

Research Paper

The Impact of Water Crisis in Ghezel Ozan Basin on the Future Water Security of Guilan Province

Morād Kāviāni Rād*¹, Zakeyeh Āftābi², Mohammad Ali Moazāf Rostami³

1. Associate Professor, Political Geography, Department of Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. Ph. D, Political Geography, Department of Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Ph. D Student in Political Geography, Department of Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran.

 DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27899.1311

Received: 2024/07/08

Accepted: 2025/08/22

Abstract

The sustainability of life, habitats, and the persistence of living organisms in their broader concept on Earth's land is entirely depend on the limited freshwater resources. Meanwhile, due to the intertwining and synergy of a series of local and global issues, access to water resources has decreased. Therefore, the continuation of this situation has seriously challenged the security, development, welfare, and function of geographical ecosystems. Iran's dry geographical location, along with increased consumption of limited water resources, has plunged the country into the water crisis. However, the impact of this situation has shown differently in various regions. This article examines the reflection of the Ghezel Ozan basin water crisis on the water security of Guilan province. A province whose water security and economy largely depend on this river. The required research data was collected through library and field methods and analyzed using Micmac and Scenario Wizard software, and the research methodology is descriptive-analytical. In this context, variables such as uncontrolled dam construction upstream, digging unauthorized wells around the river, not using modified seeds with lower water needs, changes in precipitation patterns and climate changes, non-observance of environmental water rights, and threats arising from improper use of pesticides and fertilizers were selected as key variables. In line with the key variables and possible probable states, the output of Scenario Wizard software in the form of strong and probable scenarios showed that out of 21 situations governing the scenario page, situations that express scenarios facing the Ghezel Ozan water crisis on Guilan province's water security as approaching a critical threshold. Anticipating future developments related to this situation, from a foresight perspective, requires addressing government management and economic policies, as well as the approaches of national and local stakeholders in optimizing water resource management and mitigating the effects of key contributing factors.

Keywords: Water Crisis, Water Security, Ghezel Ozan Basin, Guilan Province.

Highlight

- Natural and human factors (water resources management) are two important factors in creating tension and water crisis in Guilan province.
- Sefidroud Dam has a very influential and important role in the sustainable development of Guilan province.
- The natural environment and diverse plant and animal habitats of Guilan province are under threat from the water crisis.

Extended Abstract

Introduction

Iran is among the countries situated along the Earth's arid belt, which has been involved in a water crisis and a threat to water security and, as a result, a threat to food security, due to the increase in population, the expansion of water-intensive agriculture, and the inefficiency of managing its limited water resources. Most of the continuous rivers of Iran are located in the Alborz and Zāgros watersheds. Due to the expansion of water needs for agricultural irrigation and provision of drinking water for urban and rural settlements, dams and barriers have been built on most of these rivers, which play a central role in ensuring water security in the downstream areas. However, over this period, due to the aforementioned factors, many dams have frequently been left empty and have been unable to fulfill their intended functions. Hence the Sefidrud Dam, constructed at the head of the

* Corresponding Author: kaviani@khu.ac.ir

Sefidrud River on the Ghezel Ozan River near Manjil, was built to regulate the flow of both rivers to provide irrigation water for the Guilan plain and to generate electricity. Before reaching this region, the Sefidrud flows in the form of the Ghezel Ozan River through several upstream provinces, which are predominantly agriculturally based. In recent years, due to successive declines in rainfall, droughts, and the increasing extraction of water in upstream provinces, the dam has faced a sharp reduction in water reserves. This situation has created significant challenges and uncertainties regarding the water security of Guilan Province, particularly in the future. This article aimed to examine and analyze the impact of the Ghezel Ozan Basin water crisis on the water security of Guilan Province. At its core, it sought to answer the question: What would be the implications of the Ghezel Ozan watershed water crisis for the future of Guilan Province?

Methodology

This applied research was conducted to develop the most probable future scenarios regarding the impact of the Ghezel Ozan Basin water crisis on the water security of Guilan Province. To this end, the required data were collected through both library and field research methods, and analyzed using the MicMac and Scenario Wizard software. First, the most influential factors affecting the research problem were identified through library sources. These were then compiled into a key cross-impact questionnaire and distributed among the research sample. Experts assessed the degree of interrelation between variables and their relevance to the issue. Leading to the selection of six variables as the key drivers. A total of 24 possible states were considered for these six key variables. Based on these variables and their respective states, a cross-impact matrix was designed and distributed to the research participants. The completed questionnaires were entered into Scenario Wizard software using the "Ensemble" command. The weighting of the questionnaires was conducted through pairwise comparisons, with the strength of relationships between variables rated on a scale from -3 to +3. Ultimately, the scenario map illustrating the potential impacts of the Ghezel Ozan Basin water crisis on Guilan Province's water security was identified, and scenarios with strong internal consistency were developed.

Results and discussion

The six key variables identified were: unregulated dam construction upstream, illegal well-drilling along the river, failure to use improved seeds with lower water requirements, shifts in precipitation patterns and climate change, violation of environmental water rights, and threats arising from the improper use of pesticides and fertilizers. The resulting scenario revealed that the impact of the Ghezel Ozan water crisis on Guilan Province is approaching a critical threshold.

Conclusion

The "on the verge of crisis" scenario accounted for the highest proportion of possible outcomes, representing 38.095% of all projected scenarios. Therefore, the impact of the water crisis on the future water security of Guilan Province has manifested as approaching a critical state. Consequently, the water crisis in the Ghezel Ozan basin is considered a serious challenge for the water security of Guilan province, which requires immediate attention and action from local and national level agents. Inter-provincial cooperation and formulation of comprehensive strategies can help reduce the negative consequences of this crisis and ensure the water security of the province.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

Citation:

Kāviāni Rād, M., Āftābi, Z., & Moazāf Rostami, M. A. (2025). The Impact of Water Crisis in Ghezel Ozan Basin on the Future Water Security of Guilan Province, *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 6(3), pp. 43-60. DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27899.1311

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



بازتاب بحران آب در حوضه آبریز قزل اوزن بر آینده استان گیلان

مرادکاویانی راد*^۱، زکیه آفتابی^۲، محمدعلی موظف رستمی^۳

۱. دانشیار گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲. دانش آموخته دکتری جغرافیای سیاسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

doi DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27899.1311

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۳۱

چکیده

پایداری زیست و زیستگاه و ماندگاری زیستمدان در مفهوم کلان خود در خشکی‌ها کاملاً وابسته به منابع محدود آب شیرین است. این در حالی است که برخاسته از درهم‌تنیدگی و هم‌افزایی یک رشته مسائل محلی و جهانی، دسترسی به منابع آب کاهش یافته است. از این‌رو، تداوم این وضعیت؛ امنیت، توسعه، رفاه و کارکرد اکوسیستم‌های جغرافیایی را درگیر چالش‌های جدی کرده است. موقعیت خشک جغرافیایی ایران به همراه افزایش مصرف منابع محدود آب، کشور را درگیر بحران آب کرده است. این در حالی است که بازتاب این وضعیت در مناطق مختلف، متفاوت است. مقاله حاضر بازتاب بحران آب حوضه قزل اوزن بر امنیت آب فراروی استان گیلان را بررسی می‌کند. استانی که بخش عمده امنیت آب و اقتصاد آن به این رود وابسته است. داده‌های مورد نیاز پژوهش با روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و با بهره‌گیری از نرم افزارهای Micmac و Scenario Wizard بررسی و مطالعه شده است. پژوهش آمیخته (کیفی- کمی) پیش‌رو، از نظر هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت، توصیفی-تحلیلی است. جامعه آماری پژوهش شامل متخصصان دانشگاهی و اجرایی درگیر با مساله پژوهش است که با روش گلوله برفی ۴۰ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. در این میان، متغیرهای ساخت بی‌رویه سد در بالادست رود، کندن چاه‌های غیر مجاز در پیرامون رودخانه، استفاده نکردن از بذره‌های اصلاح شده با نیاز آبی کمتر، تغییر الگوی بارش و تغییرات اقلیمی، رعایت نشدن حقایق زیست محیطی و تهدیدات برخاسته از به‌کارگیری غیر اصولی سم و کود به‌عنوان متغیرهای کلیدی انتخاب شدند. در راستای متغیرهای کلیدی و حالت‌های احتمالی ممکن، خروجی نرم افزار Scenario Wizard در قالب سناریوهای قوی و محتمل، نشان دادند که از ۲۱ وضعیت حاکم بر صفحه سناریو، وضعیت‌هایی که سناریوهای فراروی بحران آب قزل اوزن را بر امنیت آب استان گیلان در آستانه بحران بیان می‌کنند، بیشترین وضعیت‌های احتمالی ممکن را در بر می‌گیرند و ۳۸/۰۹۵ درصد از وضعیت‌های حاکم بر صفحه سناریو را به خود اختصاص دادند. بنابراین، تأثیر بحران آب بر امنیت آب فراروی استان در آستانه بحران نمود یافت. پیش‌بینی آینده تحولات پیونددار با این وضعیت از دید آینده‌پژوهی نیازمند پرداختن به سیاست‌های مدیریتی و اقتصادی دولت و رویکرد کارگزاران ملی- محلی در مدیریت بهینه منابع آب و کنترل بازتاب عوامل کلیدی است.

واژگان کلیدی: بحران آب، امنیت آب، حوضه قزل اوزن، استان گیلان.

نکات برجسته:

- عوامل طبیعی و انسانی (مدیریت منابع آبی) دو عامل مهم در ایجاد تنش و بحران آبی در استان گیلان به شمار می‌روند.
- سد سفیدرود نقش بسیار تأثیرگذار و مهمی در توسعه پایدار استان گیلان دارد.
- محیط زیست طبیعی و زیستگاه‌های متنوع گیاهی و جانوری استان گیلان در معرض تهدید ناشی از بحران آبی است.

۱. مقدمه

کاهش دسترسی به منابع آب شیرین در پی افزایش جمعیت جهان، واقعیتی غیرقابل انکار است (Moorthy and Bibi, 2023:2). با افزایش جمعیت، تقاضای انسان (Udmale et al, 2016:1) و فشار بر منابع آب (Khan, 2021:1) رو به گسترش است. شهرنشینی شتابان (Nguyen, 2023:2)، سوء مدیریت منابع آب (Mehdipour et al, 2022:3)، تغییر اقلیم (Asif et al, 2023:2) و خشکسالی‌های پیاپی (Liu et al, 2021:2) از دیگر عوامل تأثیرگذار بر محدودیت منابع آب هستند. وضعیتی که در کشورهای روی نوار بیابانی زمین بازتاب و نمود بیشتری یافته است (EL-Nashar and Elyamany, 2023: 916). به گونه‌ای که امنیت آب این کشورها به شدت رو به تهدید نهاده است. در این میان، به واسطه کاهش بارش، افزایش دما و برداشت فزاینده از منابع سطحی، بسیاری از رودهای دائمی یا دیگر سرشاخه‌های این رودها به مقصد پیشین نمی‌رسند یا فصلی شده‌اند. از این رو، بسیاری از جوامع پایین دست رود، درگیر بحران کم‌آبی شده‌اند. وضعیتی که کارشناسان بر این باور هستند در آینده ژرفا و گستره بیشتری خواهد یافت.

