

Futuristic research of resilience of water resources with scenario planning approach based on a case study: Zayandeh Rood watershed

Mahdi Yaraghi Fard¹ , Mohammad Saleh Shokouhbidhendi^{2*} 

¹ M.Sc., Department of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction

The centralization of the population of metropolitan areas, the development of economic activities, and human needs for natural resources, including water resources, have caused an imbalance between supply and demand, and have ultimately caused the instability and lack of resilience of these resources in most regions of the world, especially arid and semi-arid regions such as our countries. Water is the foundation of life, the foundation of nature, and the axis of economic, social, and cultural development of societies. Providing safe and sufficient water has always been one of the most important challenges facing the world community in the third millennium, especially in the arid belt countries of the world and the West Asian region. The United Nations World Water Development Report (2020) shows that global water consumption has increased sixfold over the past century and continues to grow by approximately 1% annually. Therefore, an increasing share of the population will face water shortages. Achieving sustainable development of water resources is widely linked to the concept of resilience. In this research, an attempt has been made to address the various dimensions and indicators of resilience, which include social, economic, and environmental resilience, and which play an effective role in the resilience of water resources. This study attempts to apply the basic scenario planning approach with Futurology for future research by dealing with one of Iran's important central catchment areas, which is also facing various challenges.

Materials and Methods

Future research approach identifies the most important factors affecting the resilience of water resources in the Zayandeh Rood watershed. In this research, due to its exploratory nature, GIS maps were used, and due to the dominant approach of this research, which is future research, the Delphi technique was used. Due to its specialized nature, this research cannot be done through conventional methods of surveying people. The Delphi method is a method that relies on wisdom, collective intelligence, and brainstorming to reach the consensus of experts on a specific topic so that the most appropriate answers can be obtained. The sample population of this research is a group of 50 experts, people active in the field of water, experts, who are experts in two fields: "future research approach" and "resilience of water resources". At the final stage, because the coefficient of agreement between the panel members regarding the questions of the questionnaire has increased significantly compared to the first round, the continuation of Delphi has been discontinued, and at this stage, the number of 33 factors has been called the final index for structural analysis. The vision of questions and issues is designed for the next 25 years. At this stage, these 33 factors were distributed in the form of a semi-structured questionnaire among the statistical community (Delphi group consisting of experts), and they were asked to rate the variables in the framework of the cross-effects matrix based on influence and effectiveness.

Results and Discussion

In the analysis done, the dimensions of the matrix in the Mikmac software are 33 x 33, and the number of repetitions is considered 2 times. The index of filling the matrix is 91.99%, which indicates that about 92% of the cases have influenced each other. From a total of 1001 relationships, 88 relationships have cross effects, 392 relationships have cross effects 1, 497 relationships have cross effects 2, and 112 relationships have cross effects 3. These results indicate that the number of relationships with moderate impact is high compared to other relationships, and relationships with high intensity form a small percentage of the total relationships. In the following, the analysis of the direct and indirect effectiveness of the factors is discussed. What can be understood from the state of the scatter plot of variables affecting the resilience of Zayandeh Rood water resources is the state of instability of the system. After identifying the influential indicators and determining their role and importance in direct and indirect variables, the selected indicators are identified as the uncertainty of the scenarios, and the base scenario planning is formed. Therefore, 5 scenarios were prepared based on uncertainties.

Conclusion

With the expansion of urbanization and the increase in population in metropolises, the conflict between development and the environment is gradually revealed. In the meantime, the ecological power of the regions is limited to each region. In the area of the central plateau of Iran, the amount of population settlement has never been as high as it is today. Therefore, urbanization in the central plateau of Iran has created many problems for natural resources. On the other hand, the distribution of the population in the area with natural resources, including water sources, is not consistent, because the rainfall occurs in the western area of the watershed, but the majority of the people and population live in other parts. Therefore, the conflict of interests between citizens and villagers is observed in the use of water resources and the consumption pattern, and the need to use technology to manage and reuse water resources has become particularly important. Heterogeneous rainfall distribution within the catchment area has doubled the importance of the interaction of different groups with each other. The development of industrial and service jobs should be done with the approach of reducing jobs dependent on water resources to reduce water consumption.

Keywords: Water, Future studies, Resilience, Scenarios, Zayandeh Rood Watershed.

Article Type: Research Article

Acknowledgment

The professors of Isfahan University and the professors of Isfahan University of Technology are appreciated for participating in the questionnaires.

Conflicts of interest

The authors of this article declare that they have no conflict of interest regarding the writing and publication of the contents and results of this research.

Data Availability Statement:

All information and results are presented in the text of the article.

Authors' contribution

Mahdi Yaraghi Fard: Writing the initial version of the article, conceptualization, and performing software/statistical analysis.

Mohammad Saleh Shokohi Bidhandi: Editing and revising the article, controlling the results.

*Corresponding Author, E-mail: shokouhi@iust.ac.ir

Citation: Yaraghi fard, M., & Shokohi Bidhandi, M.S. (2025). Futuristic research of resilience of water resources with scenario planning approach based on case study: Zayandeh Rood watershed. *Water and Soil Management and Modeling*, 5(3), 1-19

doi: 10.22098/mmws.2024.15086.1460

Received: 17 May 2024, Received in revised form: 02 July 2024, Accepted: 05 July 2024, Published online: 23 September 2025

Water and Soil Management and Modeling, Year 2025, Vol. 5, No. 3, pp. 1-19

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





آینده پژوهی تاب آوری منابع آب با رویکرد برنامه ریزی سناریو مبنا (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده رود)

مهدی یراقی فرد^۱، محمد صالح شکوهی بیدهندی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
^۲ استادیار، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

چکیده

منابع آب به عنوان یکی از عناصر کلیدی در توسعه به شمار می آیند. به گونه ای که محدودیت منابع آب در اکثر مناطق به چالشی مهم تبدیل شده و توسعه پایدار و محیط زیست کشور را تحت تأثیر خود قرار داده است. در حوزه آبخیز زاینده رود ناترازی در مصارف و منابع آب وجود دارد. الگو و میزان مصرف آب، وابستگی به منابع آب زیرزمینی را بیش تر کرده است. در این پژوهش سعی شده است به صورت سیستمی و نظام مند پیشران های کلیدی مؤثر بر تاب آوری منابع آب در حوزه آبخیز زاینده رود با تأکید بر رویکرد آینده پژوهی، شناسایی و تحلیل شوند. روش پژوهش در مطالعه حاضر آمیخته (کمی-کیفی) با ماهیت تحلیلی-اکتشافی می باشد. در این پژوهش ابتدا با روش پویش محیطی و دلفی، ۳۳ عامل اولیه در شش حوزه مختلف استخراج شده و سپس با استفاده از روش دلفی، ماتریس اثرات متقاطع مؤلفه ها تشکیل شده است. سپس از طریق نرم افزار MICMAC نسبت به تحلیل ماتریس اقدام شده است و سپس بر اساس عوامل کلیدی به سناریونگاری پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که با توجه به امتیاز بالای اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم عوامل، پنج عامل اصلی عبارتند از: تأثیر نرخ رشد جمعیت بر منابع آب در محدوده، میزان مشارکت بخش خصوصی در سرمایه گذاری برای مدیریت آب، آموزش های مربوط به تغییر الگوی کشت، مناسب بودن کیفیت خدمات سازمان آب و فاضلاب، تأثیرگذاری میزان نزولات جوی به عنوان پیشران های کلیدی مؤثر بر تاب آوری منابع آب شناسایی و بر اساس این شاخص ها عدم قطعیت های بحرانی پیشران های به دست آمده تعیین و پنج سناریو برای آینده منابع آب زاینده رود تدوین شده اند. سناریوی چهارم (حفظ منابع آب های زیرزمینی) کمترین امتیاز را کسب کرده است و پیاده سازی این سناریو دشوارتر خواهد بود. سایر سناریوها امتیاز مساوی کسب کرده اند و بنابر اولویت اجتماعی، محیط زیستی یا اقتصادی سناریو مدنظر را می توان پیاده سازی کرد.

واژه های کلیدی: آب، آینده پژوهی، تاب آوری، سناریو، حوزه آبخیز زاینده رود.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shokouhi@iust.ac.ir

استاد: یراقی فرد، مهدی، و شکوهی بیدهندی، محمد صالح (۱۴۰۴). آینده پژوهی تاب آوری منابع آب با رویکرد برنامه ریزی سناریو مبنا (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده رود). مدل سازی مدیریت آب و خاک، ۱۹(۳)، ۱-۱۹.
doi: 10.22098/mmws.2024.15086.1460

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۵، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱



مدل سازی مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۴، دوره ۵، شماره ۳، صفحه ۱ تا ۱۹
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی
© نویسندگان

۱- مقدمه

تغییر الگوی مصرف، پیدایش کلان شهرها و تمرکز بالای جمعیت، توسعه فعالیت های اقتصادی و نیازهای بشر به منابع طبیعی از جمله منابع آب باعث ایجاد عدم تعادل بین عرضه و تقاضا شده و در نهایت ناپایداری و عدم تاب آوری این منابع را در اغلب مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر کشور ما ایجاد نموده است (Mousavi et al., 2021). آب به عنوان شالوده حیات، بنیاد طبیعت و محور توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع است. تأمین آب سالم و کافی، همواره یکی از مهم ترین چالش های جامعه جهانی هزاره سوم، به ویژه در کشورهای کمربند خشک جهان و منطقه غرب آسیا بوده است. گزارش توسعه جهانی آب سازمان ملل متحد (۲۰۲۰) نشان می دهد که مصرف جهانی آب در طول صدسال گذشته شش برابر شده است و تقریباً یک درصد در سال به رشد خود ادامه می دهد. بنابراین، سهم فزاینده ای از جمعیت با کمبود آب مواجه خواهند شد (Wang et al., 2022). آب حافظ حیات، رفاه اقتصادی، امنیت محیط زیستی و تمدن بشری است. با این حال، رشد سریع جمعیت، گسترش شهرنشینی، توسعه فزاینده اقتصادی، نوآوری های بی سابقه فناوری، تغییرات شدید پوشش زمین، و تغییرات آب و هوایی منجر به بحران تأمین آب جهانی شده است (He et al., 2020). تقاضای آب در کشور ایران نیز در حال افزایش است و در نتیجه منابع آبی به ویژه منابع آب زیرزمینی به طور فزاینده ای در معرض خطر قرار می گیرند (Nouri et al., 2022). آب هم نقش منبع و هم نقش محیط را ایفا می کند و اساس و شرط توسعه پایدار است (Liu et al., 2022). پیش بینی مدل های آب و هوای جهانی، از جمله افزایش دما و بارندگی متغیر، نگرانی ها را در مورد امنیت آب افزایش داده است، به عنوان مثال، توانایی تأمین عمومی و پشتیبانی از الزامات داخلی برای محیط های سالم در سطح جهان محل نگرانی است. علاوه بر این، نگرانی ها تحت سناریوهایی که باعث تشدید در تغییر ترکیب جمعیتی می شود، و برخی تخمین ها نشان می دهند که تا سال ۲۰۵۰، ۴۰ درصد از جمعیت جهان در کمبود آب زندگی می کنند و به منابع آب بهبود یافته دسترسی ندارند (Golladay et al., 2020). بحران آب ممکن است ارزش ها و کارکردهای بوم شناختی، اجتماعی و اقتصادی را مختل کند. این مسأله به تدریج امنیت غذایی و رضایت اجتماعی کشورها را به خطر انداخته و به صورت مهاجرت ها، تعارض های اجتماعی و خشونت پدیدار شده است. کمبود آب و بحران آن نه تنها باعث اختلاف بین عرضه و تقاضا در مناطق شهری و روستایی در داخل کشورها می شود، بلکه ممکن است باعث درگیری و حتی جنگ بین کشورها شود (Shlomi and Ariel, 2003; Wang et al., 2020). اسماعیل سراگلدین، معاون سابق بانک جهانی، زمانی

