials & Methods: To collect the required data, library studies, articles, research papers, and upstream documents were used. Additionally, 30 experts and specialists in the water sector of Ardabil were selected using the snowball sampling method. Subsequently, a Delphi questionnaire was distributed in two stages among the expert panel members to determine the influential factors in Ardabil's water sector. Thirty-five variables across seven main indicators were selected, and a variable matrix table was formed to score and determine the relationships between the variables. In the second stage, the MICMAC software was used to identify the key drivers, and the matrix table scores were entered into the software .

Finding: After calculations by the MICMAC software, 12 variables were identified as critical variables. The results revealed that among the main indicators, the technical indicator had the most significant impact. However, the variables "increasing water prices" and "subsidy removal" had the highest level of importance and priority among the 12 key variables .

Conclusion: The results indicated that to address Ardabil's water issue, special attention must be paid to variables such as increasing water prices and subsidy removal, preventing migration to the city, investment in infrastructure, improving the water distribution system, and water management. These should be prioritized in the work agenda of Ardabil's city managers.

Innovation: The most significant issue was the lack of a futures studies perspective in addressing Ardabil's water challenges. Additionally, the use of diverse variables and different indicators to identify key factors in Ardabil's water management through MICMAC software played a fundamental role in the research outcomes.

Extended Abstract

1. Introduction

According to statistics announced by international institutions, there is a challenging gap in the world between the ability to supply water and the intensity of water demand, which, if not controlled by a set of management solutions, will become a place of tension and conflict on local, regional, national, and global scales. Other crisis-causing factors include the level of income of individuals, population growth, the level of investment in water infrastructure, water management, technological changes in the agricultural and industrial sectors, and decision-making policies, which lead to other scenarios for the future of water. In the meantime, Iran is among the arid and semi-arid countries of the world and is considered one of the most water-scarce countries in the world due to low precipitation and inappropriate temporal and spatial distribution of precipitation. Therefore, despite the consequences and effects of the water crisis in the environmental sphere and even the social space, such as local and regional disputes and conflicts in some provinces of the country, the necessary attention, sensitivity, and concern among the general public and even experts and policymakers have not yet emerged as they should. Incorrect water management on a government scale for a long time, the lack of strategic planning regarding water safety issues in the country, and the weakness of policies have doubled the need to revise the goals and policies ahead in order to manage the water crisis.

2. Materials and Methods

In this research, based on the nature of the research, quantitative and qualitative methods, data analysis, and extraction of indicators have been used. The main goal of this research is to identify and analyze the key variables that are important in the water crisis issue in Ardabil city. In two stages, the Delphi questionnaire was distributed among the experts. In the first step, the experts identified the indicators in general, and after monitoring and integrating the indicators, in the second step, the experts identified and selected the important and influential factors in the water issue of Ardabil city using the Delphi questionnaire. After selecting the indicators, a matrix of variables was formed for scoring and entering the scores into the software. In the next stage, these scores were entered into the software by forming a matrix in the MICMAC software, and after calculations were performed by the software, the key factors and main variables affecting the water issue of Ardabil city were identified.

3. Results and Discussion

In the first step, the experts identified the general indicators, and after monitoring and integrating the indicators, in the second step, the experts identified and selected important and influential factors in the water sector of Ardabil using a Delphi questionnaire. Finally, by analyzing the second round of questionnaires, 35 variables in 7 different areas, including economic, managerial, socio-cultural, demographic, environmental, agricultural, geographical, and technical, were selected as the primary variables in the water sector of Ardabil. By examining the results obtained from the MICMAC software, 12 variables were selected as the main factors in the water sector of Ardabil, which include: increasing water prices and eliminating subsidies, migration to the city, investment in water infrastructure, improving the water distribution system and preventing water leakage, water sector management measures, expanding agricultural land, population growth, the impact of rainfall changes, using low-water-demanding plant species, improving water use efficiency, deterioration of the urban water network, and the culture of water consumption patterns among urban households. These factors were selected based on the direct and indirect impact they had on these variables and obtained the highest score. By further examining the final variables, it was determined that, according to the divided indicators, all the indicators used in the research had an impact on the water sector of Ardabil city. So that among the 7 main indicators, the technical indicator with 3 variables had the most impact, and the economic, demographic, and environmental-agricultural indicators had 2 variables each, and the managerial, geographical, and socio-cultural indicators had 1 variable each.

This shows that the water is a multidimensional issue, and all indicators have an impact on improving the situation.

4. Conclusions

In this study, based on the output of the MICMAC software, it was determined that the factors that have been identified as key and important drivers in preventing or reducing the effects of the water crisis in Ardabil can play an effective role in solving this crisis, such that raising the price of water and eliminating water subsidies are considered important factors in solving the water crisis. Therefore, if the increase in the price of drinking water for urban consumers who do not comply with the consumption pattern is so high that consumption outside the defined standard places a heavy financial burden on consumers, there will definitely be savings in its consumption. The second factor is migration to Ardabil. If this factor is placed next to the population growth factor, it will be seen that the increase in the population will definitely have the consequences of a shortage of resources. Also, planning in the agricultural sector should be carried out in such a way that water is used optimally in this sector and waste and inappropriate use of water are prevented by using modern irrigation systems. Also, the change in cultivation pattern should occur in accordance with each climate, and the water resources consumed in the products should be allocated in accordance with that climate. Considering that one of the final variables in the water crisis in Ardabil city was management measures in the field of water, as a result, paying attention to culture building, optimal planning in the field of water, determining the type of cultivation, cultivation pattern, as well as attracting investors in the urban water infrastructure and agricultural irrigation sectors, and attracting budget from the government in the water infrastructure sector, are effective measures in this field.

5. Acknowledgment & Funding

The manuscript did not receive a grant from any organization.

6. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



دانشگاه حکیم سبزواری

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک



شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی مؤثر بر مدیریت آب با رویکرد

آینده‌پژوهی مطالعه موردی: شهر اردبیل

محمدتقی معصومی^۱، بهنام باقری^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

taqi.masoumi@iau.ac.ir

۲. گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. bagheribehnam@pnu.ac.ir

چکیده

هدف: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش و ماهیت توصیفی-تحلیلی است و هدف آن شناسایی و تحلیل متغیرهای کلیدی و مهم در مدیریت آب در شهر اردبیل است. **روش و داده:** جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات و پژوهش‌ها و اسناد بالادستی استفاده شده است. جامعه آماری ۳۰ نفر از خبرگان و متخصصین حوزه آب شهر اردبیل هستند که بر اساس روش گلوله برفی انتخاب شده‌اند. پس از آن در دو مرحله پرسشنامه دلفی بین اعضای خبرگان توزیع شد تا عوامل تأثیرگذار در حوزه آب شهر اردبیل انتخاب شوند. ۳۵ متغیر در ۷ شاخص اصلی مؤثر انتخاب شده‌اند و با تشکیل جدول ماتریس متغیرها امتیازدهی مابین متغیرها انجام گردید، در مرحله دوم برای شناسایی پیشران‌های کلیدی و مهم امتیازات جدول ماتریس وارد نرم‌افزار MICMAC شده است.

یافته‌ها: پس از انجام محاسبات توسط نرم‌افزار MICMAC، ۱۲ متغیر به عنوان متغیرهای کلیدی و مهم انتخاب شدند. نتیجه به دست آمده مشخص کرد که از میان شاخص‌های اصلی، شاخص فنی دارای بیشترین تأثیر است؛ اما متغیر افزایش قیمت آب و حذف یارانه بیشترین مقدار اهمیت و اولویت را در بین ۱۲ متغیر اصلی دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که برای حل مسئله آب شهر اردبیل و مدیریت آن باید به متغیرهایی مانند افزایش قیمت آب و حذف یارانه، جلوگیری از مهاجرت به شهر، سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت و بهسازی سیستم توزیع آب و مدیریت در حوزه آب توجه ویژه‌ای داشت و در اولویت کاری مدیران شهری قرار داد.

نوآوری، کاربرد نتایج: مهم‌ترین مسئله در تحقیق حاضر داشتن نگاه آینده‌پژوهانه به موضوع بحران آب است که از نظر روش تحقیق نیز متفاوت از بقیه پژوهش‌ها در شهر اردبیل انجام شده است، علاوه بر این در تحقیق حاضر به صورت جامع تمام متغیرهای مؤثر بر بحران آب شهر اردبیل مورد مطالعه قرار گرفته و نتیجه به دست آمده از تحلیل خروجی نرم‌افزار MICMAC می‌تواند در کاهش یا مدیریت بهتر بحران آب شهر اردبیل نقش اساسی ایفا کند.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دوره: ۱۶

شماره: ۶۲

صفحه: ۱۷۵-۱۹۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

کلیدواژه‌ها:

- پیشران کلیدی
- آینده پژوهی
- مسئله آب
- شهر اردبیل

نحوه ارجاع به این مقاله:

معصومی، محمدتقی و باقری، بهنام. (۱۴۰۴). شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی مؤثر بر مدیریت آب با رویکرد آینده‌پژوهی مطالعه موردی: شهر اردبیل. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۶(۶۲): ۱۷۵-۱۹۵.

doi:10.22034/jargs.2025.516717.1193

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



نویسندگان حق نشر و حقوق کامل انتشار را حفظ می‌کنند.