ایران از آن دست کشورهای روی نوار بیابانی زمین است که ۸۵ درصد آن دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است (Saemian et al, 202:2). طی چند دهه گذشته به دلیل افزایش جمعیت، گسترش کشاورزی آب بر و ناکارآمدی مدیریت منابع محدود آب، درگیر بحران آب، تهدید امنیت آب و به طور کلی ورشکستگی آب شده است (Madani, 2014:316). عمده رودهای دائمی ایران در حوضه‌های آبریز البرز و زاگرس قرار دارند. بنا به گسترش نیازهای آبی برای آبیاری کشاورزی و فراهم‌سازی آب آشامیدنی سکونتگاه‌هایی شهری و روستایی روی بیشتر این رودها سد و بند بنا شده است که در تأمین امنیت آب مناطق پایین دست نقش محوری دارند. این در حالی است که طی این بازه زمانی، برخاسته از عواملی که برشمرده شد در بسیاری از مواقع ظرفیت بسیاری از سدها تهی مانده و از تأمین کارویژه خود ناتوان شده‌اند. در این میان، سد سفیدرود که در ابتدای رودخانه سفیدرود و روی رود قزل‌اوزن در نزدیکی منجیل قرار دارد، برای تنظیم آب این دو رودخانه و فراهم‌سازی آب مورد نیاز کشاورزی در جلگه گیلان و تولید برق، بنا شده است. سفید رود پیش از رسیدن به این منطقه در قالب رود قزل‌اوزن از محدوده چند استان بالادست می‌گذرد. استان‌هایی که عمدتاً اقتصادی کشاورزی پایه دارند. طی چند سال گذشته برخاسته از کاهش پیاپی بارش و بروز خشکسالی و برداشت فزاینده آب در استان‌های بالادست، سفید رود درگیر افت شدید ذخیره آب شده است. وضعیتی که امنیت آب استان گیلان به‌ویژه در آینده را درگیر چالش و ابهام کرده است. مقاله حاضر بر آن است که از منظر آینده‌پژوهی بازتاب بحران آب حوضه قزل‌اوزن، بر امنیت آب استان گیلان را مورد بررسی و واکاوی قرار دهد و اساساً در پی پاسخ به این سوال است که بازتاب بحران آب در حوضه آبریز قزل‌اوزن بر آینده استان گیلان چه تأثیری دارد؟

۲. مبانی نظری

۲.۱. امنیت آب

آب پدیده‌ای طبیعی، راهبردی و جایگزین‌ناپذیر است که پیدایش و ماندگاری حیات و زیست‌کره زمین کاملاً به آن وابسته و درهم تنیده است. کیفیت و کمبود آب، زیست و زیستگاه را بر می‌آشوبد و آینده تمدن و بقای بشر را تهدید می‌کند. از این رو، کمیت و کیفیت آب جهت دهنده به امنیت، ثبات، توسعه و رفاه جوامع و واحدهای سیاسی-فضایی است. امنیت آب به عنوان یک قالب و چارچوب اصلی در حاکمیت محیطی و مدیریت منابع آب، پدیدار شده است. این واژه و مفاهیم زیربنایی وابسته به آن در سیاست و عمل مورد توجه سازمان‌های دولتی و غیردولتی، مؤسسات خصوصی و آکادمیک قرار گرفته است (Gerlak et al, 2018: 79). با وجود افزایش محسوس در استفاده از واژه امنیت آب، تعاریف متعدد و متفاوتی از آن شده است. امنیت آب، شاهرگ حیاتی رفاه اجتماعی و توسعه اقتصادی جوامع به شمار می‌رود. امروز اهمیت امنیت آب به گونه‌ای است که وجود منابع آب به عنوان یکی از نمادهای منافع ملی کشورها به‌ویژه در مناطق کم‌آب مورد توجه قرار می‌گیرند و تنش‌ها و بی‌ثباتی‌های اجتماعی و اقتصادی را پدید می‌آورند و مشروعیت و مقبولیت نظام‌های سیاسی را تهدید می‌کند. امنیت آب، تضمین کننده ثبات و پویایی و دسترسی به آب کافی و باکیفیت، زیربنای رفاه و توسعه پایدار است. کمبود و نا امنی آب، می‌تواند به تنش‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی و حتی هموردی و تنش کشورها بینجامد. به همین دلیل، نگاه ویژه به امنیت پایدار آب، ضرورتی

ملی و بین‌المللی است. آب، بنیاد پیدایش، ماندگاری و کارایی واحدهای سیاسی- فضایی است. امنیت آب گواه بر توانایی قلمروداران در تأمین آب کافی و مطمئن برای برآوردن نیازهای اجتماعی، اقتصادی و پایداری زیست محیطی است. طی چند دهه اخیر مؤلفه‌های طبیعی و انسانی همچون تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی، رشد و توسعه اقتصادی و غیره، امنیت آب را به یکی از جستارهای جغرافیای سیاسی و امنیتی تبدیل کرده است (کاویانی، ۱۳۹۸: ۲۳).

یانگ و همکاران امنیت آب را با در نظر گرفتن چهار عامل در دسترس بودن، دسترسی، استفاده و پایداری تعریف کرده‌اند (Young et al, 2021:1060). امنیت آب را می‌توان به‌عنوان دسترسی پایدار به مقادیر کمی و کیفی آب لازم برای جوامع و اکوسیستم در مواجهه با تغییرات نامطمئن جهانی تعریف کرد (Zakeri et al, 2022: 31).

اژانس آب سازمان ملل متحد؛ امنیت آب را به‌عنوان ظرفیت جمعیت برای حفظ دسترسی پایدار به مقادیر کافی و کیفیت قابل قبول آب برای حفظ معیشت، رفاه بشری، توسعه اجتماعی و اقتصادی، حفاظت از انسان‌ها در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای طبیعی مرتبط با آب و حفظ اکوسیستم در شرایط صلح و ثبات سیاسی تعریف کرده است (UNU, 2023).

برنامه ارزیابی جهانی آب سازمان ملل، چهار شاخص اصلی را به‌عنوان مؤلفه‌های امنیت آب بیان می‌کند که عبارتند از ۱- تأمین آب برای نیازهای پایه‌ای انسان ۲- تأمین آب برای امنیت تمدن ۳- تأمین آب برای حفظ محیط زیست و ۴- تأمین آب برای صنعت و انرژی (WWAP, 2023). در این میان، مناطق خشک و نیمه‌خشک، درگیر چالشی فزاینده هستند، جایی که منابع آب محدود، آسیب‌پذیرتر هستند و هم‌اوردی برای این مایه حیات، به اوج خود می‌رسد. امروزه، منابع آبی، فراتر از یک عنصر حیاتی، به‌عنوان شاخصی از منافع ملی کشورها، به شمار می‌آیند. امنیت آب چالشی حیاتی برای مدیریت پایدار است، زیرا کشورها با مسائلی مانند کمبود آب، آلودگی و مصرف ناکارآمد آب مواجه هستند.

با نگرش به اینکه مفهوم امنیت آب به کیفیت و دسترسی به آب برای مصارف مختلف مانند آشامیدن، بهداشت، کشاورزی، صنعت و خدمات اکوسیستمی اشاره دارد امنیت آب به‌عنوان یکی از مسائل حیاتی برای بشر در سده ۲۱، مطرح است. با نگرش به رشد جمعیت، تغییرات آب و هوایی و تشدید رقابت برای منابع آب، امنیت آب به‌عنوان مسئله‌ای پیچیده و چالش‌برانگیز برای جوامع مطرح است. با افزایش فشارها و نیازهای جمعیت، بازتاب دگرش‌های آب و هوا و نیازهای فزاینده و رقابت برای منابع آب، اطمینان از امنیت آب را برای مناطق مختلف دشوار کرده است (Gallagher, 2022: 129).

بنیادهای نظری امنیت آب بر چند رهیافت بنیادی بنا شده است: ۱. حق بر آب: این رهیافت، بر حقوق بشر تمرکز دارد و ادعان می‌کند که همه انسان‌ها حق دسترسی به آب آشامیدنی سالم و کافی را دارند. ۲. مدیریت پایدار منابع آب: این رهیافت، بر استفاده پایدار از منابع آب تأکید دارد و به دنبال توازن بین نیازهای انسانی و اکوسیستم‌ها است. ۳. امنیت انسانی: این رهیافت، بر امنیت انسان‌ها تمرکز دارد و بر آن است که امنیت آب، جزئی از امنیت انسانی است. امنیت انسانی، شامل آزادی از ترس و نیاز است و به توانایی انسان‌ها برای دستیابی به زندگی سالم و رضایت‌بخش اشاره دارد و ۴. حکمرانی خوب آب: این رهیافت، بر اهمیت حکمرانی خوب در مدیریت منابع آب تأکید دارد. حکمرانی خوب آب، شامل: پاسخگویی، شفافیت، مشارکت و عدالت است (World Bank, 2017:152).

هر چند بخش عمده ادبیات پیونددار با امنیت آب درباره کمیت آب است اما کیفیت آب نیز بخش اساسی امنیت آب به شمار می‌رود. اساساً کیفیت آب در پژوهش‌های مربوط به منابع آب، نسبت به کمیت آب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. کیفیت آب با بقای نظام‌های اجتماعی و محیط زیست مرتبط است (James, 2009: 15).

آب با کیفیت؛ آبی است که برای آشامیدن، شست‌وشو و آبیاری بدون خطر باشد. همچنین باید عاری از آلاینده‌هایی باشد که می‌توانند بر سلامت انسان یا محیط زیست تأثیر منفی داشته باشند. امروزه کیفیت منابع آب از مسائل اصلی در تأمین سلامت جامعه است. از آنجایی که کیفیت آب‌های سطحی از عوامل طبیعی و آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی متأثر است، به همین دلیل در ارزیابی کیفیت آب ماهیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب ارزیابی می‌شود. از آنجا که عوامل محیطی همواره در حال تغییر هستند امکان تغییر کیفیت آب وجود دارد (Sneha, 2019: 298). کیفیت منابع آب در مناطق شهری به‌دلیل تخلیه پساب‌های خانگی و صنعتی و شهرنشینی، دچار افت شدید شده است (Finotti, 2015: 718). کاهش کیفیت آب نه تنها از زباله‌های صنعتی بلکه از زباله‌های خانگی به شکل جامد و مایع نیز ناشی می‌شود (Sari, 2022: 1-6). پیامدهای منفی و افی که در کیفیت آب پدید می‌آید به سلامت انسان (بروز بیماری‌هایی همچون بیماری‌های گوارشی، پوستی، تنفسی و سرطان)،

محیط زیست (همچون آلودگی آبیان، کاهش تنوع زیستی، آلودگی خاک، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی) و بخش اقتصاد (هزینه‌های درمان بیماری‌های برآمده از مصرف آب آلوده، کاهش تولید کشاورزی، کاهش شمار گردشگران) آسیب جدی وارد می‌کند (Moe, 2006: 41-57).