اشاره کرد: «در قرن بیستم، افراد برای نفت می جنگیدند. در قرن بیست و یکم، آن ها برای آب خواهند جنگید». بنابراین، چنین پیش بینی شده که محدودیت منابع آب و افزایش تقاضا برای آب منجر به رقابت شدید بین کشورها و مناطق شود (Rai et al., 2020; Böhmelt et al., 2017). اکنون بسیاری کشورها در رویکردهای بهره برداری منابع آب بازنگری کرده اند، اما هنوز اقدامات فراگیر در کشورهای ضعیف صورت نگرفته و هنوز بحران منابع آب، یکی از مهم ترین معضلات جامعه جهانی است. در ایران نیز به دلیل تغییرات ناگهانی ترکیب جمعیت و مقارن با آن، ایجاد سدها و ورود تکنولوژی های نو در زمینه صنعت و کشاورزی، بهره برداری از منابع آبی به صورت شتاب زده پیش رفته و با کاهش منابع آب تجدیدپذیر و افزایش تقاضا برای آب و رقابت برای دسترسی به آن، مدیریت منابع آب با چالش های جدی روبه رو شده است. به نظر می رسد بی توجهی به این امر، منجر به ناکارآمدی نظام مدیریت و بهره برداری منابع آب و در نتیجه کاهش تاب آوری این منابع در کشور می شود (Yavari et al., 2016). تاب آوری یکی از موضوعات بسیار با اهمیت در برنامه ریزی های روز دنیاست و بسیاری از کشورها سرمایه گذاری های زیادی را در این مقوله انجام می دهند. در جایی که ریسک و عدم قطعیت ها در حال رشد هستند، تاب آوری به عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافل گیری ها و تغییرات معرفی می شود (Mitchell and Harris, 2012). از نظر دورن تاب آوری الزاماً یک روش برای بازگشت به حالت پیش از بحران نیست و می تواند به عنوان فرصتی برای بهتر ساختن و رسیدن به یک وضعیت مطلوب تر باشد (Doorn, 2017). تاب آوری رویکردی جدید مبتنی بر علم مهندسی است، و به منظور بازایی کارا و مؤثر به عنوان توانایی مقابله سیستم (توانایی مقاومت یا انطباق با شوک های خارجی)، همراه با آمادگی قبل از فاجعه و انجام اقدامات سریع پس از فجایع، تعریف می شود (Koren et al., 2019). دستیابی به توسعه پایدار منابع آب به شکل گسترده ای با مفهوم تاب آوری گره خورده است. بر مبنای تعریف تاب آوری، منابع پایدار آب سیستم هایی معرفی می شوند که دارای ظرفیت کافی برای تقلیل آثار نامطلوب اختلال همانند سیل یا خشکسالی باشند؛ بنابراین، چنین سیستمی ظرفیت بیشتری، جهت حمایت از محیط زیست و تأمین نیازهای انسان در شرایط ناپایدار را ندارد (Asefa et al., 2014). در شرایط پیچیده و پرشتاب کنونی، برنامه ریزی و مدیریت سنتی معانی خود را از دست داده اند. به همین دلیل، در دهه های اخیر، دانش جدیدی با عنوان آینده پژوهی پدید آمده است که به جای برنامه ریزی خطی و قطعی برای آینده واحد، با کاوش در امکانات وسیع و ناشناخته انسان و فناوری، افق بازتری را به سوی آینده های ممکن و

کارهای اصلاحی حکمرانی آب زیرزمینی در دشت یزد اردکان با استفاده از رویکرد مشارکتی، چالش‌های حکمرانی از دیدگاه بازیگران تأثیرگذار و تأثیرپذیر در دشت یزد اردکان را ارزیابی کرده‌اند. با توجه به پیوند آب، غذا، انرژی و در نظر گرفتن وابستگی‌های بین این سه بخش، در گام نخست بازیگران کلیدی در سه بخش آب، غذا و انرژی با روش تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) شناسایی شدند. در گام بعدی، با توجه به دیدگاه بازیگران، عواملی که در هر بخش آب، غذا و انرژی به اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی منجر شد، به‌عنوان چالش‌های حکمرانی مشخص شدند. (Robert L., 2020) در مطالعه خود به موضوع تاب‌آوری از دریچه تغییر اقلیم و مدیریت آب پرداخته است. این بررسی با موضوعات مرتبط در مورد فشارهای مداوم و در حال ظهور بر روی آب‌های شیرین آغاز می‌شود. برای ردیابی خطرات اقلیمی در حال تحول نیز برای اندازه‌گیری واکنش‌های اجتماعی-اکولوژیکی به شاخص‌هایی نیاز است. ویژگی‌های حوزه آبخیز می‌توانند آن سیستم‌های رودخانه‌ای را شناسایی کنند که احتمال بازگشت به حالت قبل از اختلال کم و بیش وجود دارد. تاب‌آوری بیش‌تر به چشم‌اندازهای نهادی و اجتماعی بستگی دارد. انگیزه‌هایی برای بازسازی بهتر پس از فجایع، نظارت راهبردی تهدیدات اولیه و نقاط اوج، در دسترس بودن شاخص‌های سازگاری بلندمدت و تلاش‌های هماهنگ برای کاهش فشارهای غیراقلیمی بر روی آب‌های شیرین (به‌ویژه در سرچشمه‌ها) تاب‌آوری را ایجاد می‌کند. (Xu et al., 2021) پژوهشی با موضوع ارتقای تاب‌آوری مدیریت منابع آب در زنجیره تأمین کشاورزی انجام داده‌اند. هدف این مطالعه شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری مدیریت آب در زنجیره تأمین کشاورزی و کمک به مدیریت ریسک‌های مربوط به استفاده از منابع آب است. در مجموع ۱۴ عامل از پنج بعد جامعه، اقتصاد، محیط‌زیست، نهاد و ویژگی‌های محصول انتخاب شده ساخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که انتخاب محصولات کشاورزی، ایجاد مؤسسه کنترل ممیزی آب، بازیافت پساب و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، عوامل اصلی مؤثر بر تاب‌آوری مدیریت منابع آب در زنجیره تأمین کشاورزی هستند. (Ranjbar et al., 2021) در مطالعه‌ای به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تاب‌آوری منابع آب در حوزه‌های آبخیز با نظر نخبگان پرداخته‌اند. بر این اساس، سه گروه معیار اکولوژیک، اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی به‌عنوان معیارهای اصلی شناسایی شده‌اند. همچنین، زیر معیارهای آب سطحی و بارش باران به‌عنوان مؤثرترین و زیرمعیارهای نفوذپذیری (زهکشی) و دما به‌عنوان کم‌اثرترین زیرمعیار شناسایی شده است. این پژوهش نشان می‌دهد که در سال‌های گذشته موضوع تاب‌آوری منابع آب مورد توجه

مطلوب پیشروی انسان می‌گشاید. در نتیجه، برنامه‌ریزی در مفهوم دنباله‌روی از گذشته یا پیش‌بینی برای آینده جای خود را به برنامه‌ریزی در مفهوم آینده‌آفرینی داده است. شاید مناسب‌ترین تعریف و توصیف آینده‌پژوهی، تعریف آماتیدو است که آینده‌پژوهی را بر اساس اهداف و منافع خود به سه بلوک ساختاری تقسیم می‌کند: بلوک اول ایجاد دانش است؛ زیرا دانش، آینده‌پژوهی را به شکل چشم‌انداز راهبردی و پیش‌بینی آینده جایگزین می‌کند. برای انجام این کار از رویکردهای چندرشته‌ای و مبتنی بر شواهد، تعاملات و روش‌های مشارکتی استفاده می‌شود. همچنین، این روش‌ها یادگیری جمعی را بهبود می‌بخشند. بلوک دوم ایجاد شبکه‌ها هستند، بدین معنی که آینده‌نگاری شرکاء و سهامداران را گرد هم می‌آورد و شبکه‌های همکاری، خلق مشترک، گفتگو و مذاکره را می‌سازد. بلوک سوم تسهیل مشارکت و اقدام است. بدین صورت که آینده‌پژوهی مشارکت در فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری را تشویق می‌کند و نقطه نظرات و روابط متقابل را در نظر می‌گیرد و نیز تعهد را افزایش می‌دهد. این امر به هم تراز و هماهنگی تصمیمات، سیاست‌ها و اقدامات انجام شده توسط نمایندگان در جهت یک چشم‌انداز مشترک از آینده کمک می‌کند (Houck and Speaker, 2020; Fergnani and cooper, 2023; Schwarz et al., 2023). مدیریت منابع آب به‌عنوان یک موضوع مدیریت ریسک در نظر گرفته می‌شود. برخی از این ریسک را می‌توان به عوامل محیطی نسبت داد (مانند خشکسالی و سیل)، در حالی که برخی دیگر پیامد عدم عمل انسانی هستند (Hall et al., 2019). با بهبود آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد حفاظت از محیط‌زیست، تقاضای مصرف‌کنندگان برای صرفه‌جویی در مصرف آب افزایش می‌یابد و در نتیجه افراد و نهادها نسبت به مدیریت منابع آب خود مسئول‌تر می‌شوند (Xu et al., 2021). با مرور دیدگاه‌های مختلف بین‌المللی، نتایج اجلاس‌ها و کنفرانس‌های جهانی آب، یک مفهوم جامع و کامل از حکمروایی پایدار در مدیریت به هم پیوسته منابع آب با تأکید بر آموزش و ظرفیت‌سازی، قابل تبیین است (Nasiri Zare and Tahmasabi, 2022). این کنفرانس‌ها در بسیاری موارد رویکردی لیبرال را دنبال می‌کنند و برای نمونه یکی از راهکارهای پیشنهاد شده برای تنظیم تقاضا در مدیریت منابع آب، ایجاد بازار محلی آب است. تجارت آب دارای مزایایی مانند حفاظت از ارزش‌های اجتماعی و محیط‌زیستی است. با این حال، کارایی بازارهای آب و مدیریت اثرات نامطلوب آن به شدت به آرایش سازمانی و ساختار بازار بستگی دارد (Nouri et al., 2023; Macdonald et al., 2022). در ادامه به برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه پرداخته می‌شود. در پژوهشی (Ghafouri et al., 2019) با عنوان چالش‌ها و راه