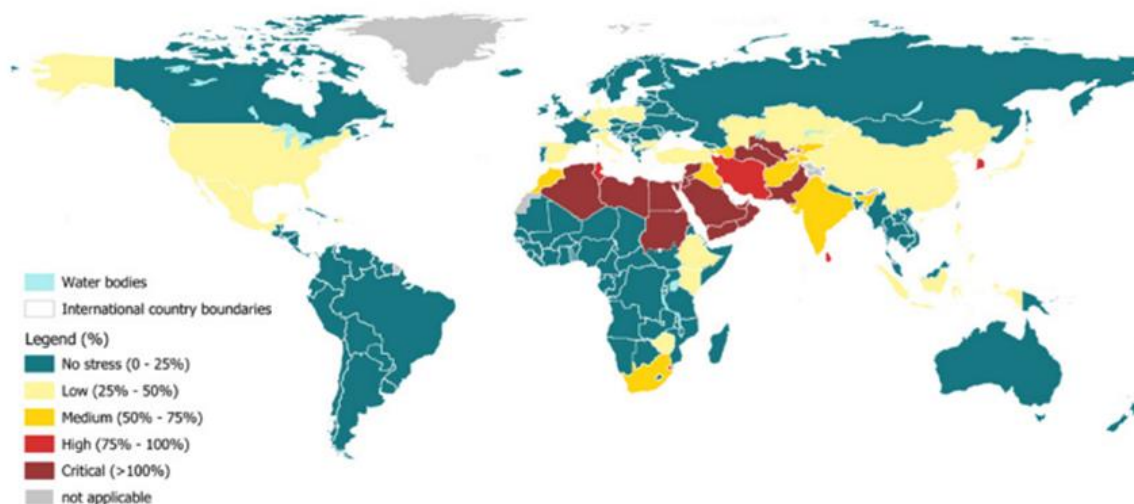
۱- مقدمه

امروزه نقش آب نه تنها به عنوان یک عنصر مهم زیست‌محیطی و یک کالای اساسی، بلکه به عنوان یک ضرورت برای اشکال مختلف زندگی و اهمیت آن در توسعه اقتصادی-اجتماعی و انسانی و بعضاً ابزاری برای تسلط اقتصادی به شمار می‌رود (Aromolaran et al., 2019). آب به عنوان مایه و منشا آبادانی و رکن بقا و زندگی موجودات زنده است و حفظ حیات و رشد توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع در گرو دسترسی به منابع آب سالم است (Haji Ghadiri & Godarzi, 2022). آب یکی از پدیده‌های اساسی محیط‌زیستی، پدیده‌ای چندوجهی است که مدیریت بهره‌برداری و توسعه منابع آب نیز یک موضوع پیچیده و چندبعدی است و به نظر می‌رسد تاکنون بیشتر بعد فنی آن مدنظر قرار گرفته و به ابعاد اجتماعی-جامعه‌شناختی آن کمتر توجه شده، بلکه از جنبه‌های فنی و زیستی مورد توجه قرار گرفته است (Khosravipour & Soleimani, 2020). با وجود این که ۷۱ درصد از سطح زمین را آب در بر گرفته است (Bolt, 2020)، اما تنها ۲/۵ درصد از آب موجود در جهان را آب شیرین تشکیل می‌دهد (Owusu et al., 2016). که از این مقدار هم فقط یک درصد از منابع آب شیرین برای استفاده انسان در دسترس است (Banaduc, 2020). بنا بر آمارهای اعلام شده از سوی نهادهای بین‌المللی، بین توان تأمین آب و شدت تقاضا برای آب، در جهان شکافی وجود دارد که چالش‌برانگیز است، که اگر با مجموعه راهکارهای مدیریتی قابل مهار نباشد در ابعاد محلی، منطقه‌ای، ملی و جهانی تبدیل به محل تنش و برخورد خواهد شد. سایر عوامل بحران‌زا نیز شامل میزان درآمد افراد، رشد جمعیت، میزان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آب، مدیریت آب، تغییرات تکنولوژیکی در بخش کشاورزی و صنعتی و سیاست‌های تصمیم‌گیری سبب سناریوهای دیگر برای آینده آب می‌شود (Saeedi & Sadeghi DehCheshmeh, 2023). گزارش سال ۲۰۰۷ سازمان غذا و کشاورزی اعلام می‌کند که اگر آب آشامیدنی جهان به نسبت مساوی بین افراد جهان تقسیم شود، هر نفر ۵ تا ۶ هزار مترمکعب آب برای سرانه مصرف سالیانه خواهد داشت که در مقایسه با ۱۰۰۰ متر مکعب آبی که به عنوان کمترین میزان لازم برای هر شخص در سال مطرح است بسیار بیشتر است و این معنا را می‌رساند که عدالت آبی در جهان وجود نداشته است (FAO, 2012). بر همین اساس بر پایه آمار سال ۲۰۲۰ صندوق کودکان سازمان ملل متحد چهار میلیارد نفر هر سال دست‌کم یک ماه درگیر کمبود شدید آب هستند، بیش از دو میلیارد نفر در کشورهایی زندگی می‌کنند که تأمین آب آن‌ها ناکافی است و ممکن است تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به ۷۰۰ میلیون نفر به دلیل کمبود شدید آب آواره شوند و تا سال ۲۰۴۰ تقریباً از هر چهار کودک در سراسر جهان یک نفر در مناطقی زندگی کند که تنش آبی بسیار زیاد دارد (UNISEF, 2021). در این میان کشور ایران به دلیل نزولات جوی کم و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارش، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و یکی از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان به‌شمار می‌رود (Ghafari et al., 2018). بنابراین با وجود بروز پیامدها و آثار ناشی از بحران آب در حوزه محیط‌زیست و حتی فضای اجتماعی مانند اختلافات و مناقشات محلی و منطقه‌ای در برخی از استان‌های کشور، هنوز توجه، حساسیت و دغدغه‌مندی لازم در میان عموم مردم و حتی کارشناسان و سیاست‌گذاران، آن‌گونه که باید پدید نیامده است. مدیریت ناصحیح آب در مقیاس دولتی به مدت طولانی، فقدان برنامه‌ریزی راهبردی با توجه به مسائل ایمنی آب در کشور و ضعف سیاست‌ها، لزوم تجدیدنظر در اهداف و سیاست‌های پیش‌رو به منظور مدیریت بحران آب را دو چندان می‌کند (Aghamiri & Rahmani, 2019). بررسی‌ها نشان می‌دهد که شاخص‌های آب در کشور به مراتب از متوسط استانداردهای جهانی پایین‌تر است. از طرفی به دلیل افزایش جمعیت و به تبع آن گسترش صنایع، کشاورزی و شهرنشینی، روز به روز با افزایش تقاضای آب مواجه هستیم. برای مثال بر اساس شاخص فالکن مارک^۱ وضعیت منابع آب در ایران در آستانه بحران آبی است و بر اساس دو شاخص سازمان ملل و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، در وضعیت بحران آبی شدید قرار دارد (Taheri et al., 2023). بر این اساس بحران آب به وضعیتی اشاره دارد که در آن با توجه به شاخص‌ها و مدل‌های موجود میزان سرانه یا میزان دسترسی به آب تجدیدپذیر مصرفی افراد در سال، کمتر از حد استاندارد جهانی است (Rezayan & Rezayan, 2016). کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل، میزان درصد برداشت از منابع تجدیدپذیر هر کشور را ملاک تعیین کم و کیف بحران قرار داده است (Shahedi & Talebi Hossein Abad, 2014). بر این اساس هرگاه میزان برداشت آب یک کشور بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع آب تجدیدپذیر باشد، این کشور با بحران شدیدی مواجه است و در صورتی که رقم بین ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد، بحران متوسط و اگر کمتر از ۱۰ درصد باشد، بدون بحران در نظر گرفته می‌شود (Shahedi & Talebi Hossein Abad, 2014). علی‌رغم این که آینده و وضعیت آبی حجم مصارف و منابع آبی نامشخص است،

¹ Falkenmark Water Stree Indicator

بعضی از این عدم قطعیت‌ها به علت عوامل کنترل نشدنی مانند آب و هوا به وجود آمده است؛ اما عوامل دیگر تأثیرگذار می‌تواند تحت تأثیر انتخاب‌های جمعی مردم جهان قرار گیرند، این عوامل شامل درآمد و رشد جمعیت، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آب، تخصیص آب به استفاده‌های مختلف، اصلاح مدیریت آب و تغییرات تکنولوژیکی و غیره است (Rosegrant, 2002). بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل (فائو)، سطح تنش آبی از سال ۲۰۱۵ در سطح جهان ۲/۸ درصد افزایش یافته و در سال ۲۰۲۱ به ۱۸/۶ درصد رسیده است (FAO of the UN, 2024). بر این اساس تغییرات منطقه‌ای قابل توجهی در مناطق آسیای جنوبی و مرکزی، شمال آفریقا و غرب آسیا دیده می‌شود که سطوح تنش آبی بالایی را نشان می‌دهد. بیشتر این مناطق در سال‌های اخیر افزایش سطح تنش آبی را تجربه کرده‌اند، به طوری که غرب آسیا و شمال آفریقا از سال ۲۰۱۵ شاهد افزایش قابل توجه ۱۲ درصدی از تنش آبی بوده‌اند که چالش‌های حاد ناشی از تغییرات آب و هوایی را نشان می‌دهد (FAO of the UN, 2024). در سطح جهانی، کشاورزی به عنوان مصرف‌کننده اصلی منابع آب ظاهر می‌شود که ۷۲ درصد از کل برداشت آب شیرین را به خود اختصاص داده است، پس از آن بخش صنعت (۱۵ درصد) و بخش خدمات (۱۳ درصد) قرار دارند (FAO of the UN, 2024). با توجه به شکل شماره ۱ مشخص گردید که کشور ایران در ناحیه غرب آسیا در منطقه‌ای در طبقه‌بندی تنش آبی با یک پله فاصله از ناحیه بحرانی در ناحیه‌ای با تنش آبی ۷۵ تا ۱۰۰ درصد و سطح تنش بالا قرار دارد.

Water stress levels by country



شکل ۱. سطح تنش آبی کشورها (مأخذ: FAO of the UN, 2024)

بحران آب در دهه‌های اخیر به‌نگرانی فزاینده کارشناسان و دانشمندان حوزه آب تبدیل شده است (Biswas & Tortajade, 2019). در کشورهای مختلف بنا بر شرایط موجود شیوه‌های متفاوتی برای مدیریت منابع آب و مواجهه با بحران کم‌آبی مورد استفاده قرار گرفته است. در ژاپن، استرالیا و جنوب غربی آمریکا از بهبود شیوه‌های آبیاری و کاهش مصرف آب کشاورزی استفاده می‌شود، در آمریکا و برزیل از قیمت‌گذاری مناسب آب برای اصلاح الگوی مصرف استفاده می‌شود، تصفیه آب فاضلاب و پسماندها شیوه دیگری است که در بسیاری از کشورها از جمله آفریقای جنوبی و آمریکا استفاده می‌شود، ابداع فناوری‌های جدید برای تولید و صرفه‌جویی در مصرف آب مانند طراحی‌های زیست‌سازگار^۲ در آمریکا، که موادی را طراحی کرده‌اند که قادر به تولید آب از مه خنک و بخاری‌های خورشیدی هستند. آموزش تغییر الگوی مصرف و سبک زندگی، بهبود حوضه آبریز و برداشت محصول، بهبود زیرساخت‌های توزیع، از جمله روش‌های مورد استفاده در دنیا در مدیریت مسئله آب است (Taheri et al., 2023).

1. Food and Agriculture Organization of the United Nation
2. Bioinspired design



شکل ۲. فرآیند مدیریت آب (مأخذ: FAO of the UN, 2024)

موضوع اصلی گزارش توسعه جهانی آب سازمان ملل متحد که در شکل ۲ نشان داده شده است. مشخص می‌کند که بسیاری از مسیرهای توسعه پایدار با آب مرتبط است؛ اما تصمیماتی که نحوه استفاده یا سوءاستفاده از منابع آب را تعیین می‌کند، تنها توسط مدیران آب اتخاذ نمی‌شود، بلکه عوامل متعددی در آن دخالت دارند. بخش پایینی شکل، با عنوان جبهه آب، حوزه مدیریت بخش آب را نشان می‌دهد. در اینجا، مدیریت بخش آب و همچنین مدیران سایر بخش‌ها بر پایه تعاملات مدیریتی خود منابع را جهت اثرگذاری بر بخش‌های دیگر نظارت می‌کنند. بالاتر از بخش مدیریت آب نیز بازیگرانی هستند که سیاست‌های اجتماعی-اقتصادی گسترده‌ای را که بر آب تأثیر می‌گذارند یا تحت تأثیر قرار می‌گیرند را نشان می‌دهد. عواملی مانند بازیگران سیاسی، فعالان تجاری و اقتصادی و بازیگران جامعه محلی که هر یک به نوعی دارای نقش در مدیریت بخش آب هستند. این چرخه با تصمیم‌گیری بازیگران فرآیند سیاسی در دولت، جامعه مدنی و تجاری در مورد اهداف توسعه اجتماعی-اقتصادی و تدوین سیاست و تصمیمات عملیاتی برای دستیابی به آن‌ها آغاز می‌شود. تصمیمات آن‌ها نیازهای زندگی و معیشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در زمینه عوامل خارجی نیز که اغلب خارج از کنترل مستقیم آن‌ها است فشارهایی را بر منابع زمین و آب ایجاد می‌کند (FAO of the UN, 2024). بر اساس فرآیند مدیریت آب در شکل ۲، مدیران منابع آب، نیازهای مصرفی آب را، تأمین نیازهای مردم و ایجاد و حمایت از معیشت آن‌ها می‌دانند و آن‌ها را مورد توجه قرار می‌دهند. با این حال، اقدامات آن‌ها ممکن است به دلیل محدودیت‌های مربوط به آب، منابع مالی، منابع انسانی ناکافی یا به دلیل رفتار نیروهای خارجی مؤثر واقع نشود؛ بنابراین، پیشرفت در مدیریت بر منابع آب مستلزم بازگشت به بازیگران اصلی سیاسی در فرآیند تصمیم‌گیری است تا عکس‌العمل مناسب در جهت رفع محدودیت آبی در نظر بگیرند (FAO of the UN, 2024).