۲.۱.۱. رویکردهای امنیت آب

رویکردهای مرتبط با امنیت آب موضوعات و جنبه‌های مختلفی را در بر می‌گیرند که به تبیین چالش‌های امنیت آب و ارائه راهکارهای مدیریت منابع آب در سطوح محلی تا بین‌المللی کمک می‌کنند و عبارتند از:

۲.۱.۱.۱. **رویکرد همکاری بر سر منابع آب مشترک:** این رویکرد از دهه ۱۹۹۰ در مقابل رویکرد تضاد و درگیری بر سر منابع آب مشترک مطرح شد (آفتابی و همکاران، ۱۴۰۲: ۴۸۹). نظریه‌پردازان همکاری بر سر منابع آب از تفکرات لیبرالیسم بهره گرفته‌اند (Kazemi et al, 2022: 1189). گروه‌های مختلفی از نظریه‌پردازان با دلایل متعدد، به همکاری بر سر منابع آب مشترک اعتقاد دارند. گروهی از این نظریه‌پردازان استدلال می‌کنند همکاری بر سر منابع آب در نهایت منجر به مدیریت کارآمد منابع آب و امنیت آب می‌شود (Dinar, 2002).

۲.۱.۱.۲. **رویکرد کارکردگرایی:** این رویکرد بر این باور است که امنیت آب بخشی از امنیت کشورها است (Aggestam and Sundell-Eklund, 2014) و منابع آب پایدار می‌تواند به تقویت ثبات سیاسی و اجتماعی یک جامعه کمک کند.

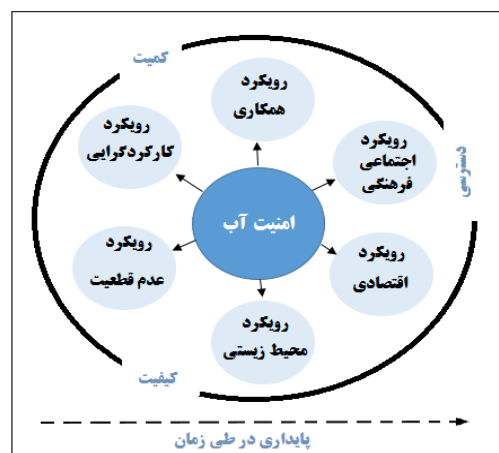
۲.۱.۱.۳. **رویکرد عدم قطعیت:** این رویکرد به عدم قطعیت در منابع آب مانند تغییرات اقلیمی، ناپایداری زیست محیطی می‌پردازد (Korteling et al, 2013: 114) و بر لزوم برنامه‌ریزی و آماده‌سازی برای این چالش‌ها تأکید دارد.

۲.۱.۱.۴. **رویکرد محیط زیستی:** این رویکرد بررسی می‌کند چگونه امنیت منابع آب تحت تأثیر بحران‌های زیست محیطی قرار دارند (Yildiz, 2015: 97).

۲.۱.۱.۵. **رویکرد اقتصادی:** این رویکرد تأکید بر ارزش اقتصادی آب و نحوه تخصیص منابع آب دارد که می‌تواند به درک بهتر بحران آب و راهکارهای موثر در مدیریت منابع آب کمک کند (Dadson, 2017: 6426).

۲.۱.۱.۶. **رویکرد اجتماعی-فرهنگی:** این رویکرد به نقش جامعه و فرهنگ در مدیریت و استفاده از منابع آب و تأثیرات فرهنگی و اجتماعی بر امنیت آب تمرکز دارد (Riveraine, 2019: 7).

هر یک از رویکردهای مطرح شده به یک بعد از امنیت آب پرداخته است. این پژوهش سعی کرده است که در انتخاب متغیرهای پژوهش به تمام رویکردهای پژوهش توجه داشته باشد اما از بین رویکردهای بالا، هدف این پژوهش به رویکرد کارکردگرایی نزدیک‌تر است.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

۲.۲. بحران آب

آب، مهم‌ترین رکن سازنده جهان هستی به شمار می‌رود و به‌عنوان یکی از بنیادی‌ترین زمینه‌ها و عوامل تمدن همواره مورد توجه ملت‌ها بوده است. منابع آب شیرین در جهان در خوشبینانه‌ترین حالت ثابت اما در عمل رو به کاهش است و مسئله‌ای که بسیاری از کشورها را درگیر بحران آب کرده است (فاطمه خیبری، ۱۴۰۰: ۲). برای نخستین بار در تاریخ بشر، استفاده فزاینده از آب و آلوده‌سازی آن به حدی رسیده است که در آینده کمبود آب می‌تواند تولید مواد غذایی، کارکرد بوم‌سازگان و تأمین آب آشامیدنی را محدود کند که ریشه آن را باید در رشد جمعیت پی گرفت. تا نیمه سده ۲۱، نزدیک به سه میلیارد نفر دیگر به جمعیت جهانی افزوده خواهد شد (Jury, 2007: 71). بر بنیاد آمار سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۲۲، در سراسر جهان، دست کم ۱.۷ میلیارد نفر از منبع آب آشامیدنی آلوده به مدفوع استفاده کردند. آب آشامیدنی آلوده به میکروب می‌تواند سالانه باعث مرگ ۵۰۵۰۰۰ افراد آلوده به اسهال شود (Water, 2021: 4-6).

بحران آب برآیند عوامل گوناگونی مانند بارش اندک، دگرش‌های اقلیمی، رشد جمعیت، تغییر کاربری زمین‌ها، بهره‌برداری نامناسب از منابع آب، آلودگی آب و ... است که هم افزایی و درهم تنیدگی این عوامل باعث شده است منابع آب در یک منطقه، کشور یا جهان به‌گونه‌ای کاهش بیابند و تأمین نیازهای آبی افراد و جوامع در آن منطقه به خطر افتد. بحران‌های آب پایه می‌توانند به‌عنوان اولویت‌های ملی مطرح شوند و در بدترین حالت می‌توانند به تنش و کشمکش در مقیاس جهانی همراه شوند. وضعیتی که نشانه‌های آن امروز هم آشکار هستند (Asiz, 2023: 94).

هر چند در نگاه مثبت شاید بتوان فرض بر این گذاشت که در حال حاضر آب به‌اندازه کافی وجود دارد، «اما هنگامی که تقاضا سریع‌تر از عرضه رشد کند، بحران رخ می‌دهد. مقدار آب همان است که همیشه بوده است؛ کمبود آب بدین معناست که کاربردها و مصرف‌کنندگان بیشتری برای آب، نسبت به عرضه آن، وجود دارد. در گذشته، عرضه آب کافی بود اما با توسعه منابع عظیم انرژی، مصرف آب، بیش از اندازه و ظرفیت رشد یافته است. رخدادی که در وهله نخست می‌تواند به کمبود آن و در نهایت به بحران آب بینجامد (McCaffrey, 1999: 325).

بحران آب ناظر بر یک رشته چالش‌ها و تنگناهای برخاسته از کمبود منابع آب و استفاده نادرست از این منابع است. مبانی نظری بحران آب بر چند گزاره کلیدی مانند افزایش تقاضا برای آب، رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، دگرش اقلیم به همراه کاهش منابع آب، مدیریت ناکارآمد منابع آب، دسترسی نداشتن به آب و تضادهای سیاسی و اقتصادی کشورها و مناطق استوار شده است (Kontic, 2010: 28-35) که بیشتر به تأثیر پیچیده رفتارهای انسانی بر دسترسی و توزیع آب نسبت داده می‌شود (Yasmeen et al, 2024: 17).

بر پایه آمار مؤسسه منبع جهانی آب، نزدیک به چهار میلیارد نفر در حال حاضر دست کم برای یک ماه در سال در معرض وضعیت تنش آبی هستند و ۲۵ درصد از جمعیت جهان در کشورهایی به سر می‌برند که درگیر تنش آبی بسیار بالا هستند. ۷۰ درصد از آبی که انسان استفاده می‌کند به مصرف برای تولید غذا می‌رسد. یک درصد تولید ناخالص داخلی جهانی می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ امنیت آب را برای همه فراهم کند. بر پایه پیش‌بینی‌ها تقاضا برای آب تا سال ۲۰۵۰ تا ۳۰ درصد افزایش خواهد یافت (Mishra, 2021: 49). کمبود آب کمتر به کمبود فیزیکی مربوط می‌شود و

۳. پیشینه پژوهش

رودخانه قزل اوزن در فرایند توسعه اقتصادی- انسانی و پایداری امنیت آب استان گیلان نقش موثری داشته است. با این حال، بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات به نسبت معدودی در باره کارکرد رودخانه قزل‌اوزن و سد سفیدرود در امنیت آب استان گیلان انجام شده است. در ادامه آن دسته از پژوهش‌هایی می‌آید که در این باره مستقیم و غیرمستقیم به مسئله ورود کرده‌اند:

محمدی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تحت عنوان پیش‌بینی تغییر اقلیم بر آب‌های سطحی با استفاده از مدل شبکه عصبی NARX: مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن، شمال غرب ایران، نتیجه می‌گیرند کاهش بارش و دبی در حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن پیش‌بینی می‌شود که خطر کمبود آب و خشکسالی را برای اکوسیستم بسیاری از موجودات آبریزی وابسته به این رودخانه ایجاد می‌کنند.

میثاقی و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای که بر اساس شاخص NSFQI^۱ انجام شده است، نتیجه می‌گیرند؛ تغییر در کیفیت آب رودخانه قزل اوزن از بالادست تا پایین دست رودخانه اتفاق افتاده است و بیان داشتند نظارت مداوم بر کیفیت آب رودخانه و ایجاد یک برنامه مدیریتی بلند مدت برای حفاظت از این منبع ارزشمند آبی توصیه می‌شود.