پژوهشگران قرار گرفته است. با این وجود پژوهش‌های کم‌تری بر روی آینده‌پژوهی تاب‌آوری منابع آب با رویکرد برنامه‌ریزی سناریو مبنا صورت گرفته است. از سویی دیگر، در این پژوهش سعی شده به ابعاد و شاخص‌های مختلف تاب‌آوری که شامل تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی می‌شود و در تاب‌آوری منابع آب نقش مؤثری دارند پرداخته شود و سپس بر تاب‌آوری منابع آب و بروز احتمال‌های قابل تصور در صورت رخ دادن در هر سناریو بپردازیم تا با در نظر گرفتن شرایط مختلف به اولویت‌بندی تغییرات محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی درک شفاف‌تری را از تغییر هر متغیر برای پژوهشگران ایجاد کنیم. پژوهش حاضر سعی می‌کند تا با پرداختن به یکی از حوزه‌های آبخیز مهم مرکزی ایران که با چالش‌های مختلفی نیز روبروست، رویکرد برنامه‌ریزی سناریو مبنا را برای آینده‌پژوهی به کار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با رویکرد آینده‌پژوهی، به شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری منابع آب در حوزه آبخیز زاینده‌رود می‌پردازد. در این پژوهش با توجه به ماهیت اکتشافی آن از تکنیک پویش محیطی و با توجه به رویکرد غالب این پژوهش که آینده‌پژوهی است، از تکنیک دلفی استفاده شده است؛ زیرا به دلیل ماهیت تخصصی، این پژوهش از طریق روش‌های مرسوم نظرسنجی از مردم قابل انجام نیست. روش دلفی روشی متکی بر خرد، هوش جمعی و طوفان فکری به منظور اجماع خبرگان روی موضوعی خاص است تا از این طریق بتوان مناسب‌ترین پاسخ‌ها را کسب کرد. در ابتدا مسأله تعریف می‌شود و متناسب با مسأله کارشناسان انتخاب می‌شوند سپس توزیع پرسشنامه در بین افراد و دریافت بازخورد کنترل شده پاسخ‌ها از آنان، اساس کار است و ناشناس ماندن خبرگان، بازخورد و تکرار سه اصل دلفی معرفی شده‌اند. به زبانی ساده، در روش دلفی یک پرسشنامه طی یک یا چند دور بین مشارکت کنندگان در پیمایش توزیع می‌شود تا در آخر بهترین پاسخ‌ها دریافت شود. این مراحل به صورت تکراری انجام می‌شوند تا زمانی که تفاوت میان نظرات کارشناسان کاهش یابد و به یک توافق عمومی دست یابند. در نهایت، نتایج و یافته‌های نهایی تحلیل شده و در قالب یک گزارش جامع ارائه

می‌شود. عموماً روش دلفی برای موضوعاتی به کار می‌رود که دانش موجود ما نسبت به آن کم است. روش دلفی به دلیل ساختار منظم و قابلیت انعطاف‌پذیری که دارد، در بسیاری از زمینه‌ها مانند برنامه‌ریزی راهبردی، پیش‌بینی‌های آینده‌نگر و پژوهش‌های سیاست‌گذاری استفاده می‌شود. این روش عموماً به صورت ترکیبی با سایر روش‌های آینده‌پژوهی به خصوص سناریو نویسی به کار گرفته می‌شود. رمز موفقیت روش دلفی در انتخاب درست خبرگان است. بر خلاف نظرسنجی‌های عمومی که مشارکت کنندگان، نمایندگان یک جمعیت بزرگ هستند، در دلفی خبرگان متعلق به حوضه مورد مطالعه هستند (Heydari, 2016). جامعه نمونه این پژوهش را گروه ۵۰ نفری از صاحب نظران افراد فعال در حوزه آب، کارشناسان و اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های اصفهان که متخصص در دو زمینه «رویکرد آینده‌پژوهی» و «تاب‌آوری منابع آب» هستند تشکیل می‌دهند. به منظور اطمینان از این موضوع شاخص‌های پژوهش برطبق پژوهش‌های ثابت شده علمی انتخاب شدند. در حقیقت پایانی پژوهش اعتبار یا پایانی این موضوع را مورد سنجش قرار می‌دهد که سؤالات مورد استفاده به منظور اندازه‌گیری یک مفهوم تا چه اندازه به عنوان یک مجموعه با یکدیگر ارتباط دارند. آلفای کرونباخ یک ضریب اعتبار سنجی می‌باشد که میزان همبستگی مثبت اعضای یک مجموعه را با هم منعکس می‌کند. این ضریب همواره عددی بین صفر و یک خواهد بود. هر چقدر این ضریب به عدد یک نزدیک‌تر باشد اعتبار یا پایانی ابزار مورد استفاده بیش‌تر خواهد بود (Biasutti and Frate, 2017). فرمول آلفای کرونباخ به صورت رابطه (۱) است.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum_{l=1}^K S_l^2}{S^2} \right) \quad (1)$$

که در آن K، تعداد سؤالات، S_l^2 واریانس هر سؤال و S^2 واریانس کل سؤالات است. در این پژوهش با استفاده از نظر پنج نفر از خبرگان و امتیازدهی آنان به پرسشنامه، موجب تأیید یا عدم تأیید پرسشنامه می‌باشد. اعتبار پرسشنامه نیز نشان می‌دهد یک پرسشنامه تا چه حد برای سنجش مقوله‌های مورد مطالعه مناسب است. پایایی از موضوعات بسیار مهم در امر گردآوری اطلاعات و مشاهدات است.

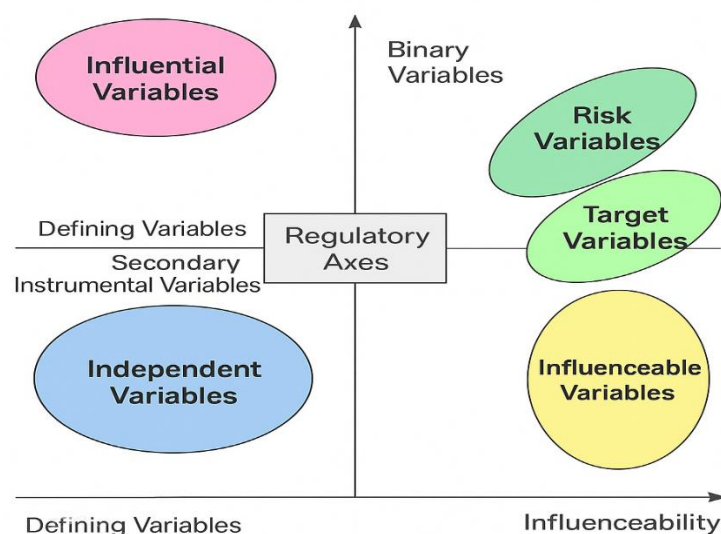
جدول ۱- روایی و پایایی پرسشنامه

Table 1. Validity and reliability of the questionnaire

Dimension	Items	Cronbach's Alpha	Significance Level
Education & Awareness	6	0.632	0.000
Institutional Context	5	0.887	0.000
Risk Reduction	3	0.887	0.001
Economic	8	0.744	0.000
Demographic	5	0.825	0.000
Environmental	6	0.815	0.000

توافق بین اعضای پانل در خصوص سؤالات پرسشنامه در مقایسه با دور اول افزایش محسوسی داشته از ادامه دلفی صرف‌نظر شده و در این مرحله تعداد ۳۳ عامل به‌عنوان شاخص نهایی جهت تحلیل ساختاری به نرم‌افزار MICMAC فراخوانده شده است. چشم‌انداز پرسش‌ها و موضوع‌ها برای ۲۵ ساله آینده طراحی شده است. در این مرحله این ۳۳ عامل، در قالب پرسشنامه نیمه‌ساختاریافته بین جامعه آماری (گروه دلفی متشکل از کارشناسان مطرح‌شده) توزیع و از آن‌ها خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع به متغیرها، بر مبنای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری با اعدادی در طیف صفر تا چهار امتیاز دهند. این امتیازها در ماتریس متقاطع وارد شد تا تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم هر کدام از عوامل سنجیده شود و با توجه به امتیاز تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل، عوامل کلیدی به‌دست آیند. نرم‌افزار MICMAC یکی از بهترین نرم‌افزارهایی است که جهت محاسبات ماتریس تحلیل اثرات متقاطع، طراحی شده است. این نرم‌افزار ابتدا متغیرها و مؤلفه‌های مهم در حوزه مورد نظر را شناسایی کرده و آن‌ها را در ماتریس اثرات وارد نموده و سپس میزان ارتباط میان این متغیرها باهم توسط خبرگان تشخیص داده می‌شود. متغیرهای موجود در سطرها بر روی متغیرهای موجود در ستون‌ها تأثیر می‌گذارند. بدین ترتیب متغیرهای سطرها، تأثیرگذار و متغیرهای ستون‌ها، تأثیرپذیر می‌باشند (Gordon, 2009; Godet, 2008). این ماتریس را می‌توان با نمودار متناظر آن نمایش داد (شکل ۱).

بر اساس ادبیات علمی موجود در روش دلفی نظرات دست کم ۳۰ نفر خبره مورد نیاز است (Powell, 2003; Landeta, 2006). روش کار بدین‌صورت است که از مقالات آنلاین و مروری بر نوشتارهای منتشرشده در زمینه عوامل مؤثر بر تاب‌آوری منابع آب، شاخص‌های مورد ارجاع استخراج شده، سپس توسط پرسشنامه پژوهش (شامل پاسخ‌های طیف پنج گزینه‌ای لیکرت و یک پرسش باز جهت اضافه شدن مؤلفه‌های جدید احتمالی) به نظر خبرگان دانشگاهی، سازمانی و حرفه‌ای آشنا با موضوع رسیده و پس از اخذ نظرات اصلاحی کیفی و کمی، نهایتاً طی دو نوبت مصاحبه مؤلفه‌ها و ترکیب عوامل به اجماع نخبگان رسیده است. در تمام مراحل، تعیین میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت و شامل گزینه‌های «تأثیر بسیار زیاد»، «تأثیر زیاد»، «تأثیر متوسط»، «تأثیر کم» و «تأثیر بسیار کم» صورت می‌گرفت. در مرحله اول دلفی تعداد ۵۵ سؤال در قالب ۵۰ پرسشنامه بین خبرگان توزیع شد که تمامی آن‌ها به سؤالات مربوطه در آن پاسخ دادند. در این مرحله ضریب توافق کندال بین اعضاء پانل پایین و معادل ۰/۲۸۴ به‌دست آمد. میانگین پاسخ‌های داده‌شده در دور اول دلفی نیز بین سه تا پنج است. با توجه به زیاد بودن تعداد شاخص‌ها و سؤالات پرسشنامه که اغلب اعضای پانل نیز به آن اشاره و بعضاً از آن شکایت داشتند، کلیه شاخص‌هایی که میانگین آن‌ها کم‌تر از سه (بر اساس نظر خبرگان) بود برای اجرای دور دوم دلفی حذف شدند. در مرحله دوم دلفی مجدداً تعداد ۳۳ پرسشنامه بین اعضای گروه توزیع و جمع‌آوری شد که با توجه به آن‌ها، ضریب توافق کندال در این مرحله ۰/۴۶۶ به‌دست آمد. در این مرحله با توجه به اینکه ضریب



شکل ۱- تأثیرگذاری-تأثیرپذیری متغیرها در تحلیل اثرات متقاطع

Figure 1. Influence-effectiveness of variables in cross-effects analysis (Godet, 2008)

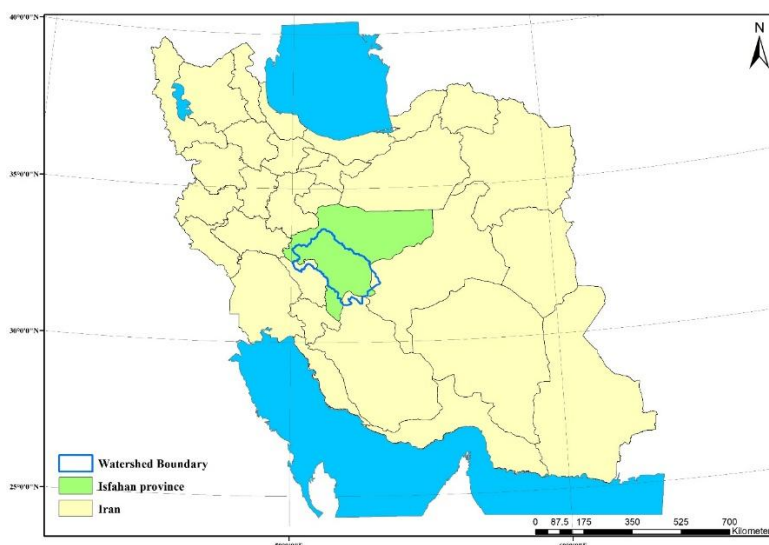
نتایج پرسشنامه ذی ربط، ورودی لازم برای سناریو نگاری فراهم شد. ماتریس تحلیل آثار متقاطع میان عدم قطعیت های اصلی در نرم افزار Scenario Wizard مورد سنجش قرار گرفت. در هر سناریو عدم قطعیت ها کاهش یا افزایش خواهند یافت.