به باور بیشتر نخبگان، سهم ناکارآمدی مدیریتی در بروز بحران آب نسبت به بقیه عوامل محیطی بیشتر بوده و بحران آب بیش از این که محصول تغییرات محیطی چند دهه اخیر باشد، نتیجه سیاست‌گذاری‌های گذشته در این بخش است

(Karimi Nejad, 2019). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته منابع جهانی آب تجدیدشونده مصرفی، حدود ۴۳۵۰۷ میلیارد مترمکعب با سرانه ۶۸۷۲ مترمکعب است، این ارقام برای ایران به ترتیب ۱۳۰ میلیارد مترمکعب و ۱۹۱۸ مترمکعب بوده (Lehane, 2014) و بر اساس این پژوهش‌ها، کاهش سالیانه منابع آب شیرین در ایران ۶/۳ برابر بیشتر از استاندارد جهانی است، از این ۱۳۰ میلیارد مترمکعب تا آخر سال ۲۰۱۳ بیش از ۸۰ درصد مصرف و پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۰ این رقم به بیش از ۹۰ درصد خواهد رسید (Lehane, 2014). پیش‌بینی شده است در همین سال سرانه آب برای هر ایرانی ۱۳۰۰ مترمکعب و در سال ۲۰۵۰ کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب خواهد بود (Lehane, 2014). به دلیل چند وجهی بودن مسئله آب، می‌توان گفت یکی از چالش‌های اصلی سیاست‌گذاری در حوزه مدیریت آب، ضرورت حل و فصل عدم قطعیت‌های مرتبط با آینده است؛ چرا که سیاست‌های آب برای دهه‌ها به هدایت اقدامات این حوزه می‌پردازد و در نتیجه، سیاست‌گذار یا تصمیم‌گیرنده این حوزه باید قادر به پیش‌بینی آینده و ارائه راه‌حل‌های متناسب با آن باشد. برنامه‌ریزی و مدیریت آب یک فعالیت بلندمدت است که نیازمند آینده‌نگاری است (Mohamed et al., 2020). این امر پیش‌بینی شرایط آبی را بسیار دشوار نموده و احتمالات مختلفی از آینده را پیش روی برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. در این میان شهر اردبیل به عنوان مرکز استان اردبیل جزو شهرهایی است که فعالیت کشاورزی در سطح وسیعی انجام می‌گیرد، در کنار این مسئله بر اساس آمار اداره کل هواشناسی استان اردبیل میزان بارش بلند مدت شهر اردبیل ۳۰۶ میلی‌متر بوده و بر اساس پهنه‌بندی خشکسالی مطابق با شاخص SPEI برای دوره ۲۴ ماهه تا پایان شهریور ماه ۱۴۰۳ شهر اردبیل درگیر خشکسالی شدید است. همچنین بر اساس پهنه‌بندی اختلاف بارش تجمعی سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ با بلندمدت میزان بارش دریافتی در شهر اردبیل شاهد ناهنجاری منفی بارش نسبت به بلندمدت هستیم (Ardabil Meteorological Administration, 2025). با توجه به این نکته که شهر اردبیل به عنوان مرکز استان در طول سه دهه اخیر به علت افزایش جمعیت و ایجاد شهرک‌های مسکونی، گسترش فضای فیزیکی را تجربه کرده است، بنابراین لزوم بررسی و تحلیل حل مسئله آب شهر اردبیل باید به عنوان اولویت تحقیق در سطح مدیریت قرار استان قرار گیرد. بر این اساس هدف این تحقیق نیز بررسی و شناسایی عوامل مؤثر و کلیدی در حل مسئله آب شهر اردبیل است. در مدیریت منابع آبی و برنامه‌ریزی در جهت حل بحران و مدیریت آب مطالعات متعددی در طیف‌های وسیعی انجام گرفته است. این مطالعات به عنوان منبعی برای برنامه‌ریزی در جهت مدیریت بهتر آب شناخته شده و بر اساس آن مطالعات و مدیریت‌های مختلف دیگر انجام یافته است. ملکی و همکاران به تحلیل ساختاری پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تنش‌های آبی در شهر اهواز با استفاده از سناریونویسی پرداخته که از میان ۴۶ متغیر تأثیرگذار ۱۶ عامل کلیدی شناسایی شده و ۲ سناریو قوی نشان می‌دهد که وضعیت حاکم مؤثر بر آینده تنش‌های آبی ناشی از تغییر اقلیم است (Maleki et al., 2024).

افشاری و همکاران در مقاله تحلیل آینده‌نگرانه از چگونگی تحقق حکمرانی محلی آب در حوضه آبخیز قره‌چای که با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک و بر اساس ۲۰ متغیر کار شده و ۹ متغیر دارای تأثیرگذاری بالا بوده است و نتیجه تحقیق نشان داده است که شفاف‌سازی وظائف ارگان‌ها و پاسخگو بودن نهادهای متولی در اجرای سیاست، بالاترین امتیاز را کسب کرده است (Afshari et al., 2024).

آفتابی و همکاران در تحقیقی به تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق با استفاده از نرم‌افزارهای MICMAC و Scenario Wizard به آینده‌پژوهی مناسبات رودخانه‌های مرزی دو کشور ایران و عراق پرداخته‌اند. نتایج نشان داده که ۷۰ درصد وضعیت حاکم بر صفحه سناریو در وضعیت بحرانی و در آستانه بحران قرار دارد و احتمال رخداد وضعیت بحران در روابط فراروی هیدروپلیتیک ایران و عراق وجود دارد (Aftabi et al., 2023).

ربیعی و همکاران در تحقیقی با عنوان تحلیل پیامدهای امنیتی بحران آب در استان هرمزگان به مسأله آب و کم آبی در استان هرمزگان پرداخته که به بحرانی فراگیر تبدیل شده و تقریباً همه مناطق استان را در بر گرفته است. نتیجه نشان داد که با توجه به کم آبی موجود در استان هرمزگان احتمال درگیری بر سر کسب منافع محلی و ملی بین ساکنان این استان دور از انتظار نیست (Rabiei, et al., 2020).

بختیاری و همکاران در تحقیقی به بررسی الگوی فضایی مصرف آب خانگی در اصفهان و تحلیل عوامل اجتماعی و فرهنگی مؤثر بر آن پرداخته‌اند، نتیجه به دست آمده نشان می‌دهد که شش متغیر از جمله: نوع مالکیت مسکونی، تحصیلات سرپرست خانوار، سن سرپرست خانوار، نوع واحد مسکونی، مساحت زیربنا و مدت سکونت به طور مستقیم در میزان مصرف آب خانوار تأثیرگذار بوده‌اند (Baktiyari et al., 2020).

فدایی ده‌چشمه در تحقیقی به بازنمایی معنایی بحران آب از منظر روش زمین‌های در استان چهارمحال بختیاری پرداخته و نتیجه نشان می‌دهد که بحران آب در شهرهای بروجن، فرخ شهر و سامان بیش از هر چیز به علت سوءمدیریت و عدم توانایی نهادهای دولتی در اداره منابع آبی است (Fadaei Deh Cheshmeh, 2019).

محمدی و همکاران در تحقیقی به شناسایی محله‌های آسیب‌پذیر شهری از نظر اتفاقات شبکه آب در شهر اردبیل با استفاده از فرایند سلسله مراتبی (AHP) ^۱ و کرنل پرداخته و نتیجه به دست آمده نشان داده است که ۱۳ درصد از محله‌ها در پهنه‌ی آسیب‌پذیری شدید قرار دارند (Mohammadi et al., 2019).

آسیابی‌هیر و همکاران در تحقیقی به ارزیابی پایداری منابع آب سطحی در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای تعیین شده پرداخته‌اند. نتیجه به دست آمده نشان داده که معیار محیط‌زیست در شرایط نامطلوبی بوده و حوضه‌های مرکزی و شرق استان دارای مقادیر مشابهی از نظر معیارها هستند (Asiabi-Hir et al., 2019).

آسیابی‌هیر و همکاران در تحقیقی بر اساس معیارهای منابع، دسترسی، مصارف، محیط‌زیست و ظرفیت اجتماعی-اقتصادی در مقیاس زیرحوضه در استان اردبیل به ارزیابی چندمعیاره تغییرات مکانی شاخص فقر آب در تعدادی از حوضه‌های آبخیز استان اردبیل پرداخته‌اند و در ادامه، با رویکردهای مختلف وزن‌دهی مقدار شاخص فقر آب ارزیابی شده است. نتیجه به دست آمده نشان می‌دهد که مقدار متوسط شاخص فقر آب برای کل حوضه‌های مطالعه شده در استان اردبیل ۴۳ به دست آمد که طبق طبقه‌بندی مرکز اکولوژی و هیدرولوژی والینگفورد، فقر آبی شدیدی دارد (Asiabi-Hir, et al, 2017).

ملک‌محمدی و همکاران در ارزیابی یکپارچه محیط‌زیستی افت آب‌های زیرزمینی دشت اردبیل در راستای ارائه راهکارهای مدیریتی که با استفاده از نرم‌افزار سیستم‌های پشتیبانی مولینو کار شده است. نتیجه به دست آمده نشان داده که گزینه تعیین آب بهای واقعی نسبت به دیگر راهکارهای مدیریتی دشت اردبیل در بالاترین رتبه قرار دارد (Malekmohammadi et al., 2017).

جرج ویلیامز و همکاران در تحقیقی به آینده‌نگری پایدار آب در کشور آفریقای جنوبی پرداخته‌اند. این مقاله مروری سیستماتیک بر ادبیات مربوط به استراتژی‌ها یا روش‌های آینده‌نگری مورد استفاده برای افزایش تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی آینده برای تضمین دسترسی عادلانه و پایدار به آب تمیز در کشورهای جنوب صحرای آفریقا است. یافته‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات آینده‌نگری در اکثر کشورهای جنوب صحرای آفریقا در مراحل اولیه خود بوده و از ابزارها یا رویکردهای آینده‌نگری به صورت جداگانه استفاده می‌کند (George-Williams et al., 2024).

کوسوو و همکاران در تحقیقی به بررسی آینده بحران آب در آلمان تا سال ۲۰۵۰ پرداخته است. نویسندگان با استفاده از روش آینده‌نگاری و تحلیل سناریوها به شناسایی زمینه‌های احتمالی بروز تعارضات آبی در آینده می‌پردازد. نتیجه این مطالعه کمک می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان راهبردهایی را برای مدیریت منابع آبی در مواجهه با تغییرات اقلیمی و افزایش تقاضا تدوین کنند (Kosow et al., 2024).

پلوچینوتا و همکاران در تحقیقی مدیریت پایدار آب شهری در ایس فلیت^۲ انگلستان را بررسی کردند. هدف این تحقیق بررسی روش‌های کاهش مصرف آب شرب از طریق مشوق‌های اجتماعی-محیط‌زیستی و اقتصادی بوده است که از طریق یک مدل دینامیک سیستمی (SDM) ^۳، انجام داده‌اند. نتیجه نشان داده است این مطالعه اولین بررسی مدیریت پایدار آب در شهر باغی افسفلیت بوده و بر اهمیت رویکردهای مدل‌سازی مشارکتی در بررسی راه‌حل‌هایی برای چالش‌های آب در بخش کاهش مصرف آب آشامیدنی تأکید دارد (Pluchinotta et al., 2021).

گوپتا و کومار در تحقیق برنامه‌ریزی سناریو با مدل Thornthwaite، برای مدیریت منابع آب در منطقه سمی اراید هند با استفاده از متغیرهای ورودی میزان بارش، تبخیر، جمعیت و آبیاری محصول به ارائه ۶ سناریو برای ۲۰۲۵ این منطقه پرداختند (Gupta & Kumar, 2018).

رنود و ورکوسه در تحقیق آب، تغییر اقلیم و امنیت انسانی: درگیری و مهاجرت، به بررسی رابطه میان منابع آب، تغییرات اقلیمی و امنیت انسانی در قالب مهاجرت و تنش پرداخته‌اند و نتیجه نشان می‌دهد که با تهدید منابع آب، ناامنی انسان و آوارگی افزایش می‌یابد (Renaud & Wirkus, 2012).