بطحائی و همکاران (۱۴۰۳) در مقاله‌ای با عنوان تابع ممیزی عوامل تعیین کننده تاب‌آوری کشاورزان در برابر تغییر اقلیم مورد مطالعه: کشاورزان حوزه آبریز رودخانه قزل اوزن، استان زنجان نتیجه می‌گیرند متغیرهای سرمایه انسانی، تعداد سال‌های تجربه کشاورزی، سرمایه اقتصادی، سرمایه فیزیکی و در نهایت سرمایه اجتماعی بر تفکیک کشاورزان از نظر تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم موثر است.

ایل بیگی و جمور (۱۳۹۸) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی عوامل مؤثر بر شوری آب رودخانه قزل اوزن بیان می‌دارند کیفیت آب رودخانه برای کشاورزی نامناسب است. وجود سازندهای تبخیری دکریناته، ارتباط رودخانه با میان لایه‌های نمکی، تبخیر در حوضه‌های بسته و در نهایت تبخیر در رسوبات حاشیه رودخانه از عوامل شوری آب رودخانه قزل اوزن در استان زنجان است. آقا جانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که تبادل آب مازاد به استان‌های پایین دستی حاشیه رودخانه قزل اوزن، منجر به کاهش آب مجازی کشت برنج در استان گیلان شده است.

خوش نظر و نصرآبادی (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل کیفی رودخانه قزل اوزن در حوضه آذربایجان شرقی؛ به کمک شاخص کیفی آب، نتیجه می‌گیرند آب این رودخانه در اکثر موارد بدون تصفیه قابل شرب نیست. اما مناسب اهدافی همچون پرورش ماهیان غیرحساس، احشام و مقاصد تفریحی است.

مطالعات مشابهی از جمله بررسی هیدروژئوروتیک حوضه آبی قزل اوزن (جعفری و بختیاری، ۱۳۹۵)، هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی حوضه سد شهریار میانه (حسینخانی و همکاران، ۱۳۹۰)، ردیابی تحولات فضایی حوضه‌های آبی - مطالعه موردی: قزل اوزن (غلامحسن جعفری، ۱۳۹۷)، به کاهش کمیت و کیفیت منابع آب حوضه رودخانه قزل اوزن پرداخته‌اند. از این رو؛ روبرو شدن حوضه آبریز قزل اوزن با بحران آب تایید شده است. اما مقاله‌ای که به بررسی بازتاب بحران آب در حوضه آبریز قزل اوزن بر آینده استان گیلان پرداخته باشد، مشاهده نشد که در این مقاله به آن پرداخته می‌شود.

۴. روش پژوهش

پژوهش پیش‌رو از نظر هدف کاربردی و ماهیت توصیفی-تحلیلی دارد. این پژوهش با هدف تدوین محتمل‌ترین سناریوهای فراروی بحران آب حوضه قزل اوزن بر امنیت آب استان گیلان تدوین شده است. در این راستا، داده‌های مورد نیاز پژوهش با روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و با بهره‌گیری از نرم افزارهای Micmac و Scenario Wizard واکاوی و تحلیل شده است. بدین منظور، ابتدا با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مساله پژوهش، شناسایی و در قالب پرسش‌نامه متقاطع کلیدی تنظیم و در اختیار نمونه پژوهش قرار گرفت. میزان ارتباط بین متغیرها با حوزه مربوطه توسط خبرگان شناسایی و شش متغیر به‌عنوان متغیرهای کلیدی انتخاب شدند، در مجموع ۲۴ حالت برای شش متغیر کلیدی در نظر گرفته شد. بر پایه متغیرهای کلیدی و حالت‌های مختلف آن پرسش‌نامه محقق ساخته دیگری به صورت متقاطع، طراحی و در اختیار نمونه پژوهش قرار گرفت. پرسش‌نامه‌های تکمیل شده در نرم‌افزار Scenario wizard از طریق دستور Ensemble وارد شد. وزن‌دهی به پرسش‌نامه‌ها به‌صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط بین متغیرها با اعداد بین ۳- تا ۳+ سنجیده شد. سرانجام تابلو سناریوهای فراروی تأثیر بحران آب حوضه قزل اوزن بر امنیت آب استان گیلان شناسایی و سناریوهای با سازگاری قوی تدوین شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی متخصصان دانشگاهی و اجرایی درگیر با مساله پژوهش است که با روش گلوله برفی ۴۰ نفر به‌عنوان نمونه پژوهش تا اشباع نظری اطلاعات به شرح جدول (۱) انتخاب شدند.

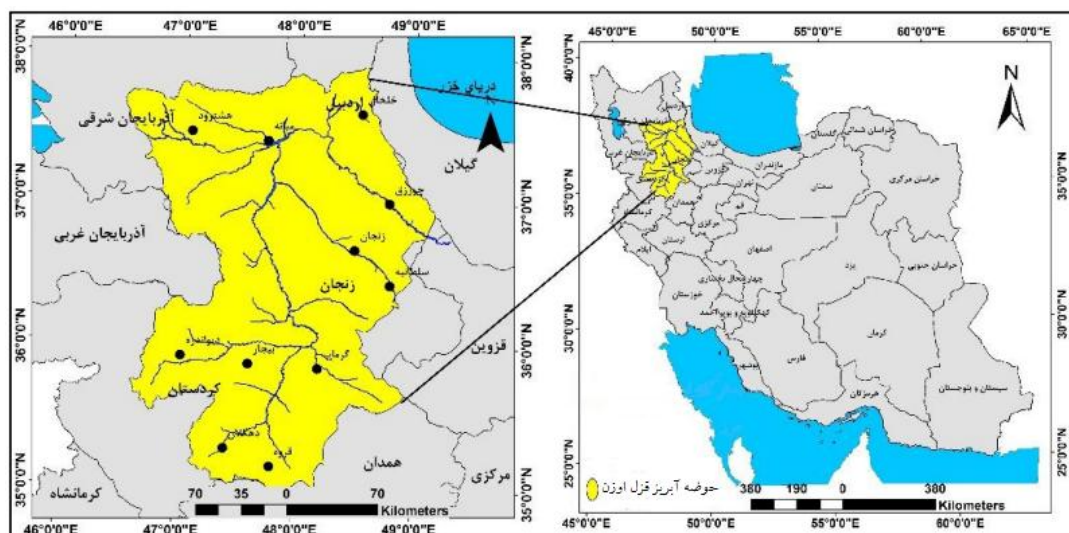
1. National Sanitation Foundation Water Quality Index

جدول ۱. مشخصات نمونه پژوهش

خبرگان اجرایی		خبرگان دانشگاهی	
فعالیت	تعداد	تخصص	تعداد
کارکنان محیط زیست استان گیلان	۷	جغرافیای سیاسی	۹
کارمندان آب منطقه‌ای استان گیلان	۶	علوم سیاسی و روابط بین‌الملل	۴
کارکنان اداره آب فاضلاب استان گیلان	۸	مهندسی منابع آب	۴
-	-	مهندسی محیط زیست	۲

۴.۱. محدوده مورد مطالعه

رودخانه قزل اوزن با طول ۷۶۵ کیلومتر مربع و متوسط شیب طولی ۰/۳۰ درصد (Misaghi et al, 2017: 108) از کوه‌های چهل چشمه واقع در استان کردستان سرچشمه و پس از گذر از استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل، ضمن دریافت چندین سرشاخه در طول مسیر خود در استان گیلان با رودخانه شاه‌رود تلاقی و وارد مخزن سد سفید رود می‌شود (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۳). گستره حوزه رودخانه قزل اوزن حدود ۴۹۴۰۰ کیلومتر مربع است (امام‌قلی و یاسی، ۱۳۹۸: ۵). حوزه آبریز رودخانه کاملاً کوهستانی و متشکل از دشت‌های آبرفتی و تپه ماهورها با رسوبات مارنی و سازندهای کم مقاوم در برابر عوامل فرسایشی است (جعفری و عباسی، ۱۳۹۷: ۶). رژیم این رودخانه که در سراسر سال جریان دارد، بارانی و به شدت متأثر از بارش‌های بهاری است (ماکان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۸۲).



شکل ۱. موقعیت حوزه آبریز قزل اوزن منبع: (جعفری و محمدی، ۱۳۹۹: ۹۵)

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بحران آب حوزه قزل اوزن بر امنیت آب استان گیلان

در مرحله اول ۷۵ متغیر تأثیرگذار بر مسئله پژوهش توسط پژوهشگران از طریق مطالعات کتابخانه‌ای شناسایی شد. سپس متغیرهای شناسایی شده از طریق مصاحبه با خبرگان پژوهش صحت سنجی شد. در این مرحله شماری از متغیرها حذف، برخی اضافه و تعدادی در هم ادغام شدند. سرانجام تعداد ۴۰ متغیر تأثیرگذار بر مساله پژوهش شناسایی شد.

جدول ۲. متغیرهای تأثیرگذار ناشی از بحران آب حوضه قزل اوزن بر امنیت آب استان گیلان

کد	متغیرهای تأثیرگذار	مؤلفه های اصلی	مؤلفه های فرعی
01	عدم برنامه ریزی هدفمند تامین آب مورد نیاز در زمان نیاز	عدم توانمندی و کارآمدی مدیران و کارشناسان	بازدارنده ها و محدودیت های برخاسته از منابع انسانی
02	احداث بی رویه سد در بالا دست رود		
03	عدم لایروبی و احیاء آب بندان های قدیمی		
04	عدم تمهیدات لازم برای عدم ورود رسوبات و تخلیه آن در سدها		
05	حفر چاه های غیر مجاز در اطراف رودخانه و سدها		
06	عدم مدرن سازی شبکه آبیاری و زهکشی انهار بین مزارع		
07	عدم استفاده از بذره های اصلاح شده با نیاز آبی کمتر		
08	استفاده از شبکه های آبیاری سنتی و عدم تسطیح مکانیزه اراضی		
09	تغییر الگوی بارش و تغییرات اقلیمی	محدودیت های طبیعی (اقلیمی و زمین شناسی)	بازدارنده ها و محدودیت های ناشی از منابع طبیعی
10	افزایش دما		
11	کاهش بارندگی		
12	خشک و کم آب شدن آب سرچشمه های ورودی به قزل اوزن		
13	کاهش شدید گستره پوشش برفی در مناطق کوهستانی حوضه		
14	افزایش بار آلودگی آب جاری رودخانه		
15	کاهش سطح سفره های زیر زمینی و کاهش کیفیت آن		
16	فرسایش گسترده سطح زمین و از میان رفتن حاصلخیزی خاک		
17	جریان های سیلاب (برخاسته از عدم نفوذ آب در آبخوان ها)	مسائل و مشکلات محیطی	اثرات زیانبار ناشی از مشکلات و تهدیدهای آبی حوضه
18	تهدید امنیت دسترسی به آب (شهرهای مسیر رودخانه)		
19	کیفیت نامناسب منابع آب (به ویژه آب شرب)		
20	تهدید امنیت غذایی کشور (برنج و ماهی)		
21	فراهم سازی زمینه های ایجاد بحران آبی		
22	کاهش چشمگیر ذخیره آب سدها به دلیل انباشت رسوبات		
23	تهدید روند توسعه انسانی پایدار گیلان		
24	افزایش تأثیر مخرب سموم، آفات و باکتری های مضر در آب		
25	افزایش پدیده شور شدن منابع آب های زیرزمینی و شرب	مسائل و مشکلات محیط انسانی	اثرات زیانبار ناشی از مشکلات و تهدیدهای آبی حوضه
26	رعایت نشدن حقابه زیست محیطی		
27	گسترش شهرنشینی و تهدید سکونتگاهی انسان		
28	تامین نشدن حقابه محیط زیست		
29	مهاجرت پرندگان و تهدید بسترهای رشد حیات وحش منطقه		
30	محدودیت شیلات و آبیاری پروری و پرورش ماهی و دامپروری		
31	فراهم سازی بستر ایجاد گرد و غبار و گسترش ریزگردها		
32	تهدیدات ناشی از کاربرد غیر اصولی کود و سم		
33	از رونق افتادن کشاورزی و تخریب و تهدید اکوسیستم های طبیعی	تخریب خاک و پوشش گیاهی و کشاورزی	آسیب ها و تهدیدهای محیط های زیستی، اقلیمی و حوزه اقتصادی
34	تشدید ذرات معلق در هوا		
35	بارش ناگهانی و سیل آسا		
36	خشک سالی های پیاپی		
37	تهدید معیشت و مشاغل ساکنان محلی حاشیه رودخانه و سدها		
38	عدم تعادل و نابرابری اقتصادی ساکنان منطقه		
39	بحران صنعتی با تعطیلی و افزایش بیکاری صنایع وابسته به آب،		
40	کاهش میزان تولید انرژی برقایی (انرژی هیدرولژیکی)		