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

حوزه آبخیز زاینده رود یکی از زیرحوزه های گاوخونی است که به تنهایی نزدیک ۶۵ درصد از مساحت گاوخونی را در بر گرفته است. زاینده رود بزرگ ترین رودخانه دائمی فلات مرکزی ایران است که بیش تر آب آن از ذوب برف زاگرس و چشمه ها تأمین می شود. این حوزه از ارتفاعات زردکوه بختیاری در جنوب غربی اصفهان و از بخش شورآب تنگ گزی استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و پس از طی مسیر ۳۶۰ کیلومتری از غرب به شرق استان اصفهان و با وسعت حوزه آبخیز ۴۱۵۵۰ کیلومتر مربع به تالاب گاوخونی پایان می یابد. این حوزه بخش هایی از استان های اصفهان، چهارمحال و بختیاری، یزد و فارس را شامل می شود (Golkarmi and Kavyani Rad, 2016). بخش کشاورزی، مهم ترین مصرف کننده آب در این حوزه است و حدود ۷۳ درصد از منابع آب را در این منطقه مصرف می نماید (Zareian et al., 2015). از نظر جمعیتی نیز، طبق نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت حوزه حدود

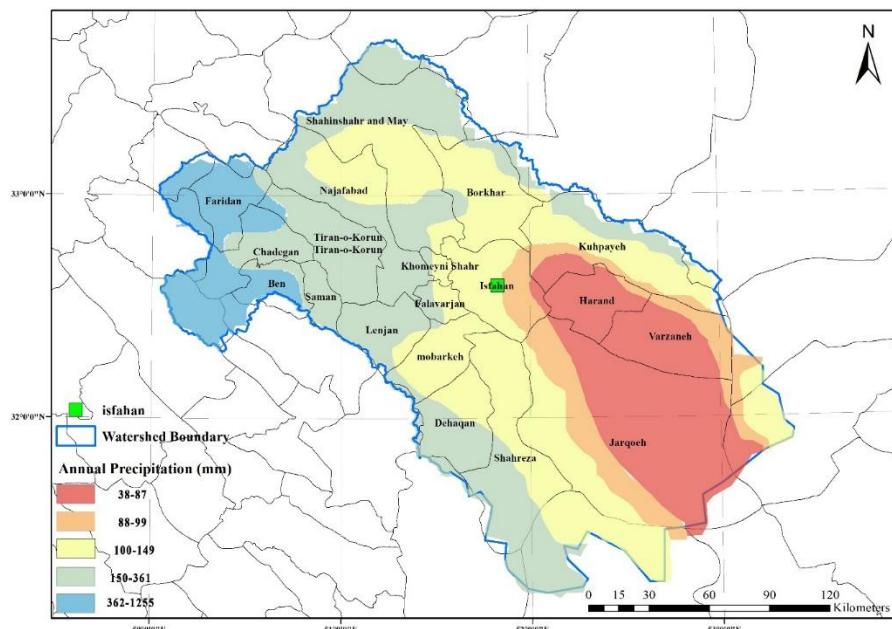
۴/۶ میلیون نفر بوده که از این تعداد حدود ۹۸ درصد در محدوده استان اصفهان و حدود ۲ درصد آن نیز در محدوده استان چهارمحال و بختیاری ساکن هستند (Rahmani Fazli and Salehian, 2017).

نحوه پراکنش عوامل بر روی این نمودار گویای آن است که سیستم در چه وضعیتی قرار دارد و پایدار یا ناپایدار است. این فهم اولیه از وضعیت سیستم بر نحوه تحلیل عوامل تأثیرگذار است. در سیستم های پایدار پراکنش عوامل به صورت L است یعنی برخی عوامل دارای تأثیرگذاری و برخی دارای تأثیرپذیری بالا می باشند؛ بنابراین در سیستم های پایدار مجموعاً سه دسته عوامل تأثیرگذار، عوامل تأثیرپذیر و عوامل مستقل مشاهده می گردد. در مقابل در سیستم های ناپایدار وضعیت پیچیده تر از سیستم های پایدار است. در این سیستم ها عوامل در حول محور قطری بردار و در تمامی صفحه پراکنده اند و عوامل در اکثر مواقع حالتی بینابینی دارند. تحلیل این سیستم ها نسبت به سیستم های پایدار پیچیده تر است زیرا عوامل بیش تری در این سیستم ها دخیل است. این عوامل در مجموع به پنج دسته تقسیم می شوند که شامل: ۱- عوامل تعیین کننده یا تأثیرگذار؛ ۲- عوامل دو وجهی که خود دارای دو زیرمجموعه عوامل ریسک و هدف تقسیم می شود؛ ۳- عوامل تأثیرپذیر یا نتیجه سیستم؛ ۴- عوامل مستقل که خود به دو بخش عوامل گسسته و عوامل اهرمی ثانویه تقسیم می شود؛ ۵- عوامل تنظیمی می باشند. در مرحله بعدی پس از شناسایی پیشران ها به انتخاب عدم قطعیت ها و شناسایی و سنجش آن ها در هر سناریو پرداخته می شود تا احتمالات مختلف بررسی و نقش هر شاخص در هر سناریو به صورت مستقل ارزیابی شود. روش کار در این مرحله بدین صورت است که نخست، منطق شکل گیری سناریوها با استفاده از تحلیل نیروهای پیشران و عدم قطعیت های آن ها تبیین شده است. سپس، با تکیه بر روش تحلیل آثار متقاطع، در قالب Scenario Wizard انجام شد. بدین ترتیب، از طریق کمی سازی از دیدگاه های کیفی پنج نفر از خبرگان و جمع بندی



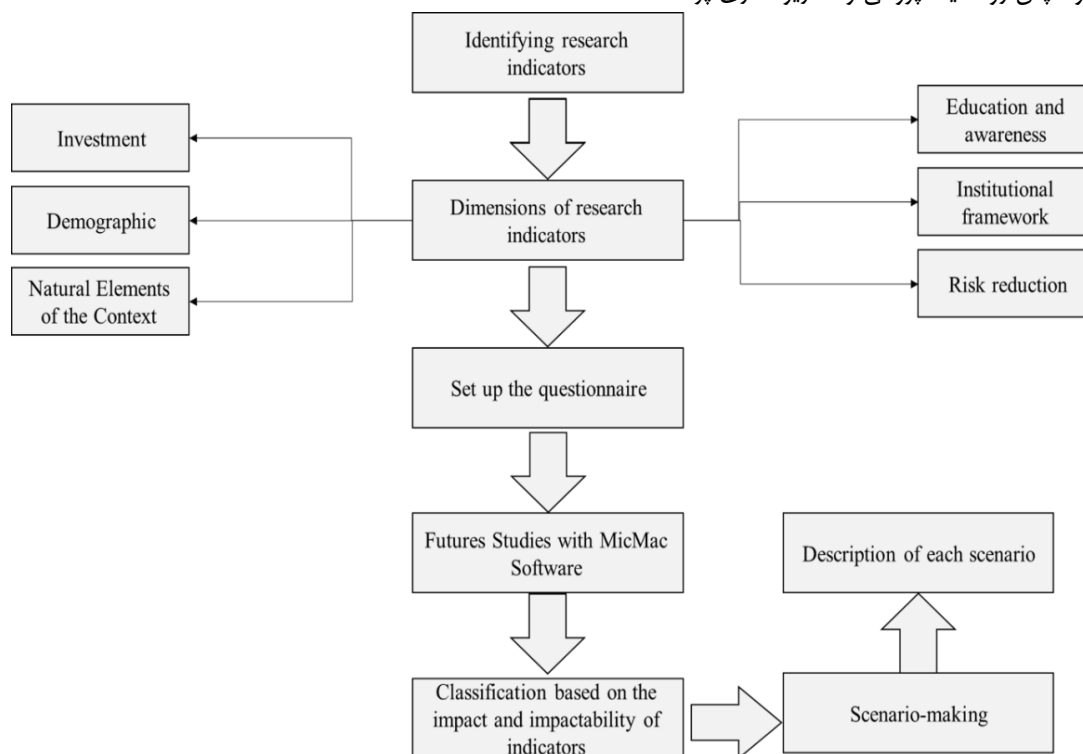
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه
Figure 2. The geographical location of the study area

۲-۱-۱- میزان بارش برف و باران
حوزه صرف نظر از بارش‌های زیاد در ارتفاعات کوه‌رنگ دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است. بارش متوسط در اصفهان فقط ۱۳۰ میلی‌متر بوده که بیش‌تر بارش‌ها در طی فصل زمستان



شکل ۳- میانگین بارش حوزه آبخیز مورد مطالعه

در شکل ۴ یک الگوی مفهومی به منظور شناسایی چارچوب پژوهش و سپس روند آینده پژوهی و سناریو نگاری پرداخته شده



شکل ۴- چارچوب و روند پژوهش

جدول ۲- شاخص های مؤثر بر وضعیت تاب آوری منابع آب حوزه آبخیز زاینده رود

Table 2. Effective indicators on the resilience of water resources in Zayandehroud watershed

Category	Indicators	Sources
Education & Awareness	(x1) Training related to crop pattern change, (x2) Awareness of drought prevention methods, (x3) Level of social security in the area, (x4) Crime rate in the area, (x5) Sense of belonging in this area, (x6) Awareness of continuous monitoring of surface and groundwater resources in this area.	Xu et al., 2021 Nasiri Zare and Tahmasabi, 2022
Institutional Context	(x7) Impact of organizational and social supervision on river and groundwater management programs, (x8) Effectiveness and appropriateness of the performance of conflict resolution institutions, (x9) Pursuing citizen disputes through existing conflict resolution mechanisms, (x10) Role of the local water market, (x11) Usefulness of meetings for achieving social justice	Nasiri Zare and Tahmasabi, 2022 Nouri et al., 2022
Risk Reduction	(x12) Role of financial subsidies for rural groups, (x13) Quality of water and wastewater organization services, (x14) Physical changes to protect the river buffer zone	Hall et al., 2019
Investment	(x15) Investment in industrial development to reduce water consumption, (x16) Increase in water price for urban and industrial uses, (x17) Private sector participation in water resources investment, (x18) Willingness of foreign investors for water recycling and reuse, (x19) Investment in tourism to reduce water consumption, (x20) Investment in modern agriculture based on river water, (x21) Cost-benefit of water-saving projects, (x22) Cost-effectiveness of water transfer projects	Xu et al., 2021 Macdonald et al., 2023 Bastaminia et al., 2017
Demographics	(x23) Effect of age structure on water resources, (x24) Effect of population growth rate on water resources in the area, (x25) Importance of migration rate on water resources, (x26) Migration from villages to cities, (x27) Possibility of migration out of the region	Yavari et al., 2016 Golladay et al., 2020
Natural Environmental Elements	(x28) Impact of precipitation amount, (x29) Impact of number of hot days per year, (x30) Impact of number of cold days per year, (x31) Impact of humidity, (x32) Impact of water flow speed, (x33) Impact of solar radiation	Ranjbar et al., 2021 Golladay et al., 2020

۳- نتایج و بحث

در تحلیل انجام گرفته، ابعاد ماتریس در نرم افزار MICMAC ۳۳ * ۳۳ بوده و تعداد تکرارها ۲ بار در نظر گرفته شده است. شاخص پیرشدگی ماتریس نیز ۹۱/۹۹ درصد است که این میزان نشان دهنده آن است که حدود ۹۲ درصد، موارد بر یکدیگر تاثیر گذاشته اند. از مجموع ۱۰۰۱ رابطه؛ ۸۸ رابطه دارای اثرات

متقاطع ۳۹۲ رابطه دارای اثرات متقاطع ۱، ۴۹۷

رابطه دارای اثرات متقاطع ۲ و ۱۱۲ رابطه دارای اثرات متقاطع ۳ هستند. این نتایج بیانگر آن است که تعداد روابط با اثرگذاری متوسط نسبت به سایر روابط زیاد است و روابط با شدت زیاد، درصد کمی را از مجموع روابط تشکیل داده است. در ادامه به تحلیل میزان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم و غیرمستقیم عوامل پرداخته می شود.