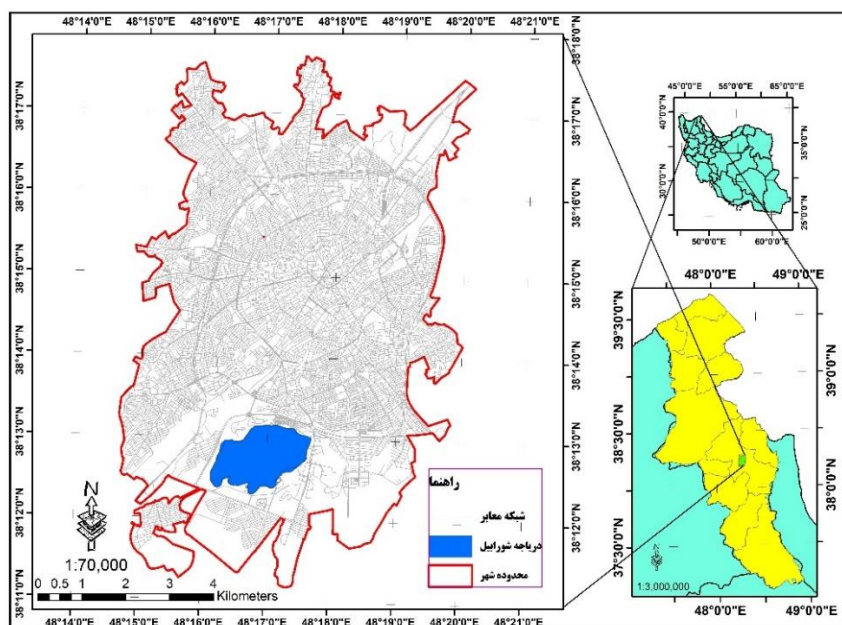
1. Analytical Hierarchy Process (AHP)
2. Ebbs fleet
3. System Dynamics Modeling (SDM)

با توجه به مطالعات متعددی که در این زمینه انجام یافته و به تعدادی از آن‌ها نیز اشاره گردید، نوآوری تحقیق حاضر بر این اساس بوده است که در شهر اردبیل مطالعات در حوزه آب وجود داشته؛ اما هیچ‌کدام از تحقیقات در حوزه آینده‌پژوهی آب و یا شناسایی عوامل مؤثر در حل مسئله آب و یا کاهش بحران آب در شهر اردبیل که با مطالعه تعداد زیاد متغیرها و نگرش آینده‌پژوهانه انجام شده باشد وجود ندارد. هدف این تحقیق نیز شناسایی و تحلیل متغیرهای کلیدی مؤثر بر مدیریت بحران آب شهر اردبیل بوده تا از این طریق به کم کردن یا از بین بردن این بحران در شهر اردبیل کمک کرد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر اردبیل در بخش مرکزی استان اردبیل در شمال غرب ایران واقع شده است. این شهر مرکز استان اردبیل است و بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ دارای ۵۲۵۷۰۲ نفر جمعیت است، متوسط بارش در ایستگاه سینوپتیک اردبیل حدود ۳۰۴ میلی‌متر بوده و پر باران‌ترین ماه سال اردیبهشت است. میانگین دمای سالانه در ایستگاه اردبیل ۹ درجه سانتی‌گراد، حداقل دمای ثبت شده ۳۳/۸- درجه سانتی‌گراد، متوسط روزهای یخبندان ۱۳۰ روز در سال و یکی از نواحی سردسیر ایران محسوب می‌شود (Daneshvar Vousoughi & Dinpashoh, 2013). طبقه‌بندی اقلیمی دوما رتن نیز نشان داده است که اقلیم شهر اردبیل جزو اقلیم نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Varamesh, 2021). شهر اردبیل دارای ۲ سد قوری چای و شورابیل برای اهداف کشاورزی و سد یامچی که با هدف شرب و کشاورزی احداث شده و ۱۵ سد خاکی با هسته ملاتی و رسی نیز برای اهداف کشاورزی دارد. این شهر در سال ۱۴۰۲ دارای ۲۵۲ میلی‌متر بارندگی بوده و نسبت به سال قبل از آن دارای ۲۷/۶- کسری بارش است (Regional Water Company of Ardabil, 2025).



شکل ۳. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل

۲-۲- روش پژوهش

تحقیق حاضر به لحاظ هدف کاربردی و مبنای ماهیت و روش آن به صورت توصیفی-تحلیلی است. در این تحقیق بر اساس ماهیت تحقیق از روش‌های کمی و کیفی، تجزیه و تحلیل اطلاعات و استخراج شاخص‌ها استفاده شده است. هدف اصلی این تحقیق شناسایی و تحلیل متغیرهای کلیدی مهم در مسأله بحران آب در شهر اردبیل است؛ بنابراین به منظور شناسایی فهرست اولیه عوامل مؤثر بر بحران آب در شهر اردبیل از روش مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات و پژوهش‌های ملی و بین‌المللی که به مسأله آب پرداخته بودند استفاده شد. همچنین اسناد بالادستی شهر اردبیل در سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان و اسناد آب و فاضلاب شهر اردبیل

مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین در مرحله اول ۳۰ نفر از خبرگان و متخصصین که از بین اعضای هیأت علمی و مدیران کارشناس صاحب‌نظر در حوزه آب و برنامه‌ریزی شهری بوده و در این حوزه دارای سوابق کاری بالا و پژوهش علمی و تألیفات متعدد در حوزه آب و شهر اردبیل بودند، بر اساس روش گلوله برفی انتخاب شدند، رحمانی و همکاران در مقاله مبانی روش شناختی و کاربردهای روش دلفی، عنوان کرده است که هدف دلفی، وسعت مشکل، کیفیت تصمیم، توانایی تیم تحقیق در اداره مطالعه، اعتبار داخلی و خارجی، زمان جمع‌آوری داده‌ها و منابع در دسترس، دامنه مسأله و پذیرش پاسخ است. تعداد شرکت‌کنندگان نیز معمولاً کم‌تر از ۵۰ نفر و اکثراً ۱۵ تا ۲۰ نفر بوده است (Rahmani, et al, 2020) (جدول ۱). پس از آن در دو مرحله پرسشنامه دلفی بین اعضای خبرگان توزیع گردید، در گام اول اعضای خبرگان به شناسایی کلی شاخص‌ها پرداختند و پس از پایش و ادغام شاخص‌ها در گام دوم با استفاده از پرسشنامه دلفی عوامل مهم و تأثیرگذار در حوزه آب شهر اردبیل توسط خبرگان شناسایی و انتخاب گردید. پس از انتخاب شاخص‌ها، تشکیل ماتریس متغیرها جهت امتیازدهی و وارد شدن امتیازات به نرم‌افزار انجام یافت. روش این نرم‌افزار بدین‌گونه است که ابتدا متغیرها و مؤلفه‌های مهم در حوزه مورد نظر شناسایی کرده و سپس آن‌ها را در ماتریسی مانند ماتریس تحلیل اثرات وارد کرده و میزان ارتباط میان این متغیرها با حوزه مربوطه توسط خبرگان تشخیص داده می‌شود. متغیرهای موجود در سطرها بر متغیرهای موجود در ستون‌ها تأثیر می‌گذارند، پس بدین ترتیب متغیرهای سطرها، تأثیرگذار و متغیرهای ستون‌ها تأثیرپذیرند (Kippenberger, 1999). میزان ارتباط با اعداد بین صفر تا ۳ سنجیده می‌شود. عدد صفر به منزله بدون تأثیر، عدد یک به منزله تأثیر ضعیف، عدد دو به منزله تأثیر متوسط و در نهایت عدد ۳ به منزله تأثیر زیاد هستند. بنابراین اگر متغیرهای شناسایی شده به تعداد n باشد، یک ماتریس $n * n$ به دست می‌آید که در آن تأثیرات متغیرها را یکدیگر مشخص شده است (Zamanipoor & Zali, 2015). در مرحله دوم این امتیازات با تشکیل ماتریس در نرم‌افزار میک‌مک وارد نرم‌افزار گردیده و پس از انجام محاسبات توسط نرم‌افزار، عوامل کلیدی و متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر حوزه آب شهر اردبیل شناسایی شد.

جدول ۱. نحوه توزیع خبرگان دانشگاهی و مدیران کارشناس صاحب‌نظر در حوزه آب

خبرگان	تعداد	تحصیلات		سابقه فعالیت	
		کارشناسی ارشد	دکتری	۵ سال و بالاتر	۱۰ سال و بالاتر
کارشناسان متخصص حوزه آب در نهادها و ارگان‌های مختلف	۱۳	۳	۱۱	۲	۲
اعضای هیأت علمی	۱۷	-	۱۷	-	۳
					۲۰ سال و بالاتر
					۹
					۱۴

۳- یافته‌ها

۳-۱- شناسایی عوامل اولیه مؤثر در حوزه آب شهر اردبیل

در تحقیق حاضر برای شناسایی متغیرهای مؤثر بر حوزه آب شهر اردبیل بعد از مطالعه اسناد بالادستی در زمینه‌ها و حوزه‌های مختلف از روش دلفی دو مرحله‌ای استفاده گردید. برای تعیین و شناسایی اولیه متغیرها از ۳۰ نفر خبره و کارشناس خبره (Rahmani et al., 2019)، در حوزه آب و برنامه‌ریزی شهری استفاده گردید. در گام نخست اعضای خبرگان به شناسایی کلی شاخص‌ها پرداختند و پس از پایش و ادغام شاخص‌ها، در گام دوم با استفاده از پرسشنامه دلفی عوامل مهم و تأثیرگذار در حوزه آب شهر اردبیل توسط خبرگان شناسایی و انتخاب گردید و نهایتاً با تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های دور دوم، ۳۵ متغیر در ۷ حوزه مختلف از جمله اقتصادی، مدیریتی، اجتماعی-فرهنگی، جمعیتی، محیط‌زیست، کشاورزی، جغرافیایی و فنی به عنوان متغیرهای اولیه در حوزه آب شهر اردبیل انتخاب گردید.

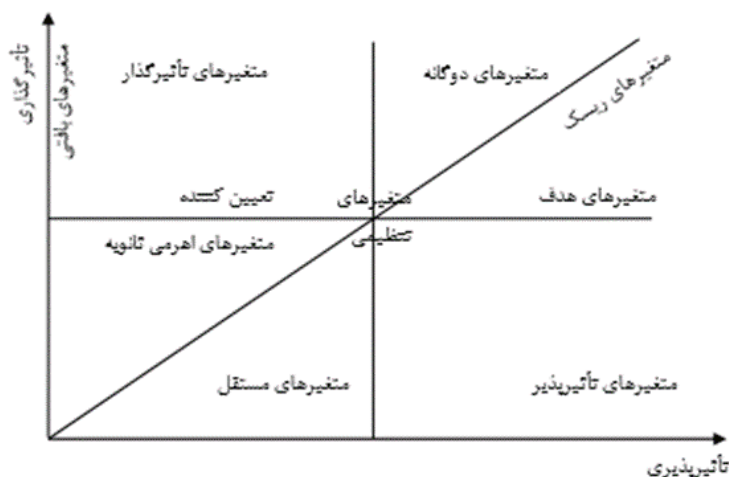
جدول ۲. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های اولیه مؤثر در حوزه آب شهر اردبیل

شاخص	زیرشاخص
مدیریتی	اقدامات مدیریتی حوزه آب، تقویت همکاری‌های محلی، منطقه‌ای و ملی، معافیت‌ها و جرایم (ایجاد سیاست‌های تشویقی و تنبیهی)، ایجاد مکانیزم‌هایی در به‌کارگیری همه‌ذی‌نفعان در حوزه آب، ایجاد قوانین و توافق‌نامه در نحوه توزیع، قوانین معماری و شهرسازی، ضعف و نوسانات مدیریتی
اقتصادی	افزایش قیمت آب و حذف یارانه، درآمد سرانه خانوار، سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت آبی، ایجاد صنایع آب‌بر، تطابق ترکیب محصولات کشاورزی با ظرفیت اکولوژیکی منطقه، برداشت و مصرف آب، تأمین اعتبارات متناسب جهت تعمیرات و نگهداری زیرساخت‌های آبی
اجتماعی- فرهنگی	فرهنگ الگوی مصرف آب در بین خانوارهای شهری، بروز اختلاف منطقه‌ای در تخصیص آب، عدم اطلاع‌رسانی و تبلیغات قوی در حوزه آب
جمعیتی	رشد جمعیت، مهاجرت به شهر، مهاجرت معکوس و تغییر بافت روستا
محیط‌زیست-کشاورزی	استفاده از گونه‌های گیاهی کم‌آب‌بر، استفاده از آب برگشتی در آبیاری فضای سبز، استفاده از آب رودخانه و جریان‌ات آب سطحی، توسعه سطح زمین کشاورزی، کشت محصولات که نیاز آبی بالا دارند.
جغرافیایی	تأثیر تغییرات دما، تأثیر تغییرات بارش، کیفیت آب
فنی	بهسازی سیستم توزیع آب و جلوگیری از نشت آب، روش‌های آبیاری سنتی در کشاورزی، مکانیزاسیون آبیاری زمین‌های کشاورزی، تصفیه فاضلاب، بهبود بهره‌وری در استفاده از آب، ذخیره‌سازی آب‌های ناشی از بارندگی، تعدد چاه‌های آب و عدم مدیریت بر آن‌ها، فرسودگی شبکه آب شهری

با توجه به جدول ۲، ۳۵ متغیر بر اساس روش دلفی دو مرحله‌ای، به عنوان عوامل مؤثر بر حل بحران آب شهر اردبیل شناسایی و استخراج شد و با استفاده از نرم‌افزار MICMAC برای استخراج عوامل اصلی تأثیرگذار بر آینده حوزه آب شهر اردبیل تحلیل شد. بنابراین ماتریسی در ابعاد ۳۵ * ۳۵ تنظیم شده که این ماتریس در نرم‌افزار، بر اساس شاخص‌های آماری با ۲ بار تکرار و چرخش داده‌ای از ثبات و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار گردیده است که حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است.

• تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم متغیرها

با توجه به نحوه پراکنش متغیرها، چهار دسته از پراکندگی متغیرها مطرح می‌شوند. این متغیرها به دلیل ایفای نقش در پویایی سیستم، با هم تفاوت دارند. این چهار دسته که در شکل ۴ نشان داده شده است، عبارتند از:



شکل ۴. وضعیت و موقعیت قرارگیری متغیرها در تحلیل MICMAC

متغیرهای تعیین‌کننده یا تأثیرگذار: این متغیرها که در قسمت شمال غربی نمودار نمایش داده می‌شوند، بیشتر تأثیرگذار بوده و کم‌تر تأثیرپذیر هستند؛ بنابراین سیستم به این متغیرها بستگی دارد. متغیرهای تأثیرگذار، بحرانی‌ترین مؤلفه‌ها هستند، زیرا تغییرات سیستم وابسته به آن‌ها است و کنترل بر این متغیرها بسیار مهم است. از طرف دیگر، این متغیرها به عنوان متغیرهای ورودی به سیستم هستند (جدول ۳).

متغیرهای دوجوهی: این متغیرها که در ناحیه شمال شرقی نمودار قرار دارند، هم زمان به صورت بسیار تأثیرگذار و بسیار تأثیرپذیر عمل می‌کنند. طبیعت این متغیرها با عدم پایداری آمیخته است؛ زیرا هر عمل و تغییری بر آن‌ها، واکنش و تغییری بر دیگر متغیرها را به دنبال دارد (جدول ۳).

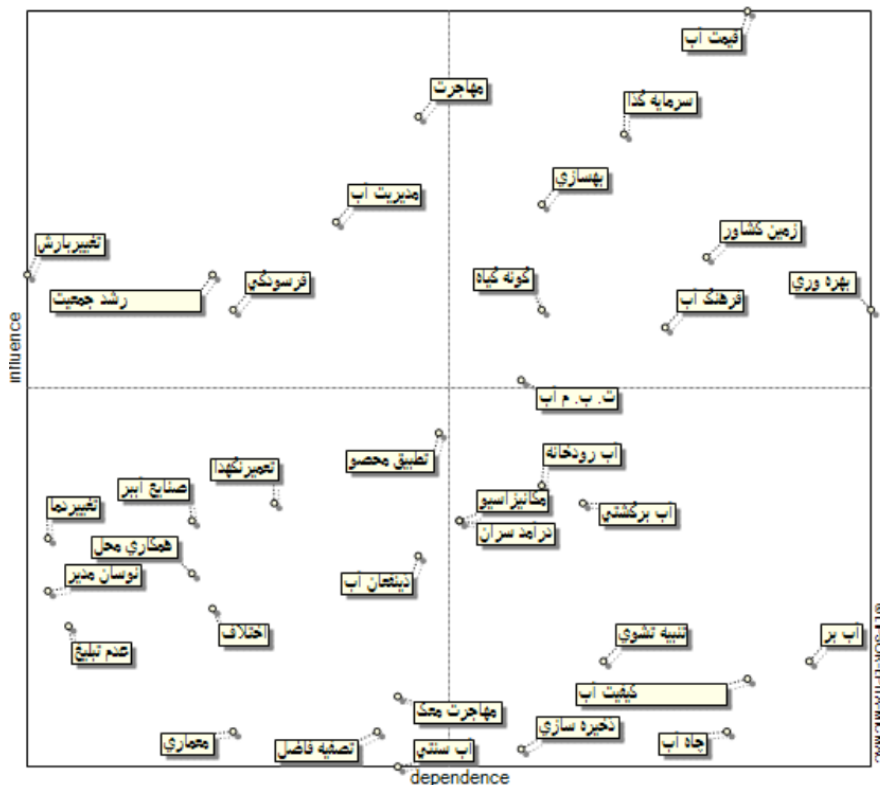
متغیرهای تأثیرپذیر یا به بیان بهتر متغیرهای نتیجه: این متغیرها در قسمت جنوب شرقی نمودار قرار گرفته‌اند که دارای تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بسیار بالایی هستند (جدول ۳).

متغیرهای مستقل: این متغیرها دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی هستند. آن‌ها در قسمت جنوب غربی نمودار قرار داشته و گویا اصلاً ارتباطی با سیستم ندارند؛ زیرا آن‌ها نه باعث توقف یک متغیر اصلی و نه باعث تکامل و پیشرفت آن در سیستم می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳. تقسیم‌بندی متغیرهای مؤثر در مدیریت بحران آب اردبیل

متغیرهای تعیین کننده	مهاجرت به شهر، اقدامات مدیریتی حوزه آب، فرسودگی شبکه آب شهری، رشد جمعیت، تأثیر تغییرات بارش.
متغیرهای دوجوهی	قیمت آب، سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت‌های آبی، بهسازی سیستم توزیع آب و جلوگیری از نشت آب، استفاده از گونه‌های گیاهی نیازمند به آب اندک، توسعه سطح زمین کشاورزی، بهبود بهره‌وری در استفاده از آب، فرهنگ الگوی مصرف آب در بین خانوارهای شهری، ایجاد قوانین و توافق نامه در نحوه توزیع، برداشت و مصرف آب.
متغیرهای تأثیرپذیر	تعدد چاه‌های آب و عدم مدیریت بر آن‌ها، استفاده از آب رودخانه و جریان‌ات آب سطحی، مکانیزاسیون آبیاری زمین‌های کشاورزی، درآمد سرانه خانوارها، استفاده از آب برگشتی در آبیاری فضای سبز، کشت محصولات آب‌بر، معافیت‌ها و جرایم (ایجاد سیاست‌های تشویقی و تنبیهی)، کیفیت آب، ذخیره‌سازی آب‌های ناشی از بارندگی.
متغیرهای مستقل	تطابق محصولات کشاورزی با ظرفیت اکولوژیکی منطقه، ایجاد مکانیزم‌هایی در به‌کارگیری همه ذی‌نفعان در حوزه آب، مهاجرت معکوس و تغییر بافت روستا، روش‌های آبیاری سنتی در کشاورزی، تصفیه فاضلاب، قوانین معماری و شهرسازی، بروز اختلاف منطقه‌ای در تخصیص آب، تأمین اعتبارات متناسب جهت تعمیرات و نگهداری زیرساخت‌های آبی، ایجاد صنایع آب‌بر، تأثیر تغییرات دما، تقویت همکاری‌های محلی منطقه‌ای و ملی، ضعف و نوسانات مدیریتی، بروز اختلاف منطقه‌ای در تخصیص آب، عدم اطلاع‌رسانی و تبلیغات قوی در حوزه آب.

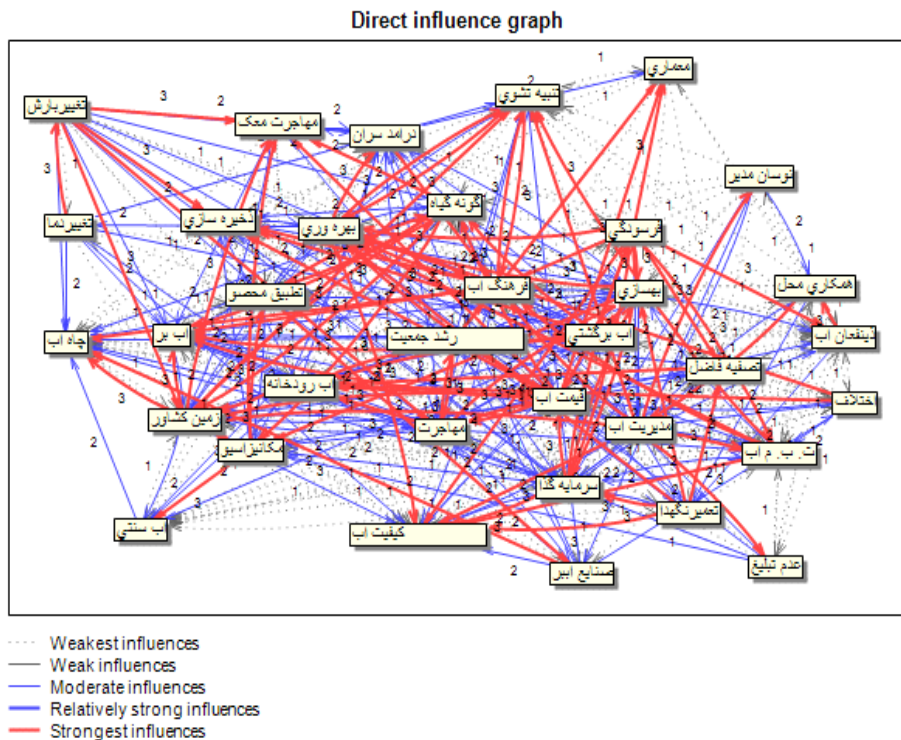
Direct influence/dependence map



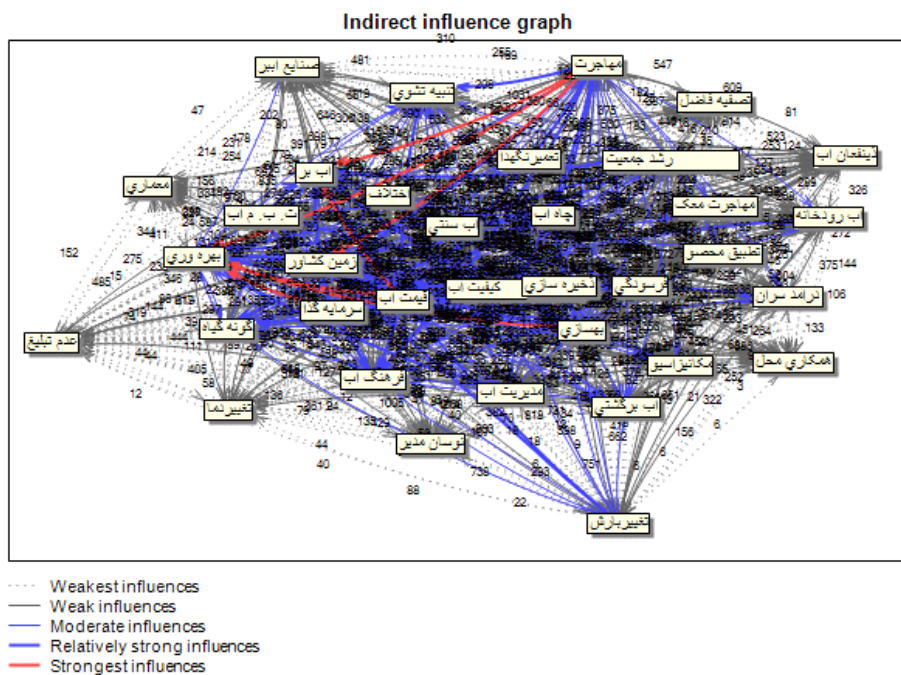
شکل ۵. نقشه پراکندگی متغیرها و جایگاه آن‌ها در محور تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در مدیریت بحران آب اردبیل

• تأثیرات غیرمستقیم متغیرها

برای سنجش تأثیرات غیرمستقیم میان متغیرهای تحقیق، روابط مابین متغیرها به توان ۲، ۳، ۴ و ۵ رسانده می‌شوند. بر اساس نتایج به دست آمده از سنجش غیرمستقیم متغیرها، در رابطه و سنجش غیرمستقیم نیز سیستم دارای ساختاری ناپایدار هستند و در میان متغیرها جابه‌جایی بسیار کمی دیده می‌شود به طوری که به جز چند شاخص محدود که دارای تأثیرات غیرمستقیم متفاوت بوده و در رده‌بندی جابه‌جایی اندکی داشته‌اند بقیه متغیرها در هر دو روش روابط مستقیم و غیرمستقیم دارای رتبه یکسان هستند و تغییری در نوع متغیرها ایجاد نشده است.