حوزه اقتصادی

۵.۲. شناسایی متغیرهای کلیدی

در این پژوهش پس از شناسایی متغیرهای تأثیرگذار، پرسشنامه متقاطع تنظیم و در اختیار خبرگان پژوهش قرار گرفت. نتایج پرسشنامه وارد نرم افزار Micmac شد. خروجی این نرم افزار متغیرهای کلیدی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	صفر	یک	دو	سه	P	جمع	درصد پُرشدگی
مقدار	۴۰*۴۰	۲	۲۰۹	۲۱۲	۳۸۵	۷۵۸	۳۶	۱۶۰۰	۹۳/۲۵

در تحلیل انجام شده، ابعاد ماتریس ۴۰*۴۰ بوده و تعداد تکرارها دو بار در نظر گرفته شده است. شاخص پُرشدگی ماتریس نیز ۹۳/۲۵ درصد است از ۱۶۰۰ رابطه شناسایی شده ۷۵۸ رابطه تأثیر زیادی بر یکدیگر داشته‌اند.

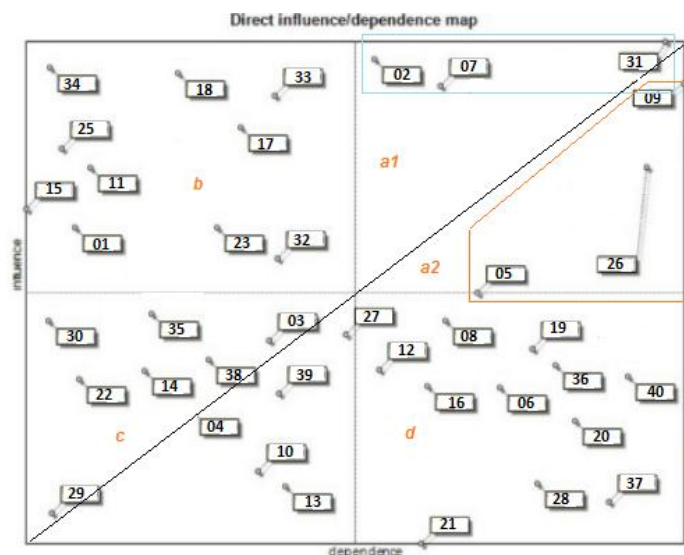
جدول ۴. درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

محدوده	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	چرخش
حوضه قزل اوزن	٪ ۹۵	٪ ۹۶	۱
	۱۰۰٪	٪ ۹۸	۲

جدول شماره ۴ نشان می‌دهد؛ نرم‌افزار Micmac با دو بار چرخش (دو بار اجرا بر روی داده‌ها)، که در اجرای اول ۹۵ درصد تأثیرپذیری و ۹۶ درصد تأثیرگذاری و در چرخش دوم ۱۰۰ درصد تأثیرپذیری و ۹۸ درصد تأثیرگذاری را نشان می‌دهد، از مطلوبیت مناسبی برخوردار است.

۵.۳. تحلیل تأثیرگذاری-تأثیرپذیری متقابل متغیرها بر یکدیگر

خروجی نرم افزار Micmac، جایگاه هر یک از متغیرهای پژوهش را در قالب محور مختصات (شکل ۲) نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمودار پراکندگی متغیرهای مستقیم و جایگاه آن در محور تأثیرگذاری-تأثیرپذیری

متغیرهای دو وجهی: این متغیرها با قرارگیری در ناحیه a، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالایی دارند. این متغیرها، متغیرهای کلیدی به‌شمار می‌روند و به دو دسته متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند. متغیرهای ریسک در ناحیه a1 قرار دارند و از اهمیت بیشتری برخوردارند. متغیرهای هدف در ناحیه a2 قرار دارند و با کادر قرمز مشخص شده‌اند.

متغیرهای تأثیرگذار: این متغیرها در قسمت b قرار دارند، تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری پایینی دارند و به علت تأثیرپذیری پایین این متغیرها کلیدی به شمار نمی آیند.

متغیرهای مستقل: این متغیرها در قسمت c نمودار پراکندگی قرار داشته و دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی هستند. متغیرهای وابسته: این متغیرها در قسمت d محور مختصات قرار دارند. تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بالا دارند. با نگرش به شکل ۲ و توضیحات بالا شش متغیر ساخت بی‌رویه سدها در بالادست، کندن چاه‌های غیرمجاز در پیرامون رودخانه، عدم استفاده از بذرهای اصلاح شده با نیاز آبی کمتر، تغییر الگوی بارش و تغییرات اقلیمی، رعایت نشدن حقایق زیست محیطی و تهدیدهای ناشی از کاربرد غیر اصولی سم و کود به عنوان متغیرهای دو وجهی و در نهایت متغیرهای کلیدی انتخاب شدند.

متغیرهای عدم برنامه‌ریزی هدفمند، تأمین آب مورد نیاز در زمان نیاز، کاهش بارندگی، کاهش سطح سفره‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت آن، جریان‌های سیلاب (برخاسته از عدم نفوذ آب در آبخوان‌ها)، تهدید امنیت دسترسی به آب (شهرهای مسیر رودخانه)، تهدید روند توسعه انسانی، پایداری گیلان، افزایش پدیده شور شدن منابع آب‌های زیرزمینی و شرب، تهدیدات ناشی از کاربرد غیر اصولی کود و سم، از رونق افتادن کشاورزی و تخریب و تهدید اکوسیستم‌های طبیعی و تشدید ذرات معلق در هوا به عنوان متغیرهای تأثیرگذار انتخاب شدند. متغیرهای عدم لایروبی و احیا، آب بندان‌های قدیمی، کاهش شدید گستره پوشش برفی در مناطق کوهستانی حوضه، عدم تمهیدات لازم برای ورود رسوبات و تخلیه آن در سدها، افزایش دما، کاهش شدید گستره پوشش برفی در مناطق کوهستانی حوضه، افزایش بارآلودگی آب جاری رودخانه، کاهش چشمگیر ذخیره آب سدها به دلیل انباشت رسوبات، مهاجرت پرندگان و تهدید بسترهای رشد حیات وحش منطقه، محدودیت شیلات و آبی‌پروری و پرورش ماهی و دامپروری، بارش ناگهانی و سیل آسا، عدم تعادل و نابرابری اقتصادی ساکنان منطقه، بحران صنعتی یا تعطیلی و افزایش بیکاری صنایع وابسته به آب به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند.

متغیرهای عدم مدرن‌سازی شبکه آبیاری و زهکشی انهار بین مزارع، استفاده از شبکه‌های آبیاری سنتی و عدم تسطیح مکانیزه اراضی، خشک شدن و کم‌آب شدن آب سرچشمه‌های ورودی به قزل اوزن، فرسایش گسترده سطح زمین و از میان رفتن حاصلخیزی خاک، کیفیت نامناسب منابع آب (به‌ویژه آب شرب)، تهدید امنیت غذایی کشور (برنج و ماهی)، فراهم‌سازی زمینه‌های ایجاد بحران آبی، گسترش شهرنشینی و تهدید سکونتگاهی انسان، تأمین نشدن حقایق محیط زیست، خشکسالی‌های پیاپی، تهدید معیشت و مشاغل ساکنان محلی حاشیه رودخانه و سدها، کاهش میزان تولید انرژی برقی (انرژی هیدروپلیتیکی) به عنوان متغیرهای وابسته انتخاب شدند.

۵.۴. شرح حالت‌های احتمالی متغیرهای کلیدی

برای تدوین سناریوهای محتمل ابتدا شرح حالت‌های احتمالی که ممکن است برای هر متغیر کلیدی رخ دهد، بیان می‌شود.