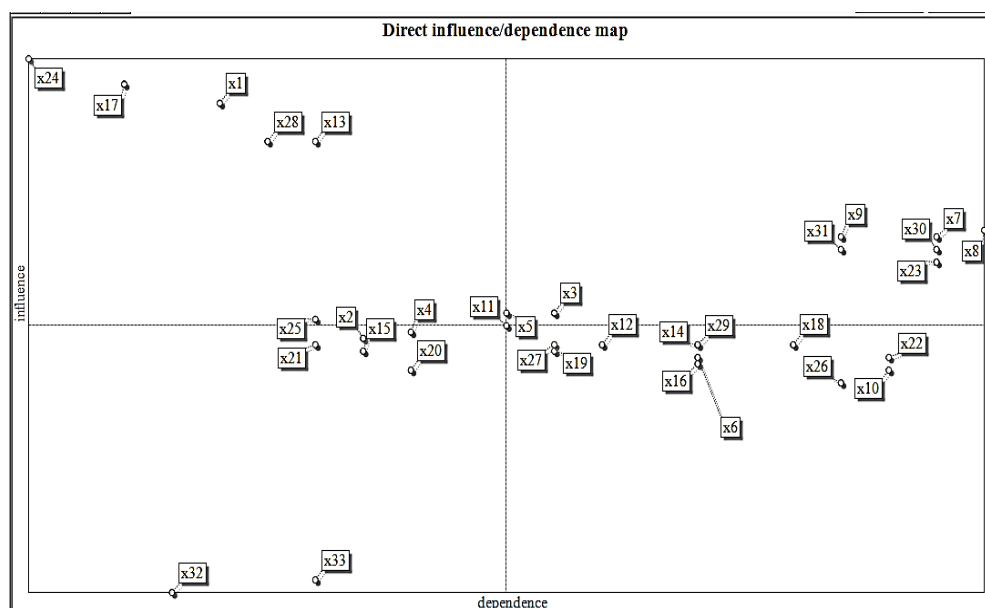
جدول ۳- تحلیل اولیه داده های ماتریس اثرات متقابل

Table 3. Preliminary data analysis of the interaction effects matrix

Index	Matrix Dimensions	Frequency	Zero	One	Two	Three	Total	Fill Percentage (%)
Value	33	2	88	392	497	112	1001	91.91

بر اساس نتایج تحلیلی این ماتریس، باتوجه به میانگین حسابی متغیرهای بخش جمعیت شناختی بیشترین و شاخص های مربوط به عناصر طبیعی کمترین تاثیر مستقیم و شاخص های مربوط به بستر نهادی بیشترین و شاخص های مربوط به آموزش و آگاهی کمترین تاثیرات غیرمستقیم را بر وضعیت تاب آوری منابع آبی در حوزه رودخانه زاینده رود اصفهان داشته اند. در مرحله بعدی به تحلیل عوامل کلیدی بر اساس موقعیت در پلان اثرگذاری اثرپذیری پرداخته می شود. میزان اثرپذیری پیشران ها در کنار اثرگذاری مشخص کننده ماهیت یک پیشران است، پیشران هایی که تاثیرگذاری زیادی روی سایر پیشران ها دارند اما خود کمتر

تحت تاثیر قرار می گیرند، جزء پیشران های محیطی یا ورودی سیستم محسوب می شوند. در مقابل پیشران هایی که بیشترین اثرپذیری و کمترین اثرگذاری را دارند پیشران های هدف یا خروجی سیستم هستند. چنان که بیان شد، متغیرهای سیستم بعد از ارزیابی اثراتشان بر یکدیگر توسط کارشناسان و بر اساس روابط ریاضی بین آنها، روی یک نمودار (شبکه مختصات) با عنوان پلان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری قرار می گیرند که موقعیت آنها در نمودار بیانگر وضعیت پیشران در سیستم و نقش آنها در پویایی و تحولات سیستم در آینده است. بر اساس موقعیت پیشران ها در نمودار، پیشران ها به تاثیرگذار، دو وجهی (هدف ریسک)، تاثیرپذیر، مستقل و تنظیمی و میانی تقسیم می شوند.



شکل ۵- پلان اثرگذاری و اثربخشی مستقیم

Figure 5. Plan of influence and direct effectiveness

آنچه از وضعیت صفحه پراکندگی متغیرهای مؤثر بر تاب آوری منابع آب زاینده رود می توان دریافت، وضعیت ناپایداری سیستم است. بر این اساس شش نوع ابعاد به قرار جدول ۴، قابل شناسایی است:

جدول ۴- نحوه توزیع متغیرها بر اساس طبقه بندی آنها

Table 4. Distribution of the variables based on their classification

Dimension	Variable	Direct Effects	Classification of Variables	Influence	Influence Received
Education and Awareness	(x1)	84	Determinant or Influential Variable	84	45
	(x2)	47	Regulatory Variable	47	48
	(x3)	51	Regulatory Variable	51	52
	(x4)	48	Regulatory Variable	48	49
	(x5)	51	Regulatory Variable	51	51
	(x6)	44	Influenced Variable	44	55
Institutional Context	(x7)	63	Two-way Variable	63	60
	(x8)	64	Two-way Variable	64	61
	(x9)	63	Two-way Variable	63	58
	(x10)	42	Influenced Variable	42	59
	(x11)	49	Regulatory Variables	49	51
Risk Reduction	(x12)	46	Regulatory Variable	46	53
	(x13)	78	Determinant or Influential Variable	78	47
	(x14)	46	Regulatory Variable	46	55
Investment	(x15)	45	Regulatory Variable	45	48
	(x16)	43	Influenced Variable	43	55
	(x17)	87	Determinant or Influential Variable	87	43
	(x18)	46	Influenced Variable	46	57
	(x19)	45	Regulatory Variable	45	52
	(x20)	42	Regulatory Variable	42	49
	(x21)	46	Regulatory Variable	46	47
	(x22)	44	Influenced Variable	44	59
Cognitive Population	(x23)	59	Two-way Variable	59	60
	(x24)	19	Determinant or Influential Variable	19	41
	(x25)	50	Regulatory Variable	50	47
	(x26)	40	Influenced Variable	40	58
	(x27)	46	Regulatory Variable	46	52
Natural Elements of Context	(x28)	78	Determinant or Influential Variable	78	46
	(x29)	46	Regulatory Variable	46	55
	(x30)	61	Two-way Variable	61	60
	(x31)	61	Two-way Variable	61	58
	(x32)	7	Independent Variable	7	44
	(x33)	9	Independent Variable	9	47
Total		1722		1722	

در مرحله بعدی برای استخراج عوامل کلیدی، به جابجایی و نیز رتبه بندی متغیرهای مورد نظر به لحاظ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (مستقیم و غیرمستقیم) پرداخته می شود.

جدول ۵- عوامل کلیدی مؤثر بر تاب آوری منابع آب حوزه زاینده رود

Table 5. Key factors affecting the resilience of water resources in the Zayandeh Rood Watershed

Rank	Key Factors (Direct and Indirect)	Direct and Indirect Variables
1	(x24) Impact of population growth rate on water resources in the area	(x24) Impact of population growth rate on water resources in the area
2	(x17) Level of private sector participation in investment for water management	(x17) Level of private sector participation in investment for water management
3	(x1) Training related to changing cropping patterns	(x1) Training related to changing cropping patterns
4	(x13) Appropriateness of water and wastewater organization service quality	(x13) Appropriateness of water and wastewater organization service quality
5	(x28) Influence of precipitation amount	(x28) Influence of precipitation amount

شناسایی و کاوش آینده های احتمالی متعددی است که می تواند از دیدگاه امروز پدیدار شود. سناریو را می توان به عنوان توصیف تصویری منسجم از چنین آینده احتمالی تعریف کرد (Tiberius, 2019).

پس از شناسایی شاخص های تأثیرگذار و تعیین نقش و اهمیت آن ها در متغیرهای مستقیم و غیر مستقیم، شاخص های منتخب به عنوان عدم قطعیت سناریوها شناسایی می شود و برنامه ریزی سناریو مبنا شکل می گیرد. سناریوها را می توان به عنوان مفهوم اصلی در آینده پژوهی در نظر گرفت که هدف آن

Uncertainty	Scoring			
	Increase		Decrease	
Impact of population growth rate on water resources	-1	-1	-1	-1
Degree of private sector participation in investment for water management	-1	-3	-2	-3
Training programs related to pattern change	-2	-3	-2	-3
Adequacy of water and wastewater services quality	0	-3	-1	-3
	0	-2	-1	-2
Impact of atmospheric sediment levels	0	-2	-1	-2

شکل ۶- امتیاز دهی عدم قطعیت ها در نرم افزار Scenario Wizard

Figure 6. Uncertainty scoring in Scenario Wizard software

جدول ۶- سنجش سناریوهای پنج گانه بر اساس عدم قطعیت های کلیدی از پیشران اصلی

Table 6. Assessment of five scenarios based on key uncertainties of the main driver

Uncertainties	Scenario 1 Green Development	Scenario 2 Activity Adaptation	Scenario 3 Development Gap	Scenario 4 Groundwater Resources Conservation	Scenario 5 Social Sustainability
Impact of population growth rate on water resources in the area	Decrease	Increase	Increase	Increase	Decrease
Level of private sector participation in investment for water management	Increase	Decrease	Decrease	Increase	Increase
Training related to crop pattern change	Decrease	Increase	Increase	Increase	Decrease
Appropriateness of water and wastewater company service quality	Decrease	Increase	Increase	Increase	Decrease
Impact of precipitation amount	Increase	Decrease	Increase	Increase	Decrease
Score	16	16	16	13	16

۳-۱- سناریوی اول- توسعه سبز

افزایش یافته است و پدیده‌ی فرونشست کاهش و بهبود یافته است. وضعیت آب در دسترس از جمله شرایط محتمل در وقوع این سناریو است. این امر اهمیت اثرگذاری عوامل انسانی را در ساختار مدیریت یکپارچه منابع آب روشن‌تر می‌سازد. بیان این نکته لازم است که در صورت تنظیم ساختار مدیریتی، چه در بخش عرضه و چه در بخش تقاضا، عدم تعادل‌های گسترده و خارجی قابل تعدیل شده و مانعی بر سر راه بروز شرایط بحرانی خواهد بود. در صورتی که آگاهی و وفاق اجتماعی چه در سطح عامه‌ی مردم و چه در ساختار مدیریتی، قانونی و نهادی برقرار گردد، می‌توان شاهد رفتاری منطقی، منعطف و در نتیجه کاربردی الگوهای مصرفی و تولیدی متناسب با شرایط محیطی حاکم بود. همچنین، نقش آب‌های سطحی و نزولات جوی به‌عنوان تنها راه‌حل کاهش یافته است. در نتیجه چرخه استفاده از منابع آب تکمیل شده است به گونه‌ای که کلیه ذی‌نفعان متناسب با نیازشان از آب باکیفیت برخوردار باشند تا باعث توزیع آب و رونق فعالیت‌های مجاز در محدوده باشند.