شکل ۶. نقشه روابط مستقیم بین متغیرهای در مدیریت بحران آب اردبیل



شکل ۷. نقشه تأثیرات غیر مستقیم متغیرها در مدیریت بحران آب اردبیل

با توجه به شکل ۵ و نحوه پراکندگی متغیرها مشخص گردید که پراکندگی به صورتی است که اکثریت متغیرها در اطراف محور قطری پراکنده شده‌اند در نتیجه سیستم پراکنش به صورت ناپایدار و پیچیده است. در صورتی که اگر پراکنش متغیرها به شکل L انگلیسی باشد پراکنش متغیرها به صورت پایدار است. در شکل‌های ۶ و ۷ نیز ارتباطات بین متغیرها از ارتباطات ضعیف تا ارتباطات بسیار قوی بین متغیرها دیده می‌شود. نکته‌ای که در نمودار تأثیرات غیرمستقیم در شکل ۷ دیده می‌شود ارتباط بسیار قوی است که بین متغیر مهاجرت با متغیرهایی مانند بهره‌وری، زمین کشاورزی و کاشت محصولاتی با نیاز آبی بالا، وجود دارد و به نوعی نشان‌دهنده اهمیت متغیر افزایش جمعیت و مهاجرت در بحث بحران آب است، همچنین ارتباط قوی بین متغیر بهره‌وری با سرمایه‌گذاری و بهسازی نشان می‌دهد در صورت سرمایه‌گذاری و بهسازی می‌توان به بهره‌وری در استفاده از آب امیدوار بود.

جدول ۴. تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر همدیگر در مدیریت بحران آب اردبیل

ردیف	متغیر	اثرات مستقیم		اثرات غیرمستقیم	
		تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری
۱	افزایش قیمت آب و حذف یارانه	۶۱۴	۴۷۶	۵۶۹	۴۶۸
۲	مهاجرت به شهر	۵۳۹	۲۷۶	۵۷۰	۲۵۲
۳	سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت آبی	۵۲۶	۴۰۱	۵۴۷	۳۶۹
۴	بهسازی سیستم توزیع آب و جلوگیری از نشت آب	۴۷۶	۲۵۱	۵۲۸	۳۴۸
۵	اقدامات مدیریتی حوزه آب	۴۶۴	۲۵۵	۴۲۰	۱۹۳
۶	توسعه سطح زمین کشاورزی	۴۳۹	۴۵۱	۳۸۹	۴۹۸
۷	رشد جمعیت	۴۲۶	۱۵۰	۴۷۲	۱۳۶
۸	تأثیر تغییرات بارش	۴۲۶	۳۷	۴۲۵	۶
۹	استفاده از گونه‌های گیاهی نیازمند به آب اندک	۴۰۱	۳۵۱	۳۵۵	۴۱۳
۱۰	بهبود بهره‌وری در استفاده از آب	۴۰۱	۵۵۲	۴۲۷	۵۶۱
۱۱	فرسودگی شبکه آب شهری	۴۰۱	۱۶۳	۴۵۶	۱۹۴
۱۲	فرهنگ الگوی مصرف آب در بین خانوارهای شهری	۳۸۸	۴۲۶	۳۱۰	۴۲۸
۱۳	ایجاد قوانین و توافق‌نامه در نحوه توزیع، برداشت و مصرف آب	۳۵۱	۳۳۸	۳۷۲	۳۳۲
۱۴	تطابق محصولات کشاورزی با ظرفیت اکولوژیکی منطقه	۳۱۳	۲۸۸	۲۶۴	۲۹۸
۱۵	استفاده از آب رودخانه و جریانات آب سطحی	۲۷۶	۳۵۱	۲۶۱	۳۲۳
۱۶	استفاده از آب برگشتی در آبیاری فضای سبز	۲۶۳	۳۷۶	۲۱۴	۳۸۳
۱۷	تأمین اعتبارات جهت تعمیرات و نگهداری زیرساخت‌های آبی	۲۶۳	۱۶	۳۳۰	۱۶۳
۱۸	درآمد سرانه خانوار	۲۵۰	۵۹	۲۶۷	۳۱۷
۱۹	ایجاد صنایع آب‌بر	۲۵۰	۴۹	۲۶۷	۱۱۰
۲۰	مکانیزاسیون آبیاری زمین‌های کشاورزی	۲۵۰	۸۷	۲۰۳	۳۳۸
۲۱	تأثیر تغییرات دما	۲۳۸	۲	۱۹۷	۵۲
۲۲	ایجاد مکانیزم‌هایی در به‌کارگیری همه‌ذی‌نفعان در حوزه آب	۲۲۵	۵۷	۲۲۷	۲۵۶
۲۳	تقویت همکاری‌های محلی منطقه‌ای و ملی	۲۱۳	۶۵	۲۰۰	۱۰۴
۲۴	ضعف و نوسانات مدیریتی	۲۰۰	۳۶	۲۱۶	۲۹
۲۵	بروز اختلاف منطقه‌ای در تخصیص آب	۱۸۸	۳۷	۲۰۴	۱۳۶
۲۶	عدم اطلاع‌رسانی و تبلیغات قوی در حوزه آب	۱۷۵	۸۱	۱۸۳	۴۰
۲۷	معافیت‌ها و جرایم (ایجاد سیاست‌های تشویقی و تنبیهی)	۱۵۰	۶۸	۱۵۱	۴۰۹
۲۸	کشت محصولات آب‌بر	۱۵۰	۷	۱۸۵	۵۲۶
۲۹	کیفیت آب	۱۳۸	۳۳	۱۶۳	۴۷۰
۳۰	مهاجرت معکوس و تغییر بافت روستا	۱۲۵	۶۷	۱۲۰	۲۸۴
۳۱	تصفیه فاضلاب	۱۰۰	۴۹	۷۸	۲۱۳
۳۲	قوانین معماری و شهرسازی	۱۰۰	۲۹	۱۰۵	۱۸۸

ردیف	متغیر	اثرات مستقیم		اثرات غیرمستقیم	
		تأثیر گذاری	تأثیر پذیری	تأثیر گذاری	تأثیر پذیری
۳۳	تعدد چاه‌های آب و عدم مدیریت بر آن‌ها	۱۰۰	۳۴	۱۱۲	۴۶۵
۳۴	ذخیره سازی آب‌های ناشی از بارندگی	۸۷	۲۶	۱۱۱	۳۸۱
۳۵	روش‌های آبیاری سنتی در کشاورزی	۷۵	۲۹	۸۴	۲۹۸

۳-۲- انتخاب نهایی عوامل کلیدی

با بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار MICMAC و نتایج موجود در جدول ۴ و شکل ۵ و همچنین بر اساس جمع‌بندی نظریات کارشناسان خبره، ۱۲ متغیر به عنوان عوامل اصلی حوزه آب شهر اردبیل انتخاب شدند. این عوامل بر اساس میزان تأثیر گذاری مستقیم و غیرمستقیمی که در این متغیرها داشتند و بالاترین امتیاز را کسب کرده‌اند، انتخاب شدند. به طوری که در جدول ۵ مشاهده می‌شود این عوامل در هر دو جدول به طور کامل تکرار شده‌اند و فقط تعدادی از متغیرها دارای تغییر جایگاه بوده‌اند ولی همچنان به لحاظ اهمیت و تأثیر گذاری بر حوزه آب شهر اردبیل دارای جایگاه مهم و تأثیر گذاری هستند.

جدول ۵. انتخاب نهایی متغیرهای کلیدی تأثیر گذار (مستقیم و غیرمستقیم) در مدیریت بحران آب اردبیل

جایگاه	متغیرهای کلیدی تأثیر گذاری مستقیم	متغیرهای کلیدی تأثیر گذاری غیرمستقیم
۱	افزایش قیمت آب و حذف یارانه	مهاجرت به شهر
۲	مهاجرت به شهر	افزایش قیمت آب و حذف یارانه
۳	سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت آبی	سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت آبی
۴	بهسازی سیستم توزیع آب و جلوگیری از نشت آب	بهسازی سیستم توزیع آب و جلوگیری از نشت آب
۵	اقدامات مدیریتی حوزه آب	رشد جمعیت
۶	توسعه سطح زمین کشاورزی	فرسودگی شبکه آب شهری
۷	رشد جمعیت	بهبود بهره‌وری در استفاده از آب
۸	تأثیر تغییرات بارش	تأثیر تغییرات بارش
۹	استفاده از گونه‌های گیاهی نیاز به آب اندک	اقدامات مدیریتی حوزه آب
۱۰	بهبود بهره‌وری در استفاده از آب	توسعه سطح زمین کشاورزی
۱۱	فرسودگی شبکه آب شهری	استفاده از گونه‌های گیاهی نیاز به آب اندک
۱۲	فرهنگ الگوی مصرف آب در بین خانوارهای شهری	فرهنگ الگوی مصرف آب در بین خانوارهای شهری

با بررسی بیشتر متغیرهای نهایی مشخص گردید با توجه به شاخص‌های تقسیم‌بندی شده در جدول ۴، همه شاخص‌های استفاده شده در تحقیق دارای تأثیر در حوزه آب شهر اردبیل بوده‌اند. به طوری که از بین ۷ شاخص اصلی، شاخص فنی با ۳ متغیر بیشترین تأثیر را داشته و شاخص‌های اقتصادی، جمعیتی و محیط‌زیست-کشاورزی هر کدام ۲ متغیر و شاخص‌های مدیریتی و جغرافیایی و اجتماعی-فرهنگی هر کدام دارای ۱ متغیر هستند. این موضوع نشان می‌دهد که بحث آب مسأله چندبعدی بوده و همه شاخص‌ها در بهبود وضعیت دارای تأثیر هستند.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام یافته در تحقیق فوق که بر پایه نگرش آینده‌پژوهانه و در جهت شناسایی عوامل و متغیرهای کلیدی در حوزه بحران آب بوده است، نشان داد که از میان ۳۵ عامل اصلی و مهم که توسط متخصصان حوزه آب شهر اردبیل شناسایی شده بودند، ۱۲ متغیر به عنوان پیشران و کلید اصلی در حل مشکل بحران آب در شهر اردبیل انتخاب شدند. شهر اردبیل بر اساس آخرین سرشماری رسمی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ نزدیک به ۶۰۰ هزار نفر جمعیت را در خود جای داده است. با توجه به این که از ۳ دهه قبل و بعد از این که این شهر به عنوان مرکز استان انتخاب گردید، افزایش جمعیت شهر و گسترش فیزیکی آن به طور کامل اتفاق افتاده است. بر این اساس متغیرهای شناسایی شده نیز مبنای بسیار مناسبی برای بررسی وضعیت فعلی شهر اردبیل از جهت بحران آب است. کمبود آب شرب برای شهر اردبیل که در سال‌های اخیر بر اساس آمار سازمان هواشناسی هر سال مقدار بارش کمتر از سال قبل بوده است و مهاجرپذیر بودن این شهر از جمعیت شهرهای اطراف خود و سایر شهرهای استان نیز کاملاً ملموس است، یک