جدول ۵. شرح حالت‌های احتمالی

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
A	ساخت بی‌رویه سدها در بالادست	A1	کاهش سدهای بالادست	نیمه مطلوب
		A2	هیچ تلاشی برای بهبود وضعیت موجود انجام نمی‌شود	ایستا
		A3	افزایش نسبی سدهای بالا دست	نیمه بحرانی
		A4	افزایش بی‌رویه سدهای بالادست	بحرانی
B	کندن چاه‌های غیر مجاز در پیرامون رودخانه	B1	از حفر چاه‌های مجاز جلوگیری شود	مطلوب
		B2	جلوگیری نسبی از حفر چاه‌های غیر مجاز	نیمه مطلوب
		B3	افزایش نسبی چاه‌های غیر مجاز	نیمه بحرانی
		B4	افزایش بی‌رویه چاه‌های غیر مجاز	بحرانی
C	استفاده نکردن از بذرهای اصلاح شده با نیاز آبی کمتر	C1	استفاده کامل از بذرهای اصلاح شده	مطلوب
		C2	استفاده ده درصدی از بذرهای اصلاح شده	نیمه بحرانی

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
D	تغییر الگوی بارش و تغییرات اقلیمی	C3	عدم استفاده از بذره‌های اصلاح شده	بحرانی
		D1	بهبود وضعیت اقلیمی	مطلوب
		D2	ادامه روند موجود	بحرانی
		D3	فرین	بحرانی
E	رعایت نشدن حقابه محیط زیست	E1	رعایت نسبی حقابه محیط زیست	نیمه مطلوب
		E2	رعایت کامل حقابه زیست محیطی	مطلوب
		E3	ادامه روند موجود	ایستا
		E4	اولویت بندی بخش‌های زیست محیطی	نیمه بحرانی
		E5	رعایت نشدن حقابه زیست محیطی	بحرانی
F	تهدیدهای برحاسته از کاربرد غیر اصولی سم و کود	F1	کاستن از مصرف از کود و سم	نیمه مطلوب
		F2	استفاده بهینه از کود و سم	مطلوب
		F3	ادامه روند موجود	ایستا
		F4	استفاده غیر اصولی از کود و سم	نیمه بحرانی
		F5	استفاده رویه از سم و کود	بحرانی

۵-۵. تهیه سبد سناریو

پس از تهیه فهرست وضعیت‌های احتمالی، به طراحی پرسش‌نامه در قالب ماتریس متقاطع کلیدی پرداخته شد و در اختیار جامع آماری پژوهش قرار گرفت. نتایج پرسش‌نامه داده‌های لازم را برای تدوین سناریو توسط نرم‌افزار Scenario wizard فراهم کرد.

Scenario No. 1	Scenario No. 2	Scenario No. 3	Scenario No. 4	Scenario No. 5	Scenario No. 6	Scenario No. 7
حفر چاه‌های غیر مجاز؛ جلوگیری نسبی از حفر چاه‌ها	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد	احداث بی رویه سد؛ افزایش نسبی احداث بی رویه سد
جاده غیر مجاز؛ افزایش بی‌رویه	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	بذره‌های اصلاح شده؛ عدم استفاده	تغییر بارش؛ ادامه روند موجود	رعایت حقابه زیست محیطی؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	رعایت حقابه زیست محیطی؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی
احداث سد؛ ادامه روند موجود	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز	حفر چاه‌های غیر مجاز؛ افزایش نسبی حفر چاه‌های غیر مجاز
تغییر اقلیم؛ فرین	احداث سد؛ افزایش بی رویه	تغییر اقلیم؛ ادامه روند موجود	تغییر اقلیم؛ ادامه روند موجود	تغییر اقلیم؛ فرین	بذره‌های اصلاح شده؛ استفاده ده درصدی از بزرها	بذره‌های اصلاح شده؛ استفاده ده درصدی از بزرها
حقابه محیط زیست؛ رعایت کامل حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی	حقابه محیط زیست؛ رعایت نسبی حقابه زیست محیطی

شکل ۳. تابلو سناریوهای محتمل فراروی مساله پژوهش

شکل ۳. تابلوی سناریوهای با سازگاری قوی و محتمل را نشان می‌دهد. در این تابلو رنگ سبز پر رنگ وضعیت کاملاً مطلوب، سبز کم‌رنگ نشان‌دهنده وضعیت نیمه مطلوب، رنگ زرد بیانگر وضعیت ایستا، رنگ صورتی وضعیت در آستانه بحران و رنگ قرمز نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. تابلوی سناریوهای قوی از ۲۱ وضعیت احتمالی مربوط به هفت سناریو با سازگاری قوی و محتمل تشکیل شده است.

در این تابلو، وضعیت در آستانه بحران با ۳۸/۰۹۵ درصد بیشترین وضعیت را به خود اختصاص داده است. وضعیت بحرانی با ۱۹/۰۴۷ درصد در رتبه دوم قرار دارد. وضعیت نیمه مطلوب و ایستا با ۱۴/۲۸۵ درصد در جایگاه سوم قرار دارند و در نهایت

وضعیت مطلوب با ۹/۵۳۲ درصد در جایگاه آخر قرار دارد. بنابراین، سناریو فراروی بازتاب بحران آب قزل اوزن بر استان گیلان در آستانه بحران نمود یافت.

متغیرهای احداث سدهای بی‌رویه، افزایش حفر چاه‌های غیرمجاز، تغییر اقلیم، رعایت نکردن حقایق محیط زیست، به کارگیری غیر اصولی سم و کود و استفاده نکردن (درصد کم) از بذره‌های اصلاح شده در کشاورزی از دید خبرگان بیشترین قابلیت را در ایجاد وضعیت در آستانه بحران در آینده استان گیلان، دارند.

۵.۶. بحث

رودخانه سفیدرود ۸۰٪ آب آبیاری تنظیم شده استان گیلان را فراهم می‌کند و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب این استان در بخش‌های مختلف مصرف است (کاوسی کلاشمی و پیکانی ماچانی، ۱۳۹۴: ۴۹). این رودخانه در تأمین آب مصرفی در بخش کشاورزی و انواع محصولات راهبردی همچون برنج نقش موثری دارد. منبع آب در آبیاری شالیزارها و کشتزارها از طریق سد سفیدرود تأمین می‌شود که روی این رود بنا شده و از سدهای راهبردی ایران به شمار می‌آید. به همین دلیل، سد سفیدرود حافظ محیط زیست، کشاورزی و اقتصاد گیلان است و کانون تنظیم جریان آب و ذخیره‌سازی آب برای مصارف کشاورزی و دیگر زمینه‌های موثر در توسعه پایدار استان به شمار می‌رود. حاصل‌خیزترین اراضی گیلان در مسیر سفیدرود قرار دارند. سفیدرود رژیم آب‌شناختی برفی- بارانی دارد. سد سفیدرود، بزرگ‌ترین سد مخزنی گیلان است که آب مورد نیاز ۱۷۲ هزار هکتار از مجموع ۲۳۸ هزار هکتار شالیزارهای استان را فراهم می‌کند. بر بنیاد آمارها؛ میزان آب مورد نیاز سالانه در استان بیش از سه میلیارد و ۳۰۰ میلیون مترمکعب در بخش‌ها و مصارف مختلف است که معادل ۹۲ درصد آن در بخش کشاورزی استفاده می‌شود و بیشترین بخش آب بر کشاورزی استان، شالیزارهاست (خانی‌پور، ۱۴۰۲) در کنار آن، آب آشامیدنی (از طریق تصفیه‌خانه‌های آب متعدد) تعدادی از شهرهای مسیر رودخانه سفیدرود از جمله رشت، لاهیجان، صومعه‌سرا و آستانه‌اشرفیه نیز توسط رودخانه قزل‌اوزن تأمین می‌شود. از آب رودخانه قزل‌اوزن برای مصارف صنعتی در برخی از کارخانه‌های استان گیلان نیز استفاده می‌شود. این امر به رونق بخش صنعت و اشتغال آفرینی در استان کمک شایانی کرده است. تولید برق از دیگر زمینه‌های نقش‌آفرینی این رودخانه در استان است. در همین ارتباط نیروگاه‌های برق آبی ۵ واحد نیروگاهی در مجموع ۸۷.۵ مگاوات تولید برق برای این استان به همراه دارند که تاکنون در تأمین انرژی مورد نیاز گیلان کمک شایان توجهی داشته‌اند. موقعیت جغرافیای استان گیلان و واقع شدن در منطقه معتدل خزری و در نتیجه سرسبزی طبیعی آن به همراه جریان و حضور مفید آب قزل‌اوزن که سبب افزایش نم خاک، هوا و پیدایش مرتع و جنگل، تلطیف هوای پیرامون سد سفیدرود، جاذبه‌های آن را دو چندان نموده و موجب شده است تا صنعت گردشگری و طبیعت گردی استان رونق داشته باشد و توسعه روزافزون بیابد. همچنین تأمین آب مورد نیاز شیلات و آبیاری پروری و دام‌پروری و نیازهای محیط زیست نیز از طریق همین رودخانه و سد سفیدرود انجام می‌گیرد (قدرتی، ۱۳۹۷: ۲۴-۱۸). طی سال‌های اخیر میزان آب رودخانه قزل‌اوزن به واسطه برداشت فزاینده بالادست از رودخانه و کاهش بارش‌ها؛ افت چشمگیری داشته است که کارکردهای یاد شده آن را زیر سوال برده است و تأمین امنیت آب و امنیت غذایی استان گیلان را درگیر چالش‌های جدی کرده است. در نتیجه معضلات فراوانی برای کشاورزی و محیط زیست این استان ایجاد کرده است. این روند، بحران‌های اجتماعی- اقتصادی در سطح استان گیلان ایجاد کرده است که با ادامه روند موجود در آینده نمود بیشتری خواهد یافت. از طرفی؛ نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تأثیر بحران آب رودخانه قزل‌اوزن بر امنیت آب فراروی استان گیلان، در آستانه بحرانی نمود یافته است. این در حالی است که مطالعه‌ای یافت نشد که به بررسی رابطه بحران آب قزل‌اوزن و تأثیر آن بر استان گیلان پرداخته باشد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج (Misaghi et al, 2017؛ رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱)؛ ماکان و همکاران (۱۳۹۶)؛ جعفری و عباسی (۱۳۹۷)؛ امام قلی و یاسی (۱۳۹۸) تا حدودی همخوانی دارد که وضعیت نامطلوب منابع آب حوزه رودخانه قزل‌اوزن را بیان کردند.