۳-۳- سناریوی سوم- شکاف توسعه

در این سناریو جمعیت افزایش یافته است. درحالی‌که شهرنشینی و میزان الگوی مصرف اهمیت زیادی دارد، اما تجدید حیات منابع در منطقه به‌عنوان استراتژی کلی مد نظر قرار نمی‌گیرد. باز ساخت نظام تولیدات زراعی و باغی از مهم‌ترین موارد مورد توجه برنامه‌ریزی نادیده گرفته شده است. تجربه وقوع خشکسالی در این زمینه موجب بهبود راهبردهایی برای انتخاب روش‌های کشت شده است، تا از این طریق تجربه خاطرات تلخ خشک‌سالی مجدداً تکرار نشود. همچنین، برداشت آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی با شدت فعلی جریان دارد. نیز نقش بارش باران به‌عنوان راه‌حل بیان شده است. توزیع نامتوازن و بارگذاری‌های صنایع در مقیاس کشور با رشد روزافزون ادامه دارد و در حوضه بالادست حوزه آبخیز توسعه باغات و تولیدات محصولات کشاورزی با مصرف آب ادامه دارد. در این سناریو به اقتصاد آب یا آب مجازی و نقش آن در توسعه مناطق بی‌توجهی کامل شده است. این سناریو تکرار شرایط فعلی خواهد بود و ارائه راهکارها و دستورالعمل‌ها که منطبق با شرایط اقلیمی زاینده‌رود لحاظ نشده لذا ضروری است تا مسئولین و کارشناسان، کشاورزان و بهره‌برداران و تولیدکنندگان بخش کشاورزی و صنعتی نسبت به اجرای اصولی کلیه مواردی از جمله مصرف بهینه آب و تغییر الگوی کشت به سمت ممنوعیت‌های محصولات باغی و جلوگیری از محصولات کشاورزی آب‌بر و در نظر گرفتن مالیات برای آب در صنایع سنگین در جهت تشویق به کاهش مصرف

در این سناریو جمعیت کاهش یافته (در چارچوب سیاست‌های آمایش سرزمین به نقاط دیگر کشور نظیر سواحل مکران مهاجرت کرده‌اند) و توزیع جمعیت به بهترین نحو ممکن انجام شده است به گونه‌ای که هر شهر یا روستا متناسب با ظرفیت زیستی جمعیت دارد. در این سناریو سطح بالایی از شرایط مطلوب مورد انتظار از انجام مأموریت‌های تعریف شده در راستای تحقق اهداف بنیادین حاصل خواهد شد، به طریقی که از میان عوامل کلیدی بیان شده در وضعیت آتی منابع آب منطقه، برخی از عوامل در شرایط مطلوب و برخی از عوامل در وضعیت نسبتاً مطلوب قرار دارند. این شرایط به سبب وقوع بارش‌های متناسب و در حد میانگین بلندمدت در منطقه و به عبارتی در نتیجه سازگاری اثر تغییرات اقلیمی حاصل شده است که بالطبع به غیر از اثرات عوامل خارجی و طبیعی، تحت تأثیر عوامل انسانی و کمرنگ شدن تقابل انسان با محیط‌زیست به وقوع پیوسته است. وقوع خشکسالی‌ها، دسترسی به منابع باکیفیت آب را در آینده تهدید نمی‌کند. همچنین، کشاورزان و باغداران الگوی گشت هم‌راستا با اقلیم و مصرف آب کمتر انجام می‌دهند و با پرداخت مالیات دولت به آن‌ها برای تغییر الگوی گشت به پایداری منابع آب کمک شده است. علاوه بر آن مشاغل صنعتی آب بر توان پرداخت یارانه به کشاورزان را به‌صورت مقطعی در دوره‌های خشکسالی را دارا هستند. بنابراین، سرمایه‌گذاری در مدیریت منابع آب جنبه حفاظت از منابع طبیعی دارد و روند افزایش سرمایه‌گذاری به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم دیده می‌شود. همچنین، حس تعلق در سطح منطقه به واسطه سرمایه‌گذاری مردم و بخش خصوصی افزایش پیدا کرده و مردم در مواجهه با محیط‌زیست مسئولانه‌تر برخورد می‌کنند.

۳-۲- سناریوی دوم- سازگاری فعالیت‌ها

در این سناریو با توجه به برنامه‌ریزی و ایجاد محدودیت و ممنوعیت برای برخی از مشاغل و فعالیت‌های صنعتی جمعیت حوزه افزایش اندکی پیدا می‌کند. پساب صنعتی و بازیافت آب مجتمع‌های صنعتی در دستور کار قرار گرفته است و لازم است بخشی از اراضی کشاورزی از این آب تغذیه کنند، اما لازم است استانداردهای زیادی رعایت شود و کنترل کیفیت آب به‌عنوان یک اصل شناسایی شده و میزان کیفیت محصولات کشاورزی کاهش نیابد. همچنین، از بازیافت آب برای مصارف فضای سبز درون شهرها استفاده می‌شود. مهاجرت به حوزه آبخیز متوقف شده است تا از ورود نسل جدید مهاجران جلوگیری شده و بتواند تقاضای منابع آب را مهار کند. همچنین، با افزایش سرمایه‌گذاری‌ها بر بخش‌های علوم فناوری و گردشگری جاذبه‌های سرمایه‌گذاری

آب در صنایع و جامعه منجر شود.

۳-۴- سناریوی چهارم- حفظ منابع آب های زیرزمینی

در این سناریو احیای زیرساخت های طبیعی و گسترش سرمایه گذاری های لازم در بهبود وضعیت زیرساخت های غیرطبیعی آب در زمینه ذخیره سازی بهینه و مناسب مخازن، انجام لای رویی ها و افزایش بازدهی توزیع و انتقال آب، بهره برداری و بازیافت آب و انتقال آب از دریای عمان، در نتیجه گسترش و نهادینه شدن تفکرات هدفمند، هماهنگ و توسعه گرایانه در بین مسئولین و مردم حاصل شده است که نقش ساختارمند سازمان های مردم نهاد نیز در آن متجلی است. در این سناریو برقراری سطح مطلوبیت سایر عوامل نظیر بهره وری یا حجم تولیدات کشاورزی و غیره با میزان کمتری از بارش ها به وقوع می پیوندد. این عوامل قادرند تا با کاهش برداشت از منابع آب به ویژه منابع آب زیرزمینی از ادامه افت سطح ایستابی جلوگیری کرده و با برقراری تعادل نسبی در حجم برداشت ها در نهایت بهبودی نسبی در وضعیت آبخوان ها و کیفیت آب موجود موجب شوند. به منظور کاهش مخاطرات تامین منابع آب می توان بانک منابع آب منطقه را متناسب با شرایط نیاز آبی منطقه در اختیار داشت. همچنین، بخشی از تامین آب صنایع را از انتقال آب از دریا دریافت کرد. از منابع تامین آب می توان به مواردی از جمله استفاده از فاضلاب های شهری، تقویت آبخوان و پایش مستمر آن، استفاده از منابع آب غیر متعارف برای مصارف غیرشرب و توجه به کیفیت آب، استفاده از فناوری بارور ساختن ابرها و برنامه ریزی برای استفاده از روش های آبیاری تحت فشار (قطره ای-بارانی). برای جلوگیری از افزایش خسارت ها و حفظ تولید و پایداری آن، قطعا توجه به هر یک از تدابیر و راهکارها و دستورالعمل های فنی و یافته های پژوهش ها بیان شده در این پژوهش که متناسب با شرایط بحران و اقلیم منطقه است، می تواند تولیدکنندگان بخش کشاورزی را در جهت کاهش خسارات احتمالی و عبور از شرایط موجود کمک نماید. اولویت های تخصیص سهمیه آب به ترتیب به مصارف شرب و بهداشت- صنعت و خدمات، باغداری و کشاورزی خواهد بود. بهره برداری از منابع زیرزمینی در حوزه های آبخیز با رعایت ظرفیت برداشت از آن ها صورت خواهد گرفت و سهم بهره برداری از منابع آب سطحی، به منظور تامین نیازها، افزایش خواهد یافت. از طرفی اصلاح الگوی مصرف و مدیریت آب منطقه با افزایش نقش مشارکت مردم و سازمان های ملی و اجرای برنامه های آگاه سازی عمومی برای حفاظت کمی و کیفی آب و بهره برداری بهینه از آب تدوین و به مرحله عمل گذاشته می شود. اعمال شیوه های مدیریتی در جلوگیری از هدر رفت آب در خطوط انتقال آب و

شبکه های توزیع آب شهری و روستایی در مدیریت آبرسانی شهری و روستایی لحاظ گشته و تجهیز و تکمیل شبکه های اندازه گیری کمی و کیفی منابع و مصارف آب و نیز تکمیل سامانه های اطلاعاتی مورد توجه قرار خواهد گرفت. علاوه بر این، با استفاده از روش های آبخیزداری، جنگل کاری، بارورسازی ابرها و ریزش باران های موضعی، از پیشروی ماسه های روان بیابان ها جلوگیری خواهند شد، که این امر موجب حفظ تالاب ها و دریاچه های کوچک شده و نیز منجر به جلوگیری از تشکیل طوفان های خاک و آلودگی منابع آبی خواهد شد. در این سناریو بر مهار تقاضا تاکید شده است. در نتیجه شیوه مصرف آب باعث افزایش جمعیت با روند و شیب اندک جریان می یابد. اصلاح الگوی مصرف آب در منطقه، به گونه ای که سهم مصارف آب کشاورزی از سهم عمده کنونی، به میزان قابل توجهی کاهش یافته و نیز با به کارگیری روش های نوین آبیاری و افزایش راندمان و نیز تخصیص آب به محصولات با ارزش اقتصادی بیشتر، بازدهی آب در بخش کشاورزی به ازای هر متر مکعب آب در وضع کنونی به چند برابر افزایش خواهد یافت. از طرفی اصلاح الگوی مصرف و مدیریت آب منطقه ای با افزایش نقش مشارکت مردم و سازمان های ملی و اجرای برنامه های آگاه سازی عمومی برای کمی و کیفی آب و بهره برداری بهینه از آب، تدوین و به مرحله عمل گذاشته می شود. اعمال شیوه های مدیریتی در جلوگیری از هدر رفت آب در خطوط انتقال آب و شبکه های توزیع آب شهری و روستایی در مدیریت آب رسانی لحاظ شده و تجهیز و تکمیل شبکه های اندازه گیری کمی و کیفی مصارف آب به سامانه های اطلاعاتی مورد توجه قرار گرفته است. این سناریو کمترین امتیاز را کسب کرده است.

۳-۵- سناریوی پنجم- پایداری اجتماعی

در این سناریو روند سرمایه گذاری خصوصی در منابع آب افزایش یافته است. از سویی دیگر توجه به آب مجازی و پرداختن به ارزش اقتصادی کالاها و محصولات تولیدی سبب شده تا با پرداخت یارانه به باغداران و کشاورزان آن ها را به تغییر الگوی گشت تشویق کنند و از مصرف بیش از حد آب جلوگیری به عمل بیایند. همچنین، عدالت اجتماعی به عنوان یک اصل جدی پیگیری شده تا با پرداخت یارانه به اقشار آسیب پذیر جامعه کمک شایانی شده باشد در نتیجه سطح نزاع بین اقشار جامعه کاهش یافته و از مهاجرت در مقیاس وسیع جلوگیری می شود در این سناریو یارانه و کمک های مالی باید از منابع مالی درون منطقه تامین شود تا منابع مالی در سطح کشور درگیر این مسائل نشود. لازم است برنامه ریزی های اقتصادی در منطقه بستر سرمایه گذاری را فراهم کنند و از خروج سرمایه جلوگیری کنند تا نابرابری اقتصادی

کاهش یابد. در نهایت پایداری اجتماعی به مصرف بهینه آب منجر نمی‌گردد. به واسطه سیاست‌های توزیعی نقش و میزان اهمیت بارش‌های باران کم‌تر شده و بر کیفیت آب تاکید زیادی شده است؛ بنابراین، مدیریت پسماند و تکنولوژی‌های پایش آب در هر مرحله به‌صورت جدی مورد توجه قرار می‌گیرد. اما پرداخت مستمر یارانه به کشاورزان امکان توسعه پروژه‌های انتقال آب یا بازیافت مؤثر آب را کاهش می‌دهد. برای تحقق این سناریو لازم است اقتصاد منطقه‌ای توسعه چشمگیری داشته باشند تا از اختلافات محلی کاسته شود و نقش منابع آب در اقتصاد منطقه‌ای کاهش یابد نیز مهاجرت توده‌ای جمعیت به‌عنوان یک تهدید برای پایداری اجتماعی و منابع آب قلمداد خواهد شد. در نهایت نقش رسانه‌های محلی و نمایندگان آنان در هر سطح در جهت مطالبه‌گری حقایق خوبی تنظیم و رعایت شده است تا با نظارت اجتماعی و قانونی از حقوق و وظایف جامعه حافظت شود.