بحران جدی به شمار می‌آید. با در نظر گرفتن این‌که این شهر دارای بیشترین مقدار زمین‌های زیر کشت محصول سیب‌زمینی و گندم را در دشت اردبیل در اختیار دارد، کمبود آب در این شهر امری است که قطعاً اتفاق خواهد افتاد. در این تحقیق بر اساس خروجی نرم‌افزار MICMAC مشخص گردید عواملی که به عنوان پیشران کلیدی و مهم در جلوگیری و یا کم کردن اثرات بحران آب در شهر اردبیل مشخص شده‌اند می‌توانند نقش مؤثری در حل این بحران داشته باشند، به طوری که بالا بردن قیمت آب و حذف یارانه آب از عوامل مهم در حل بحران آب به شمار می‌رود. بر اساس اعلام مدیرعامل آب منطقه‌ای شهر اردبیل (۱۴۰۴) ساکنان استان اردبیل روزانه ۲۲۰ تا ۲۵۰ لیتر آب در روز مصرف می‌کنند که رقم بسیار بالا و شگفت‌انگیزی است؛ بنابراین با توجه به این‌که طبق مصوبه کمیسیون تلفیق بودجه در سال ۱۴۰۴ قیمت هر متر مکعب فروش آب شرب تا الگوی مصرف در بخش‌های شهری و روستایی ۲۰۰ تومان و بالاتر از آن، برای مشترکان خانگی ۴۰۰ تومان تعیین شده است؛ بنابراین اگر بالا رفتن قیمت آب شرب برای مصرف‌کننده شهری که رعایت الگوی مصرف را نمی‌کنند به قدری باشد که مصرف خارج از استاندارد تعریف شده بار مالی سنگینی بر دوش مصرف‌کنندگان بگذارد، قطعاً در مصرف آن صرفه‌جویی‌هایی اتفاق خواهد افتاد. دومین عامل مهاجرت به شهر اردبیل است، در صورتی که این عامل در کنار رشد جمعیت قرار گیرد مشاهده خواهد شد که بیشتر شدن جمعیت قطعاً تبعات کمبود منابع را در پی خواهد داشت، به طوری که بر اساس اعلام مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای اردبیل (۱۴۰۳)، مصرف سالیانه آب آشامیدنی شهر اردبیل ۶۰ میلیون مترمکعب است که ۷۰ درصد از این میزان از طریق آب‌های سطحی و بقیه از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. کما این‌که در تحقیق رضایان و رضایان نیز به این عامل به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در بحران آب اشاره شده و مطرح گردیده است (Rezayan & Rezayan, 2016). باید در نظر داشت که در اطراف شهر اردبیل شهرهایی مانند نمین، سرعین، نیر و هیر وجود دارند و بر مبنای نزدیکی بین ۲۰ تا ۳۵ کیلومتر می‌توانند در کم شدن آب دشت اردبیل و ازدیاد جمعیت شهر اردبیل نیز مؤثر واقع شود؛ بنابراین با توجه به تغییر مقدار بارش که از عوامل نهایی تحقیق بوده و در سال‌های اخیر در اردبیل اتفاق افتاده است به طوری که بر اساس آمار سازمان هواشناسی مقدار بارش در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل نسبت به سال آبی قبل از آن ۳۰ درصد کمتر شده است؛ بنابراین باید نگرشی جدی به استفاده از گونه‌های گیاهی که کمتر به آب احتیاج دارند در اولویت قرار گیرد و همچنین از گسترش زمین‌های کشاورزی اجتناب نموده تا هدر رفت آب کمتر گردد به خصوص این‌که هدر رفت آب در زمین‌های کشاورزی در حد بالایی بوده در نتیجه بحران آب در شهر اردبیل گسترش خواهد یافت. علاوه بر این بر اساس گزارش سال ۱۴۰۳ شرکت آب منطقه‌ای اردبیل، مصرف ۹۳ درصد منابع آب در بخش کشاورزی اتفاق افتاده است که به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب قلمداد شده است؛ بنابراین برنامه‌ریزی در بخش کشاورزی باید به نحوی انجام گیرد که آب در این بخش به طرز بهینه مصرف گردد و با استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین از هدر رفت و استفاده نامناسب آب جلوگیری شود. همچنین تغییر الگوی کشت متناسب با هر اقلیم اتفاق افتد و منابع آبی مصرف شده در محصولات باید متناسب با آن اقلیم اختصاص یابد. با توجه به این‌که یکی از متغیرهای نهایی در بحران آب شهر اردبیل اقدامات مدیریتی در حوزه آب بوده است، در نتیجه توجه به فرهنگ‌سازی، برنامه‌ریزی بهینه در حوزه آب، تعیین نوع کشت، الگوی کشت و همچنین جذب سرمایه‌گذار در بخش زیرساخت آب شهری و آبیاری کشاورزی و جذب بودجه از دولت در بخش زیرساخت آبی، از اقدامات مؤثر در این حوزه است. یکی از متغیرهای بسیار مهم در حل بحران آب در شهر اردبیل، اصلاح فرهنگ الگوی مصرف در بین خانوارهای شهری است. این مسأله باید طوری برنامه‌ریزی شود تا در حوضه‌های مختلف از مدیریت کلان شهر یا قسمت‌های اجرایی، آموزش تغییر الگوی مصرف و سبک زندگی در فرهنگ مصرف آب بین خانوارها اتفاق بیفتد، کما این‌که جمعیت مهاجر از شهرها و یا روستاهای دیگر که شاید کمتر با فرهنگ مصرف آب آشنا باشند می‌توانند در دامن زدن به بحران آب نقش مؤثری ایفا کنند؛ بنابراین توجه به عوامل ذکر شده در تحقیق و با توجه به این‌که از همه ۷ شاخص اصلی تحقیق متغیرهایی وجود دارد، توجه به این متغیرها می‌تواند در حل بحران و یا کاهش اثرات آن نقش مهمی ایفا کند. بررسی تحقیقات ارائه شده نشان می‌دهد که بحران آب در کشور به یک معضل اساسی در شهرها تبدیل شده است و تحقیقات انجام شده در این زمینه از نظر روش متفاوت از هم است، با این حال تحقیقی بر اساس روش آینده‌نگاری در زمینه بحران آب در شهر اردبیل صورت نگرفته است. تحقیق حاضر نیز از لحاظ محتوی و روش پژوهش با پژوهش ملکی و همکاران (Maleki et al., 2024) و طاهری دمنه و همکاران (Taheri Demneh et al., 2023) مشابهت بالایی دارد.

• پیشنهادات

– ارتقاء و بهبود زیرساخت‌ها و تجهیز منابع آب شهر اردبیل

- تصویب و اجرای دقیق قوانین کارآمد و منعطف در حوزه مصرف آب در شهر اردبیل
- آگاهی دادن برای تغییر سبک زندگی شهروندان اردبیل در جهت پرهیز از مصرف گرایی در آب شهری
- فراهم کردن امکانات برای تغییر تولید محصولات کشاورزی
- استفاده از امکانات جدید و بهروز در حوزه آبیاری در کشاورزی و تغییر سبک آبیاری

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه یا طرح نمی‌باشد.

۶- منابع

- آسیاب‌های هیر، رقیه، مصطفی‌زاده، رئوف، رئوف، مجید، اسمعیلی‌عوری، اباذر. (۱۳۹۸). ارزیابی پایداری منابع آب سطحی در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱(۴)، ۹۹۸-۹۸۴.
- آسیاب‌های هیر، رقیه، مصطفی‌زاده، رئوف، رئوف، مجید، اسمعیلی‌عوری، اباذر. (۱۳۹۶). ارزیابی چندمعیاره تغییرات مکانی شاخص فقر آب در تعدادی از حوضه‌های آبخیز استان اردبیل. مجله اکوهیدرولوژی، ۴(۴)، ۹۹۷-۱۰۰۹.
- آفتابی، زکیه، کاویانی‌راد، مراد، کاردان‌مقدم، حمید. (۱۴۰۲). تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق. مدیریت آب و آبیاری، ۱۳(۲)، ۴۸۷-۵۰۷.
- افشاری، سمیرا، سپهوند، فاطمه، نادری مهدی، کریم. (۱۴۰۳). تحلیلی آینده‌نگرانه از چگونگی تحقق حکمرانی محلی آب در حوضه آبخیز قره‌چای. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۲۰(۲)، ۲۹۴-۲۷۵.
- آقامیری، حمیده سادات و رحمانی، بیژن. (۱۳۹۷). تأثیر مهاجرت روستایی در امنیت غذایی با تأکید بر منابع آب مطالعه موردی: روستاهای شهرستان خوانسار استان اصفهان. جغرافیا (فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران)، ۱۶(۵۹)، ۵۶-۷۶.
- اداره کل هواشناسی استان اردبیل. (۱۴۰۳). سالنامه هواشناسی ۱۴۰۲ استان اردبیل.
- بختیاری، نرجس، زنگنه، یعقوب، تقوایی، مسعود، زنگنه، مهدی. (۱۳۹۹). بررسی الگوی فضایی مصرف آب خانگی در اصفهان و تحلیل عوامل اجتماعی و فرهنگی مؤثر بر آن. پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۵۲(۲)، ۵۱۵-۵۳۱.
- کریمی‌نژاد، مژده، گلشنی، علیرضا، بوستانی، فردین. (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی سیاست‌گذاری بحران آب در ایران با رویکرد آینده‌نگاری. فصلنامه علمی راهبرد، ۲۷(۴)، ۹۵-۱۲۴.
- حاجی قدیری، شیرین و گودرزی، غلامرضا. (۱۴۰۱). سناریوهای آینده بحران آب در افق ۲۰۵۰. مدیریت راهبردی و آینده‌پژوهی، ۱۹(۱)، ۱-۱۹.
- خسروی‌پور، بهمن و سلیمانی‌هارونی، خدیجه. (۱۳۹۹). بحران آب یک امر اجتماعی و نیازمند همیاری علوم. فصلنامه مطالعات محیط‌زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار، ۴(۱)، ۱-۵.
- دانشور وثوقی، فرناز و دین‌پژوه، یعقوب. (۱۳۹۱). بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن. محیط‌شناسی، ۳۸(۴)، ۱۷-۲۸.
- ربیعی، حسین، رزاقی، ربابه، کاویانی‌راد، مراد، خورانی، اسداله. (۱۳۹۹). تحلیل پیامدهای امنیتی بحران آب در استان هرمزگان. فصلنامه امنیت پژوهی، ۱۹(۷۰)، ۱۲۵-۱۵۵.
- رحمانی، عبدالله، وزیرنژاد، رضا، احمدی‌نیا، حسن، رضائیان، محسن. (۱۳۹۹). مبانی روش‌شناختی و کاربردهای روش دلفی: یک مرور روایی. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، ۱۹(۵)، ۵۳۸-۵۱۵.
- رضایان، احد و رضایان، علی‌حسین. (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی. مجله اکوهیدرولوژی، ۳(۱)، ۱-۱۷.
- زالی، نادر و زمانی‌پور، مسعود. (۱۳۹۴). تحلیل سیستمی متغیرهای راهبردی توسعه منطقه‌ای در برنامه ریزی سناریومبنا (مورد مطالعه: استان مازندران). مجله آمایش سرزمین، ۷(۱)، ۱-۲۸.
- سعیدی، جعفر و صادقی ده‌چشمه، ستار. (۱۴۰۲). تحلیل سناریوهای پیامدهای امنیتی بحران آب در استان چهارمحال و بختیاری. جغرافیا (فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۱(۷۶)، ۱۸۱-۲۱۰.

- شاهدی، مهری و طالبی حسین‌آباد، فاطمه. (۱۳۹۲). ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌قوم). آب و توسعه پایدار، (۱)، ۷۳-۷۹.
- شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل. (۱۴۰۲). گزارش آب منطقه‌ای استان اردبیل.
- طاهری‌دمنه، محسن، کاظمی، معصومه، صفری غریبوند، خسرو. (۱۴۰۱). آینده‌نگاری مسئله‌ی آب در شهر اصفهان. مجله شهر پایدار، ۵(۴)، ۷۱-۵۳.
- غفاری، صدیقه، مرادی، حمیدرضا، مدرس، رضا. (۱۳۹۷). مقایسه تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی دشت های اصفهان - برخوار، نجف‌آباد و چادگان. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۵۰(۱)، ۱۴۱-۱۶۰.
- فدایی ده‌چشمه، مرصیه. (۱۳۹۸). بازنمایی معنایی بحران آب: بازنمایی معنایی بحران آب از منظر روش زمین‌های در استان چهارمحال و بختیاری (بروجن، فرخشهر، سامان)، انتشارات دانش پژوهان شریف یار، چاپ اول، تهران.
- محمدی، علیرضا، پیشگر، الهه، سپیده، نوری، ارژنگی، حجت. (۱۳۹۸). شناسایی محله های آسیب‌پذیر شهری از نظر اتفاقات شبکه‌ی آب مطالعه موردی: شهر اردبیل. مدیریت بحران، ۱۸(۱)، ۹۱-۱۰۶.
- ملک‌محمدی، بهرام، اسکندری، طاهره، زبردست، لعبت، عزیزی، علی. (۱۳۹۵). ارزیابی یکپارچه محیط زیستی افت آب‌های زیرزمینی دشت اردبیل در راستای ارائه راهکارهای مدیریتی. محیط شناسی، ۴۲(۴)، ۶۸۷-۷۰۷.
- ملکی، سعید، مرادی، هوشنگ، امان‌پور، سعید. (۱۴۰۳). تحلیل ساختاری پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تنش های آبی در شهرهای ایران (مورد مطالعه: کلانشهر اهواز). فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، ۵(۳)، ۱۶۳-۱۳۵.
- وارمش، سعید، محترم، عنبران، سهراب، روحنواز، زهرا. (۱۴۰۱). ارزیابی و پایش روند گسترش فیزیکی سی‌ساله شهر اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۳۱(۱۲۳)، ۱۳۹-۱۵۳.