۶. نتیجه‌گیری

امروزه امنیت، ثبات، رفاه و توسعه واحدهای سیاسی- فضایی پیوندی درهم‌تنیده و هم افزا با پایداری منابع محدود آب شیرین یافته است. این در حالی است که این منابع به طور فزاینده‌ای متأثر از دگرش‌های آب و هوای، تغییر کاربری زمین، آلوده سازی

منابع آب، رشد سریع جمعیت و رشد اقتصادی رو به کاهش نهاده‌اند و در آینده نیز در بسیاری از نقاط جهان این وضعیت تشدید خواهد شد و امنیت و ثبات جوامع انسانی و واحدهای سیاسی-فضایی را درگیر خطرات جدی خواهد کرد. از این رو، پیامدها و بازتاب‌های محدودیت کمی و کیفی منابع آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه در بخش سلامت، معیشت، اکوسیستم و اقتصاد در کانون توجه مراکز علمی و پژوهشی قرار گرفته است. در این میان، موقعیت جغرافیایی ایران به‌گونه‌ای است که به ذات، کم بارش و خشک است. این در حالی است که طی چند دهه اخیر در کنار رشد جمعیت، گسترش کشاورزی آب بر، ناکارآمدی مدیریت منابع آب، تهدیدهای برخاسته از دگرش‌های اقلیمی به این محدودیت‌ها دامن زده است. با این حال، بازتاب این رخدادها در مناطق مختلف نموده‌های متفاوت داشته است. پژوهش حاضر به بررسی بازتاب بحران آب حوزه قزل اوزن بر امنیت آب استان گیلان پرداخته است. یافته‌های پژوهش نشان دادند که متغیر ساخت بی‌رویه سد و بند در بالادست، کندن چاه‌های غیر مجاز در پیرامون رودخانه، عدم استفاده از بذره‌های اصلاح شده با نیاز آبی کمتر، تغییر الگوی بارش و تغییرات اقلیمی، رعایت نشدن حقایق زیست محیطی و تهدیدهای برخاسته از به‌کارگیری غیر اصولی سم و کود به‌عنوان متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر مسأله پژوهش انتخاب شدند. از نکات مهم قابل اشاره در بحث چالش ایجاد شده بر سر آب رودخانه قزل اوزن می‌توان به دخالت و تأثیرگذاری عنصر انسانی (مدیریت منابع آبی) در کنار عوامل طبیعی (تغییر الگوی بارش، افزایش دما، کاهش بارش، کاهش بده آب چشمه‌ها و...) در فراهم‌سازی بستر در پیدایش وضعیت موجود اشاره کرد. براین تأثیرگذاری این دو عامل در کاهش منابع آب شیرین استان گیلان با کاهش میزان جریان‌های ورودی از حوزه قزل اوزن به استان بازتاب یافته است. این مسئله به کاهش دسترسی به آب برای مصارف بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی) شده است. که قطعاً پیامدهای آن حوزه مختلف کشاورزی، صنعت و آشامیدنی را در می‌نوردد و امنیت شغلی، امنیت غذایی، امنیت آب و امنیت محیط زیست گیلان را تهدید می‌کند.

در این باره، خروجی نرم افزار Scenario Wizard نشان دادند که وضعیت در آستانه بحران با ۳۸/۰۹۵ درصد، بیشترین وضعیت احتمالی ممکن را از بین وضعیت‌های فراروی استان گیلان به خود اختصاص داده است. بنابراین، تأثیر بحران آب بر امنیت آب فراروی استان گیلان در آستانه بحران نمود یافته است. از این رو، بحران آب در حوزه قزل اوزن چالش جدی برای امنیت آب استان گیلان به شمار می‌آید که نیازمند توجه و اقدام فوری از سوی کارگزاران مقیاس محلی و ملی است. همکاری بین‌استانی و تدوین راهبردهای جامع می‌تواند به کاهش پیامدهای منفی این بحران کمک کند و امنیت آب استان را تضمین کند.

برای مقابله با بحران آب در حوزه قزل اوزن و کاهش بازتاب آن بر امنیت آب استان گیلان، می‌توان از مجموعه‌ای از راهکارهای متنوع و جامع شامل اقدامات مدیریتی، فنی، آموزشی و سیاست‌گذاری بهره گرفت. در ادامه، برخی از مهم‌ترین راهکارها ارائه شده‌اند:

- مدیریت بهینه منابع آب استان به‌ویژه در زمینه توزیع، تخصیص و نظارت بر مصرف در بخش‌های مختلف اعم از مصرف آب آشامیدنی شهری و روستایی، آبیاری زمین‌های کشاورزی و نیز بخش‌های صنعتی و تولیدی و دیگر بخش‌ها لازم الاجرا است. همچنین تدوین و اجرای قوانین و مقررات سختگیرانه‌تر برای مدیریت منابع آب و کنترل مصرف بی‌رویه از دیگر راهکارهای لازم است.

- کندن چاه‌های غیر مجاز زیاد از عوامل مهم بحران آب در استان گیلان است. در این باره نیاز است که برنامه جامع، مدون شود. تا مصرف بی‌رویه آب‌های زیرزمینی به بحران شوری آب در منطقه منجر نشود. کنترل و مدیریت برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و بازسازی این منابع از طریق تغذیه مصنوعی یکی از راهکارها در این باره به شمار می‌رود.

- بر پایه میزان ظرفیت و حجم واقعی جریان آب رودخانه، متناسب‌سازی ساخت سد و بند در مسیر رودخانه قزل اوزن اعمال شود. بدین معنا که با ساخت مخازن و سدهای کوچک در مناطق مستعد برای ذخیره آب در زمان‌های بارانی که در زمان‌های خشک‌سالی از آنها استفاده شود.

- با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای و تحت فشار که به کاهش هدررفت آب در بخش کشاورزی می‌انجامد، الگوی کشت گیاهان کم‌آب‌بر و مقاوم به خشکی تغییر و اصلاح شود. برای کاهش تلفات ناشی از نشت و هدررفت؛ زیرساخت‌های آبی، بازسازی و بهینه‌سازی و شبکه‌های انتقال و توزیع آب بهبود یابد. همچنین برای مدیریت مشترک منابع آب حوزه قزل اوزن، توسعه همکاری‌های بین‌استانی از طریق ایجاد توافقات و همکاری‌های بین‌استانی الزامی است.

اجرای این راهکارها به صورت هماهنگ و جامع می‌تواند به کاهش پیامدهای بحران آب در حوضه قزل اوزن و بهبود امنیت آب استان گیلان کمک کند. همکاری‌های بین‌دستگاهی و بین‌استانی، همراه با مشارکت فعال جامعه محلی، کلید موفقیت طرح‌های پیش گفته است.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخشهای انجام شده سهم برابر نداشته اند.

۹. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده اند قدردانی می نمایند.

منابع

- امامقلی، زهرا؛ یاسی، مهدی. (۱۳۹۸). اثر بخشی تغییر پذیری‌های هندسی رودخانه بر کیفیت جریان آب. *نشریه هیدرولیک*، ۱۴(۴)، صص ۱۷-۱۱.
- ایل بیگی، مهدی؛ مجور، رضا. (۱۳۹۸). بررسی عوامل موثر بر شوری آب رودخانه قزل اوزن. *محیط زیست و مهندسی*، ۲۵(۲)، ۱۳۶-۱۲۵.
- آفتابی، زکیه؛ کاویانی راد، مراد؛ کاردان مقدم، حمید. (۱۴۰۲). تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق. *مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳(۲)، ۵۰۷-۴۸۷.
- آقاجانی، محبوبه؛ مصطفی زاده فرد، بهروز؛ نوابیان، مریم. (۱۳۹۵). بررسی آب مجازی درون حوزه‌ای در حوضه آبریز سفید رود. *آب و خاک*، صص ۴۷(۳)، ۵۷۹-۵۶۹.
- بطحائی، سمیه؛ چیذری، محمد و صدیقی، حسین. (۱۴۰۳). تابع ممیزی عوامل تعیین کننده تاب آوری کشاورزان در برابر تغییر اقلیم (مورد مطالعه کشاورزان حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن، استان زنجان). *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزان/ایران*، ۵۵(۱)، صص ۱۱۲-۹۵.
- جعفری، غلامحسن و بختیاری، فاطمه. (۱۳۹۵). بررسی هیدروژئومورفیک حوضه آبی قزل اوزن. *جغرافیا و توسعه*، ۱۴(۴۵)، صص ۲۴۲-۲۲۱.
- جعفری، غلامحسن؛ عباسی، مهدی. (۱۳۹۷). بررسی نقش لیتولوژی و تکتونیک در روندهای توپوگرافی پادگانه‌های رودخانه قزل اوزن. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۴(۱)، صص ۲۲-۱.
- حسینخانی، حسین؛ موسوی، میررضا؛ نجیب، مرتضی؛ حسینی برزی، محبوبه. (۱۳۹۰). هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی حوضه آبریز سد شهریار (استور) میانه (آذربایجان شرقی)، *فصلنامه زمین شناسی کاربردی*، ۳(۷)، صص ۱۹۹-۲۱۲.
- خانی پور، محمد جواد. (۱۴۰۲)، ذخیره آب سد سفید رود... خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران، ۲۳ فروردین، کد خبر 85080128، به آدرس: <https://www.irna.ir/news/>.
- خوش نظر، علی؛ نصرآبادی، تورج. (۱۳۹۱). تحلیل کیفی رودخانه قزل اوزن در حوضه آذربایجان شرقی به کمک شاخص کیفی آب. *اکوبیولوژی تالاب*، ۴(۱۴)، صص ۱۹ تا ۲۹.
- رضایی مقدم، محمد حسین؛ ثروتی، محمدرضا؛ اصغری، صیاد. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل اوزن با تاکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین شناسی. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳۳(۶۴)، صص ۱-۱۴.