۴- نتیجه‌گیری

با گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت در کلان‌شهرها به مرور تقابل توسعه با محیط‌زیست آشکار می‌شود. در این بین توان اکولوژیک هر منطقه محدود است. در محدوده فلات مرکزی ایران میزان اسکان جمعیت در هیچ مقطع زمانی به اندازه امروز نبوده است. بنابراین شهرنشینی در فلات مرکزی ایران مشکلات عدیده‌ای را برای منابع طبیعی ایجاد کرده است. از سویی دیگر توزیع جمعیت در محدوده با منابع طبیعی از جمله منابع آب سخت ندارد چرا که بارش باران در محدوده غربی حوزه آبخیز اتفاق می‌افتد اما اکثریت جمعیت در سایر بخش‌ها سکونت دارند. تعارض منافع بین شهروندان و روستاییان در استفاده از منابع آب و الگوی مصرف مشاهده می‌شود. در جهت تأمین همه ذی‌نفعان و حفظ منابع آب باید از باغداری و کشت‌های با مصرف بالا با کشت‌های با مصرف آب کم جایگزین شود. برای این منظور دولت سیاست‌های تشویقی مالی برای کشاورزان فراهم کند تا بدون مخاطرات اجتماعی این فرآیند طی شود. این پژوهش به شاخص‌های تاب‌آوری منابع آب در سطح حوزه آبخیز زاینده‌رود پرداخته شده است تا به واسطه رتبه‌بندی شاخص‌ها و میزان تاثیر گذاری و تاثیر پذیری مستقیم و غیر مستقیم شاخص‌ها بررسی گردد. با بررسی اسناد فرادست ملی و بین‌المللی شاخص‌های تاب‌آوری منابع آب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص نرخ رشد جمعیت با ۹۱ درصد تاثیرگذاری بیش‌ترین تاثیر را بین شاخص‌ها و شاخص تاثیرگذاری سرعت آب با ۷۰ درصد تاثیرگذاری کم‌ترین تاثیر را در تاب‌آوری منابع آب داشته‌اند. هم‌چنین، در این پژوهش سیاز شاخص‌های محلی نظیر آگاهی نسبت به شیوه‌های خشکسالی یا کیفیت

عملکرد اداره آب و فاضلاب در آینده مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر نرخ رشد و ترکیب جمعیت بر منابع آب در محدوده تاثیرگذارترین شاخص در ارتقا تاب‌آوری منابع آب قلمداد شد. نیز ۳۲ شاخص دیگر رتبه‌بندی شده‌اند که از این شاخص‌ها پنج شاخص کلیدی استخراج گردید و سناریو نگاری با پنج عدم قطعیت و پنج سناریو به سرانجام رسید. سناریوی اول و دوم و سوم و پنجم هر کدام ۱۶ امتیاز کسب کرده‌اند که تحقق‌پذیری هر کدام از این سناریوها مساوی است. اما سناریوی چهارم ۱۳ امتیاز کسب کرده است که نشان‌دهنده امکان انجام و پیاده‌سازی سناریوی چهارم با موانع جدی‌تری روبرو خواهد بود. هم‌چنین، مطالعات نشان می‌دهد که پرداختن به وجوه مختلف منابع آب از جمله رفتارهای اجتماعی و اقتصادی در مواجهه با خشکسالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در آینده‌پژوهی با هماهنگ کردن نیاز اقشار جامعه با یک‌دیگر در مقابله با بحران آب، منجر به مدیریت تقاضا لازم است. هم‌چنین، برنامه‌ریزی برای مدیریت یکپارچه از بالادست حوزه آبخیز تا پایین‌دست حوزه آبخیز تالاب گاوخونی انجام گیرد تا شیوه فعالیت‌ها در هر منطقه متناسب با کل حوزه آبخیز باشد. به عبارت دیگر مدیریت هماهنگ و مبتنی بر ضوابط یک اصل کلیدی برای رضایت همه ساکنان و ذی‌نفع‌های یک پهنه سرزمینی است. هم‌چنین، لزوم اهمیت شیوه توسعه مناطق مختلف را بیش از پیش آشکار ساخته است نیز نتایج این پژوهش با پژوهش‌های پیشین تطابق دارد به‌طور مثال شاخص تاثیر نرخ رشد جمعیت بر تاب‌آوری منابع آب که بیش‌ترین تاثیر گذاری را در آینده‌پژوهی داشته است با مطالعات (Kifle Arsiso et al., 2017; Liyanage et al., 2017) در هماهنگی بوده است این مطالعات به محاسبه ظرفیت‌زیستی یک پهنه سرزمینی برای جمعیت مطلوب آن و سناریو نگاری براساس نرخ رشد جمعیت متفاوت سنجیده شده است. شاخص میزان مشارکت بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری مدیریت آب نیز یکی از شاخص‌های تاثیرگذار در آینده‌پژوهی حوزه آبخیز بوده است که مطالعات زیادی در زمینه حجم و انواع سرمایه‌گذاری در مدیریت آب و اهمیت آن انجام شده است، به‌طور مثال (Tecco, 2008) بر ضروری بودن سرمایه‌گذاری بخش خصوصی تاکید دارد یا (Lima et al, 2021) بر شناسایی عوامل کلیدی سرمایه‌گذاری خصوصی مطالعات داشته‌اند. شاخص آموزش‌های مربوط به تغییر الگوی کشت یکی از شاخص‌های تاثیرگذار این پژوهش بوده است که با مطالعات (Benabderrazik et al., 2022) درباره تغییر الگوی کشت قبل از بروز خشکسالی اتفاق نظر داشته است. شاخص مناسب بودن کیفیت خدمات سازمان آب و فاضلاب یکی از شاخص‌های تاثیرگذار در کاهش مخاطرات و کاهش مداخله در محیط‌زیست است که با مطالعه (Danelon et al. (2021)

مبنی بر تأثیر عمیق فاضلاب و استفاده مجدد آب در بهداشت جامعه و کاهش هزینه‌ها تأکید دارد، با معیارهای این پژوهش ارتباط دارد. شاخص میزان نزولات جوی و بارش باران نقش مهمی در پایداری منابع آب داشته و منجر به توسعه اقتصادی کوتاه مدت شده است که با (Amarasinghe et al. (2016 مطابق دارد. نکته جالب توجهی که در این پژوهش مشاهده شد این بود که درک درستی از زیست‌پایدار و زندگی با محدودیت‌های آبی کمتر، وجود ندارد و مردم در هر زمینه‌ای مصرف‌گرایی را بخشی از حق فردی و اجتماعی تلقی می‌کنند. در حوزه صنعت کنشگران بر این باور هستند که با توجه به آب مجازی و ارزش اقتصادی کالاهای تولید شده نسبت به ارزش آب، خدمت شایانی به جامعه می‌دهند. و نیز در بخش مصارف شهری و خانگی بر این باور هستند که سهم ناچیزی از آب را مصرف می‌کنند. کشاورزان نیز بر این باور هستند که حق‌آبه‌داران تاریخی محسوب می‌شوند و از امنیت غذایی حفاظت می‌کنند. نحوه امتیازدهی به شاخص‌ها نشان از اهمیت گسست اجتماعی در امور جمعی دارد و نیاز است سیاست‌گذاری‌های مستقلی همراه با در نظر گرفتن منافع اقشار جامعه و ذی‌نفعان صورت گیرد. همچنین، لازم است سرریز جمعیتی حوزه آبخیز زاینده‌رود به سایر حوزه‌ها مهاجرت نمایند و از مهاجرت به این پهنه سرزمینی تا حد امکان جلوگیری شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد متنوع‌سازی مشاغل و افزایش مشاغل خدماتی و تکیه بر مشاغل گردشگری وابستگی به منابع طبیعی از جمله منابع آب را کاهش می‌دهد و به ارتقاء تاب‌آوری آب‌های سطحی و زیرزمینی کمک شایانی می‌نماید. همچنین، الگوی کشت باید در سازگاری کامل با اقلیم باشد. توزیع بارش ناهمگن در داخل حوزه آبخیز اهمیت تعامل گروه‌های مردمی با یکدیگر را دو چندان کرده است. همچنین، لازم است برای حل مشکل حوزه آبخیز از ساکنان نظرخواهی کرد و برای ارزش‌گذاری آب در مصارف مختلف قیمت‌گذاری متفاوت انجام داد. توسعه مشاغل صنعتی و خدماتی باید با رویکرد کاهش مشاغل وابسته به منابع آب صورت گیرد تا منجر به کاهش مصرف آب شود. در نهایت می‌توان گفت ارزیابی چشم‌انداز آینده تابع رویکرد آینده‌نگر است و نه رخداد محور، تا بتوان از بحران‌های فعلی و تشدید بحران‌های فعلی در آینده جلوگیری کرد. روش پژوهش حاضر از جنبه آینده‌پژوهی و سناریونگاری در موضوع منابع آب اهمیت زیادی دارد. چرا که اغلب به بررسی عوامل اجتماعی و نقش آن در صنعت آب توجه کم‌تری شده است. همچنین، یکی از محدودیت‌های پژوهش در موضوع برنامه‌ریزی منابع آب، نبود جدول آماری داده ستانده به تفکیک استان یا حوزه آبخیز است. در صورتی که جدول داده ستانده به تفکیک استان یا حوزه آبخیز تهیه شود می‌توان بر برنامه‌ریزی مؤثر منابع آب در

جهت تغییر فعالیت‌های اقتصادی برنامه‌ریزی مؤثری انجام داد و ارزش اقتصادی آب را در پهنه‌های مختلف کشور مورد ارزیابی و برای بارگذاری صنایع و الگوی کشاورزی و اسکان جمعیت برنامه‌ریزی دقیقی انجام داد. پیشنهادها برای پژوهش‌های آینده در این حوزه عبارتند از: ۱- تعیین الگوی آب مجازی و ارزش اقتصادی آب بر اساس مناطق کشور ۲- برآورد دقیق سرمایه-گذاری در مشاغل و فعالیت‌های اقتصادی در جهت کاهش مصرف منابع آب‌های زیرزمینی.

سپاسگزاری

بدین وسیله از اساتید دانشگاه اصفهان و اساتید دانشگاه صنعتی اصفهان جهت مشارکت در پرسشنامه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

مهدی براقی فرد: نگارش نسخه اولیه مقاله، مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري؛ **محمد صالح شکوهی بیدهندي:** ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج.