Reference

- Afshari, S., Sepahvand, F., & Naderi mahdei, K. (2025). A prospective Analysis of How to Realize Local Water Governance in the Qarachai Watershed. Iranian Agricultural Extension and Education Journal, 20(2), 275-294. 10.22034/iaeej.2025.451844.1794 [In Persian]
- Aftabi, Z., Kaviani Rad, M., & Kardan moghadam, H. (2023). Explaining the Future Scenarios of the Hydro Political Relations of the Border Rivers of Iran and Iraq. Water and Irrigation Management, 13(2), 487-507. 20.1001.1.22516298.1402.13.2.12.6 [In Persian]
- Aghamiri, H. S., & Rahmani, B. (2019). The Impact of Rural Migration on Food Security with Emphasis on Water Resources Case study: villages of Khansar city of Isfahan province. Geography, 16(59), 56-76. https://mag.iga.ir/article_246083.html [In Persian]
- Ardabil Meteorological Administration. (2025). Meteorological Yearbook 2024 of Ardabil Province. <https://ardmet.ir/fa/show/95/pages> [In Persian]
- Aromolaran, A. K., Ademiluyi, I. O., Sotola, A. E., Wole-Alo, F. I., Aromiwura, O. A., & Ogunsuyi, O. E. (2019). Effect of water scarcity on households' livelihoods in Iwoye-Ketu Area of Ogun State, Nigeria. Journal of Water and Land Development, 43(5), 9-18. DOI:10.2478/jwld-2019-0058
- Asiabi-Hir, R., Mostafazadeh, R., Raoof, M., & Esmali-Ouri, A. (2019). Evaluating surface water sustainability of Ardabil Province watersheds. Watershed Engineering and Management, 11(4), 984-998. <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.109649.1277> [In Persian]
- Asiabi Hir, R., Mostafazadeh, R., Raoof, M., & Esmali Ouri, A. (2017). Multi-criteria evaluation of water poverty index spatial variations in some watersheds of Ardabil Province. Journal of Ecohydrology, 4(4), 997-1009. 10.22059/ije.2017.63231 [In Persian]
- Baktiyari, N., Zanganeh, Y., Taghvai, M., & Zanganeh, M. (2020). Study of spatial pattern of domestic water consumption in Isfahan and Analysis of Socio-cultural Factors Affecting on it. Human Geography Research, 52 (2), 515-531. 10.22059/jhgr.2018.252555.1007647 [In Persian]
- Bănăduc, D., Simić, V., Cianfaglione, K., Barinova, S., Afanasyev, S., Öktener, A., & Curtean-Bănăduc, A. (2022). Freshwater as a sustainable resource and generator of secondary resources in the 21st century: Stressors, threats, risks, management and protection strategies, and conservation approaches. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(24), 16570. DOI:10.3390/ijerph192416570
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water crisis and water wars: myths and realities. International Journal of Water Resources Development, 35(5), 727731. DOI:10.1080/07900627.2019.1636502

- Bolt, A., Dincer, I., & Agelin-Chaab, M. (2020). Experimental study of hydrogen production process with aluminum and water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(28), 14232-14244. DOI:10.1016/j.ijhydene.2020.03.160
- Daneshvar Vousoughi, F., & Dinpashoh, Y. (2013). Trends of Groundwater Quality of Ardabil Plain Using the Spearman Method. *Journal of Environmental Studies*, 38(4), 17-28. 10.22059/jes.2013.29860 **[In Persian]**
- Fadaei Deh Cheshmeh, M. (2019). Semantic representation of water crisis: Semantic representation of water crisis from the perspective of contextual method in Chaharmahal and Bakhtiari province (Borujen, Farrokhsahr, Saman), First Edition, Tehran: Danesh pajooohan sharif yar publications. **[In Persian]**
- Food and Agriculture Organization of The United Nations. (2024). Progress on the Level of Water Stress. Mid-term Status of SDG indicator 6.4.2 and acceleration needs, with special focus on food security. Rome. <https://www.fao.org/platforms/water-scarcity/Knowledge/knowledge-products/detail/progress-on-the-level-of-water-stress--mid-term-status-of-sdg-indicator-6.4.2>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). Coping with water scarcity, publications by Food and Agriculture Organization of the United Nations <https://www.fao.org/4/i3015e/i3015e.pdf>
- Ghafari, S., Moradi, H., & Modares, R. (2018). Comparison of Temporal and Spatial Changes of Groundwater Level in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan Plains. *Physical Geography Research*, 50(1), 141-160. 10.22059/jphgr.2018.226430.100699 **[In Persian]**
- George-Williams, H. E. M., Hunt, D. V. L., & Rogers, C. D. F. (2024). Foresight for Sustainable Water Futures in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review. *Sustainability*, 16(20), 8874. doi.org/10.3390/su16208874
- Gupta, R., & Kumar, G. (2018). Scenario planning for water resource management in semiarid zone. *Physics* 10.1016/j.pce.2017.12.004
- Haji Ghadiri, S., & Godarzi, G. (2022). Future Scenarios of Water Crisis in 2050 Horizon. *Journal of Strategic Management and Future Studies*, 5(1), 1-19. https://journal.tolouemehr.ac.ir/article_154799.html **[In Persian]**
- Karimi Nejad, M., Golshani, A., & Bustani, F. (2019). Policy Making Pathology of Water Crisis in Iran: A Foresight Approach. *Strategic Quarterly Journal*, 27(4), 95-124. 20.1001.1.10283102.1397.27.4.4.4 **[In Persian]**
- Khosravipour, B., & Soleimani H. K. (2020). The water crisis is a societal issue requiring interdisciplinary scientific collaboration. *Environment, Natural Resources and Sustainable Development Studies Journal*, 11(1), 1-4. https://shij.ir/ensd/upload/ensd/Content/200621_00/ENSD-No11-Digital.pdf **[In Persian]**
- Kippenberger, T. (1999). Pitfalls in scenario Planning. *The Antidote*, 4 (4), 32-33. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000006712>
- Kosow, H., Brauner, S., Brumme, A., Hauser, W., Hölzlberger, F., Moschner, J., Rübhelke, D., Vögele, S., & Weimer-Jehle, W. (2024). Uncharted water conflicts ahead: mapping the scenario space for Germany in the year 2050. *Frontiers in Water*. 6. 1492336. DOI:10.3389/frwa.2024.1492336
- Lehane, S. (2014). The Iranian Water Crisis, Global Food and Water Crises Research Programme, Published by Future Directions International Pty Ltd. <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2014-02/apo-nid38233.pdf>
- Maleki, S., Moradi, H., & Amanpour, S. (2024). Structural analysis of key drivers affecting water stress in Iranian cities (Study case: Ahvaz metropolis). *JFCV*, 5 (3), 135-163. <http://jvfc.ir/article-1-327-fa.html> **[In Persian]**
- Malekmohammadi, B., Eskandari, T., Zebardast, L., & Azizi, A. (2017). Integrated Environmental Assessment of Groundwater Depletion in Ardebil Plain for Management Solutions. *Journal of Environmental Studies*, 42(4), 687-707. 10.22059/jes.2017.60935 **[In Persian]**
- Mohamed, M. M., El-Shorbagy, W., Kizhisseri, Mohamed I., Chowdhury, R., & McDonald, A. (2020). Evaluation of policy scenarios for water resources planning and management in an arid region. *Hydrology: Regional Studies*, 32, 100758. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100758>
- Mohammadi, A., Pishagar, E., Noori, S., & Arzhangie, H. (2019). Identifying Vulnerable Neighborhoods in the City in Terms of City Water Network Events Using GIS. Case Study: Ardabil City. *Emergency Management*, 8(1), 91-106. 20.1001.1.23453915.1398.8.1.8.4 **[In Persian]**
- Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Ameyo, P. (2016). A review of Ghana's water resource management and the future prospect. *Cogent Engineering*, 3(1), 1164275 DOI:10.1080/23311916.2016.1164275

- Pluchinotta, I., Pagano, A., Vilcan, T., Ahilan, S., Kapetas, L., & Maskrey, S. (2021). A participatory system dynamics model to investigate sustainable urban water management in Ebbsfleet Garden City. *Sustainable Cities and Society*, (67)102709. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102709>
- Rabiei, H., razaghi, R., kaviani rad, M., & khourani, A. (2020). Analysis of the security consequences of the water crisis in Hormozgan Province. *Quarterly Journal of Security Studies*, 19(70), 125-155. https://fzr.amniat.fstc.ac.ir/article_11.html?lang=en **[In Persian]**
- Rahmani, A., Vaziri Nezhad, R., Ahmadi Nia, H., & Rezaeian, M. (2020). Methodological Principles and Applications of the Delphi Method: A Narrative Review. *JRUMS*, 19 (5) :515-538. 10.29252/jrums.19.5.515 **[In Persian]**
- Regional Water Company of Ardabil.(2025). Ardabil Province Regional Water Report. www.arrw.ir **[In Persian]**
- Renaud, F., & Wirkus, L. (2012). Water, climate change and human security: Conflict and migration. In H. Bigaa (Ed.), *The global water crisis: Addressing an urgent security issue* (pp. 34–45). Papers for the InterAction Council, 2011–2012. Hamilton, Canada: UNU-INWEH
- Rosegrant, M.W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI) https://www.worldfoodprize.org/documents/filelibrary/images/borlaug_dialogue/2002/transcripts/rosegrant_transcript_F2A98817596C1.pdf
- Rezayan, A., & Rezayan, A. H. (2016). Future studies of water crisis in Iran based on processing scenario. *Journal of Ecohydrology*, 3(1), 1-17. 10.22059/ije.2016.59185 **[In Persian]**
- Saeedi, J., & Sadeghi Deh Cheshmeh, S. (2023). Analysis of scenarios to security consequences of the water crisis in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Geography*, 21(76), 181-210. <http://dor.net/dor20.1001.1.27833739.1402.21.76.9.0> **[In Persian]**
- Shahedi, M., & Talebi Hossein Abad, F. (2014). Introducing few indices to evaluate the balance of Water Resources and sustainable development (Case Study: Qareh-Qum Basin in Iran). *Journal of Water and Sustainable Development*, 1(1), 73-79. 10.22067/jwsd.v1i1.34603 **[In Persian]**
- Taheri Demneh, M., kazemi, M., & safari, Gh. K. (2023). Foresight of the Water Issue in Isfahan. *Sustainable city*, 5(4), 53-71. 10.22034/jsc.2021.236478.1265 **[In Persian]**
- Unicef.(2021). Water scarcity. Retrieved from <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>
- Varamesh, S., Mohtaram Anbaran, S., & Rouhnavaz, Z. (2022). Evaluation and monitoring of the thirty-year physical expansion process of Ardabil city using satellite images. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 31(123), 139-153. doi.org/10.22131/sepehr.2022.699919 **[In Persian]**
- Zali, N., & Zamanipoor, M. (2015). Systematic Analysis of Strategic Variables of Regional Development in Scenario- based Planning (Case: Mazandaran Province). *Town and Country Planning*, 7(1), 1-28. 10.22059/jtcp.2015.54779 **[In Persian]**