منابع

- حیدری، امیر هوشنگ (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی و روش دلفی. *ترویج علم*. ۷(۱)، ۹۳-۷۵.
doi: 20.1001.1.22519033.1395.7.1.5.6
رحمانی‌فضلی، عبدالرضا، و صالحیان، سعید (۱۳۹۶). اثرات تغییرات بارشی و دمایی بر وقوع ناپایداری منابع آب در حوضه آبریز زاینده‌رود. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۸(۲۹)، ۶۸-۵۲.
رنجبر، مهدی، بابایی سمیرمی، فرزاد، جوزی، علی، دانه کار، افشین، و ارجمندی، رضا (۱۴۰۰). به‌کارگیری روش دلفی به‌منظور غربالگری عوامل مؤثر در تاب‌آوری منابع آب در حوزه‌های آبخیز. *فضای جغرافیایی*، ۲۱(۷۶)، ۱۹۵-۱۸۱.
doi: 10.52547/GeoSpa.21.4.181
زارعیان، محمد جواد، اسلامیان، سعید، و صفوی، حمید رضا (۱۳۹۵). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میزان پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه آبریز زاینده‌رود. *علوم آب و*

موسوی، کاظم، تابش، محمدرضا، لاهیجانیان، اکرم الملوک، جوزی، علی، و میرفخرالدینی، حیدر (۱۴۰۰). تدوین و انتخاب استراتژی در راستای بهبود تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان. *فضای جغرافیایی*، ۲۱ (۷۳)، ۱۴۰-۱۳۳.

نصیری‌زارع، سعید، و طهماسبی، اصغر (۱۴۰۱). تحلیلی بر پیشران‌های کلیدی حکمروایی منابع آب کشاورزی (مورد مطالعه: شهرستان طارم). *آب و توسعه پایدار*، ۹ (۱)، ۵۲-۳۹. doi: 10.22067/jwsd.v9i1.2111.1102

یاوری، احمدرضا، ملک‌محمدی، بهرام، آل محمد، سیده، و یزدان پناه، مهسا (۱۳۹۵). تحلیلی بر تاب‌آوری منابع آب در فرایند حکمرانی سرزمین فلات ایران. *راهبرد*، ۲۵ (۴)، ۱۴۵-۱۷۶.

References

- Amarasinghe, P., Liu, A., Egodawatta, P., Barnes, P., McGree, J., & Goonetilleke, A. (2016). Quantitative assessment of resilience of a water supply system under rainfall reduction due to climate change. *Journal of Hydrology*, 540, 1043–1052. doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.07.021
- Asefa, T., Clayton, J., Adams, A., & Anderson, D. (2014). Performance evaluation of a water resources system under varying climatic conditions: Reliability, Resilience, Vulnerability and beyond. *Journal of Hydrology*, 508, 53-65. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.10.043.
- Bastaminia, A., Rezaei, M. R., & Dastoorpoor, M. (2017). Identification and evaluation of the components and factors affecting social and economic resilience in city of Rudbar, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22, 269–280. doi: 10.1016/j.ijdrr.2017.01.020.
- Benabderrazik, K., Kopainsky, B., Monastymaya, E., Thompson, W., Tazi, L., Joerin, J., & Six, J. (2022). Climate resilience and the human-water dynamics: The case of tomato production in Morocco. *Science of the Total Environment*, 849, 157597. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157597
- Biasutti, M., & Frate, S. (2017). A validity and reliability study of the Attitudes toward Sustainable Development scale. *Environmental Education Research*, 23(2), 214–230. doi: 10.1080/13504622.2016.1146660
- Böhmelt, T., Bernauer, T., Buhaug, H., Gleditsch, N., TribalDOS, T., & Wischnath, G. (2020). Demand, supply, and restraint: determinants of domestic water conflict and cooperation. *Global Environmental Change*, 29, 337–348. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2013.11.018.
- Danelon, A.F., Augusto, F.G., & Spolador, H. F. S. (2021). Water resource quality effects on water treatment costs: An analysis for the Brazilian case. *Ecological Economics*, 188, 107134. doi: 10.1016/j.ecolecon.2021.107134.
- Doorn, N. (2017). Resilience indicators: Opportunities for including distributive justice concerns in disaster management. *Journal of Risk Research*, 20(6), 711–731. doi: 10.1080/13669877.2015.1100662.
- Fernani, A., & Cooper, B. (2023). Metamodern futures: Prescriptions for metamodern foresight. *Futures*, 149, 103135. doi: 10.1016/j.futures.2023.103135.
- Ghafoori, S., Bani Habib, M. I., Javadi, S. (2018). Challenges and corrective solutions of groundwater governance in Yazd-Ardakan plain using DPSIR model. *Ecohydrology*, 6(4), 1029-1043. doi: 10.22059/ije.2019.284186.1147 [In Persian]
- Godet, M., Durance, P., & Gerber, A. (2008) Strategic Foresight Use and Misuse of Scenario Building. Lipsor Working Paper, France, Paris. PageS65
- Golkarmi, A., Kaviani Rad, M. (2016). The impact of water resources limitation on hydrolytic stresses (case example: Central Iran watershed with emphasis on Zayandeh River watershed. *Geography and Environmental Planning*, 28(1), 113-134. doi: 10.22108/gep.2017.97903.0 [In Persian]
- Golladay, S.W., Craig, L.S., DePalma-Dow, A.D., Emanuel, B.A., & Rogers, S.G. (2020). Building resilience into water management through public engagement. *Freshwater Science*, 40(1). doi: 10.1086/712514
- Gordon, A. (2009) Future Savvy: Identifying Trends to Make Better Decisions, Manage Uncertainty, and Profit from Change. American Management Association Press, New York. Pages155.
- Hall, J.W., Borgomeo, E., Bruce, A., Di Mauro, M., & Naeini, M.M. (2019). Resilience of Water Resource Systems: Lessons from England. *Water Security*, 8, 100052. doi: 10.1016/j.wasec.2019.100052.
- He, C., Harden, C. P., & Liu, Y. (2020). Comparison of water resources management between China and the United States. *Geography and Sustainability*, 1, 98–108. doi: 10.1016/j.geosus.2020.04.002.

- Heydari, A. (2016). Future research and Delphi method. *Promotion of science*, 7(1), 75-93. doi: 20.1001.1.22519033.1395.7.1.5.6 [In Persian]
- Houck, M. M., & Speaker, P. (2020). Project FORESIGHT: A ten-year retrospective. *Forensic Science International: Synergy*, 2, 275-281. doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.08.005
- Kifle Ariso, B., Mengistu Tsidu, G., Stoffberg, G. H., & Tadesse, T. (2017). Climate change and population growth impacts on surface water supply and demand of Addis Ababa, Ethiopia. *Climate Risk Management*, 18, 21-33. doi: 10.1016/j.crm.2017.08.004
- Koren, D., & Rus, K. (2019). The Potential of Open Space for Enhancing Urban Seismic Resilience: A Literature Review. *Sustainability*, 11(21), 5942. doi: 10.3390/su11215942.
- Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), 467-482. doi: 10.1016/j.techfore.2005.09.002.
- Lima, S., Brochado, A., & Marques, R. C. (2021). Public-private partnerships in the water sector: A review. *Utilities Policy*, 69, 101182. doi: 10.1016/j.jup.2021.101182.
- Liu, P., Lü, S., Han, Y., Wang, F., & Tang, L. (2022). Comprehensive evaluation on water resources carrying capacity based on water-economy-ecology concept framework and EFAST-cloud model: A case study of Henan Province, China. *Ecological Indicators*, 143, 109392. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109392.
- Liyanage, C. P., & Yamada, K. (2017). Impact of Population Growth on the Water Quality of Natural Water Bodies. *Sustainability*, 9, 1405. doi: 10.3390/su9081405
- Macdonald, C., Turffs, D., McEntee, K., Elliot, J., & Wester, J. (2023). The relationship between tourism and the environment in Florida, USA: A media content analysis. *Annals of Tourism Research Empirical Insights*, 4, 100092. doi: 10.1016/j.annale.2023.100092.
- Mitchell, T., & Harris, K. (2012). Resilience: a risk management approach, Overseas Development Institute. www.odi.org.uk.
- Mousavi, K., Tabesh, M.R., Lahijanian, A., Jozi, A., & Mirfakhredini, H. (2021). Development and selection of strategy in order to improve the resilience of water resources in the Yazd-Ardakan plain. *Geospace*, 21(73), 123-140. [In Persian]
- Nasiri Zare, S., & Tahmasabi, A. (2022). An analysis of the key drivers of agricultural water resource governance (case study: Tarem city). *Water and Sustainable Development Journal*. 9th year, number 1, pages 39-52. doi: 10.22067/jwsd.v9i1.2111.1102. [In Persian]
- Nouri, A., Saghaian, B., Bazargan-Lari, M.R., & Delavar, M. (2022). Local water market development based on multi-agent based simulation approach. *Groundwater for Sustainable Development*, 19, 100826. doi: 10.1016/j.gsd.2022.100826.
- Powell, C. (2003). The Delphi Technique: Myths and Realities. *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376-382. doi: 10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x
- Rahmani Fazli, A., Salehian, S. (2022). The effects of precipitation and temperature changes on the occurrence of instability of water sources in the Zayandeh River catchment. *Geographical studies of arid regions*, 8th period, 29th issue, autumn. [In Persian]
- Rai, S. P., Young, W., & Sharma, N. (2017). Risk and opportunity assessment for water cooperation in transboundary river basins in South Asia. *Water Resources Management*, 31(1), 1-19. doi: 10.1007/s11269-017-1637-2.
- Ranjbar, M., Babaei Samirmi Farzam, Jozi, A., Daneh Kar, Af., Arjamandi, R. (2021). Applying the Delphi method to screen the effective factors in the resilience of water resources in watersheds. *Geospatial Journal*, Volume 21, Number 76, Pages 181-195. doi: 10.52547/GeoSpa.21.4.181 [In Persian]
- Schwarz, J. O., Wach, B., & Rohrbeck, R. (2023). How to anchor design thinking in the future: Empirical evidence on the usage of strategic foresight in design thinking projects. *Futures*, 149. doi: 10.1016/j.futures.2023.103137.
- Shlomi, D., & Ariel, D. (2003). Recent Developments in the Literature on Conflict Negotiation and Cooperation on Action over Shared International Fresh Waters. *Natural Resources Journal*, 43(4), 1-72.
- Tecco, N. (2008). Financially sustainable investments in developing countries water sectors: what conditions could promote private sector involvement? *Int Environ Agreements*, 8, 129-142. doi: 10.1007/s10784-008-9066-6
- Tiberius, V. (2019). Scenarios in the strategy process: a framework of affordances and constraints. *European Journal of Futures Research*, 7, 7. doi: 10.1186/s40309-019-0160-5
- Wang, X., Chen, Y., Li, Z., Fang, G., & Wang, Y. (2020). Development and utilization of water resources and assessment of water security in Central Asia. *Agricultural Water Management*, 240. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106297.
- Wang, X., Fang, G., & Liu, Y. (2022). The growing water crisis in Central Asia and the driving forces behind it. *Journal of Cleaner Production*, 378. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134574.
- Xu, W., Zhong, Z., Proverbs, D., Xiong, S., & Zhang, Y. (2021). Enhancing the Resilience of the Management of Water Resources in the Agricultural Supply Chain. *Water*, 13, 1619. doi: 10.3390/w13121619.
- Yavari, A., Malik Mohammadi, B., Al Mohammad S., & Yazdan Panah, M. (2016). An analysis on the resilience of water resources in the governance

process of the Iranian plateau. *Strategic Scientific Quarterly*, 25(4): 145-176. [In Persian]
Zareian, M.J., Islamian, S., & Safavi, H. (2015). Investigating the effects of climate change on the sustainability of water consumption in the

agricultural sector of the Zayandeh Rood watershed. *Journal of Water and Soil Sciences, Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources* (20th year, 75th issue, spring). doi: 10.18869/acadpub.jstnar.20.75.113 [In Persian].