- قدرتی، علیرضا. (۱۳۹۷). باران نقش بارش و عوامل اقلیمی در تامین منابع آب استان گیلان. هفتمین همایش ملی سامانه های سطوح آبیگر باران. تهران: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- کاووسی کلاشمی، محمد؛ پیکانی ماچانی، علیرضا. (۱۳۹۴). ارزیابی اثرات اقتصادی کاهش آورد رودخانه سفید رود بر کشاورزی در استان گیلان. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۷(۲۴). صص ۴۸-۲۵.
- کاویانی، مراد. (۱۳۹۸). هیدروپلیتیک سویه ها و رویکردها. تهران: انتشارات پژوهشکده مطالعات راهبردی.
- ماکان رودباری موسوی، حمید؛ امیری، ابراهیم؛ جالاسی، حسین. (۱۳۹۶). بررسی و برآورد رسوبگذاری رودخانه قزل اوزن در مخزن سفید رود. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۳(۳). صص ۱۱۶-۱۸۱.
- Aggestam, K., & Sundell-Eklund, A. (2014). Situating water in peacebuilding: revisiting the Middle East peace process. *Water International*, 39(1), pp: 10-22.
- Asif, Z., Chen, Z., Sadiq, R., & Zhu, Y. (2023). Climate Change Impacts on Water Resources and Sustainable Water Management Strategies in North America. *Water Resources Management*, 37(6), pp: 2771-2786.
- Azis, A. A., Alfarizi, M. F. (2023). Europe's Water Crisis: From Overshadowed Too Potentially Catastrophic European. *Journal of Development Studies*, 3(3), pp7-16.
- Dadson, S., Hall, J. W., Garrick, D., Sadoff, C., Grey, D., & Whittington, D. (2017). Water security, risk, and economic growth: Insights from a dynamical systems model. *Water Resources Research*, 53(8), 6425-6438.
- Dinar, S. (2002). Water, security, conflict, and cooperation. *Sais Review*, 22(2), pp: 229-253.
- El-Nashar, W., & Elyamany, A. (2023). Win-win Strategies for Transboundary Water Management During the GERD Operating Stage. *Water Resources Management*, 37(2), pp 915-936.
- Finotti, A. R., Finkler, R., Susin, N., & Schneider, V. E. (2015). Use of water quality index as a tool for urban water resources management. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10(6), pp 781-794.
- Gallagher, C., Fenton, H. (2022). From Amazon Floods and Australian Wildfires to Human Spills and Explosions: What Disasters Mean to Wildlife. In *Wildlife Population Health Cham: Springer International Publishing*, 1(1): pp. 129-143.
- Gerlak, A. K., House-Peters, L., Varady, R. G., Albrecht, T., Zúñiga-Terán, A., de Grenade, R. R., ... & Scott, C. A. (2018). Water security: A review of place-based research. *Environmental science & policy*, 82(1), pp: 79-89.
- James, L. A. (2009). Integrating Water-Quality into a Water Resources Research Agenda. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 142(1), pp: 10-15
- Janjua, S., An-Vo, D. A., Reardon-Smith, K., & Mushtaq, S. (2024). Resolving water security conflicts in agriculture by a cooperative Nash bargaining approach. *Agricultural Water Management*, 306, 109205.
- Jury, W. A., & Vaux Jr, H. J. (2007). The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users. *Advances in agronomy*, 95(1), pp: 1-76.
- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- Kontic, I., Biljeskovic, J. (2010). Greening the marketing mix: A case study of the Rockwool Group. pp 28-35.
- Korteling, B., Dessai, S., & Kapelan, Z. (2013). Using information-gap decision theory for water resources planning under severe uncertainty. *Water resources management*, 27(1), pp: 1149-1172.
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q., & Wang, J. (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1280.
- Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis? *Journal of environmental studies and sciences*, 4, 315-328. Kazemi, m., bozorg- haddad, o., fallah mehdipour, e., & chu, x. (2022). Optimal water resources allocation in transboundary river basin according to hydro political consideration. *Environment. development and sustainability*, 24(2), pp:1188-1206
- McCaffrey, S. C. (1999). Water, water everywhere, but too few drops to drink: the coming fresh water crisis and international environmental law. *Denv. J. Int'l L. & Pol'y*, pp 28, 325.
- Mehdipour, S., Nakhaee, N., Khankeh, H., & Haghdoost, A. A. (2022). Impacts of drought on health: a qualitative case study from Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 103007.
- Meride, Y., & Ayenew, B. (2016). Drinking water quality assessment and its effects on residents' health in Wondo genet campus, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 5(1), pp 1-7.
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghamanesh, M., Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589, pp:107-116.
- Mishra, B. K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021). Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water*, 13(4), pp: 490.
- Moe, C. L., Rheingans, R. D. (2006). Global challenges in water, sanitation and health. *Journal of water and health*,

- 4(S1), pp: 41-57.
- Mohammadi, S., Karimi, S., Mohammadi, A. A., Moghanlo, S., Alavinejad, M., Saleh, H. N., ... & Kisi, O. (2023). Prediction of climate change on surface water using NARX neural network model: a case study on Ghezel Ozan River, Northwest, Iran. *Desalination and Water Treatment*, 304(1), pp:112-128.
- Moorthy, R., & Bibi, S. (2023). Water Security and Cross-Border Water Management in the Kabul River Basin. *Sustainability*, 15(1), 792.
- Nguyen, T. P. L., Virdis, S. G., & Vu, T. B. (2023). "Matter of climate change" or "Matter of rapid urbanization"? Young people's concerns for the present and future urban water resources in Ho Chi Minh City metropolitan area, Vietnam. *Applied Geography*, 153, 102906.
- Riveraine S. Walters, Erin S. Kenzie, Alexander E. Metzger, William Jesse Baltutis, Kakali B. Chakrabarti, Shana Lee Hirsch and Bethany K. (2019). *Laursen Ecology and Society*, 24(2), pp: 1-22.
- Saemian, P., Tourian, M. J., AghaKouchak, A., Madani, K., & Sneeuw, N. (2022). How much water did Iran lose over the last two decades? *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41, 101095
- Sari, C. F. K. (2022). study quality of water a river ayai at yawit down town, district meyah-regency of tandrauw in the provinces of west papua. *jurutera-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 9(01), pp 1-6.
- Sattari, M. T., Joudi, A. R., Kusiak, A. (2016). Estimation of water quality parameters with data-driven model. *Journal-American Water Works Association*, 108(4), E232-E239.
- Sneha Sanjay Bhalvankar, S. M (۲۰۱۹). Bhosale Assessment of Quality of Water Resources in Radhanagari. 298.
- Udmale, P., Ishidaira, H., Thapa, B. R., & Shaky, N. M. (2016). The status of domestic water demand: supply deficit in the Kathmandu Valley, Nepal. *Water*, 8(5), 196.
- UN, 2023, <https://www.unep.org/un-2023-water-conference>
- WWAP (2023). <https://www.unesco.org>.
- Water, U. N. (2021). Progress on change in water-use efficiency: Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4. 1, 2021. *Food & Agriculture Org*.
- World Bank. (2017). Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa. The World Bank.
- Yasmeen, K., Yasmin, K., & Adnan, M. (2024). Traits impacting water crisis management. *Discover Water*.
- Yasmeen, K., Yasmin, K., & Adnan, M. (2024). Traits impacting water crisis management. *Discover Water*.
- Yildiz, D. (2015). New international security paradigm related to water and environmental security. *World Scientific News*, 19(1), pp:97-111.
- Young, S. L., Frongillo, E. A., Jamaluddine, Z., Melgar-Quinonez, H., Pérez-Escamilla, R., Ringler, C., & Rosinger, A. Y. (2021). Perspective: the importance of water security for ensuring food security, good nutrition, and well-being. *Advances in nutrition*, 12(4), pp:1058-1073.
- Zakeri, M. A., Mirnia, S. K., & Moradi, H. (2022). Assessment of water security in the large watersheds of Iran. *Environmental Science & Policy*, 127(1), pp: 31-37.

References:

- Emamgholi, Z., & Yasi, M. (2020). Impacts of variation of river geometry on flowing water quality (Case Study: Ghezel Ozan River). *Journal of Hydraulics*, 14(4), pp: 1-17. [in persiana]
- Eilbeigy, M., & Jamour, R. (2019). Investigating the Factors Affecting the Salinity of the Ghezelozan River Water. *Environment and Water Engineering*, 5(2), 125-136. [in persiana]
- Aghajani, M., Mostafazadeh Fard, B., & Navabian, M. (2016). Investigating interbasin virtual water in Sefidroud basin. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(3), 569-579. [in persiana]
- Bathaiy, S. S., Chizari, M., & Sadighi, H. (2024). Discriminant Function of the Factors Determining the Farmers' Resilience to Climate Changes (Case Study: Farmers in Ghezel Ozan River Basin, Zanjan Province). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 55(1), 95-112. [in persiana]
- Jafari, G. H., & Bakhtiyari, F. (2016). Analyze of hydro-geoneurons of Ghezelozan basin. *Geography and Development*, 14(45), 221-242. [in persiana]
- Rezaei Moghaddam, M. H., Sarvati, M. R., & Asghari Saeskanrood, S. (2012). Investigation of geometric alterations of Gezel Ozan River considering Geomorphologic and Geologic parameters. *Geography and Environmental Planning*, 23(2), 1-14. [in persiana]
- Kavoosi, k. M., & peykani, g. R. (2015). Evaluating economic effect of sefidrud river inflow reduction on agriculture of guilan province. 7(24), pp: 25-48. [in persiana]
- Roudbari Mousavi, M., Amiri, E., & Jamasbi, H. (2017). Study and estimation of the Ghezelozan river sedimentation in the reservoir Sefidroud. *Iran-Water Resources Research*, 13(3), 181-186. [in persiana].
- Kaviani, Morad. (2019). *Hydropolitics: Strains and Approaches*. Tehran: Strategic Studies Research Institute Publications. [in persiana]
- Ghodrati, Alireza. (2018). Rain: The role of precipitation and climatic factors in providing water resources in Guilan province. Seventh National Conference on Rainwater Catchment Surface Systems. Tehran: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. [in persiana]

- Khoshnazar, Ali; Nasrabadi, Touraj. (2012). Qualitative analysis of the Qezel Ozan River in the East Azerbaijan Basin using water quality index. *Wetland Ecology*, 4(14), pp. 19-29. [in persiana].
- Khanipour, Mohammad Javad. (1402). Sefid Rud Dam Water Storage... Islamic Republic of Iran News Agency, 13 April, news code 85080128, at: <https://www.irma.ir/news/>. [in persiana]
- Hosseinkhani, Hossein; Mousavi, Mirreza; Najib, Morteza; Hosseini-Barzi, Mahboobeh. (2011). Hydrogeochemistry of surface water resources of the Shahryar (Astur) Dam catchment basin (East Azerbaijan), *Quarterly Journal of Applied Geology*, 3(7), pp. 199-212. [in persiana]
- Aggestam, K., & Sundell-Eklund, A. (2014). Situating water in peacebuilding: revisiting the Middle East peace process. *Water International*, 39(1), pp: 10-22.
- Asif, Z., Chen, Z., Sadiq, R., & Zhu, Y. (2023). Climate Change Impacts on Water Resources and Sustainable Water Management Strategies in North America. *Water Resources Management*, 37(6), pp: 2771-2786.
- Azis, A. A., Alfarizi, M. F. (2023). Europe's Water Crisis: From Overshadowed Too Potentially Catastrophic European. *Journal of Development Studies*, 3(3), pp7-16.
- Dadson, S., Hall, J. W., Garrick, D., Sadoff, C., Grey, D., & Whittington, D. (2017). Water security, risk, and economic growth: Insights from a dynamical systems model. *Water Resources Research*, 53(8), 6425-6438.
- Dinar, S. (2002). Water, security, conflict, and cooperation. *Sais Review*, 22(2), pp: 229-253.
- El-Nashar, W., & Elyamany, A. (2023). Win-win Strategies for Transboundary Water Management During the GERD Operating Stage. *Water Resources Management*, 37(2), pp 915-936.
- Finotti, A. R., Finkler, R., Susin, N., & Schneider, V. E. (2015). Use of water quality index as a tool for urban water resources management. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10(6), pp 781-794.
- Gallagher, C., Fenton, H. (2022). From Amazon Floods and Australian Wildfires to Human Spills and Explosions: What Disasters Mean to Wildlife. In *Wildlife Population Health Cham: Springer International Publishing*, 1(1): pp. 129-143.
- Gerlak, A. K., House-Peters, L., Varady, R. G., Albrecht, T., Zúñiga-Terán, A., de Grenade, R. R., ... & Scott, C. A. (2018). Water security: A review of place-based research. *Environmental science & policy*, 82(1), pp: 79-89.
- James, L. A. (2009). Integrating Water-Quality into a Water Resources Research Agenda. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 142(1), pp: 10-15
- Janjua, S., An-Vo, D. A., Reardon-Smith, K., & Mushtaq, S. (2024). Resolving water security conflicts in agriculture by a cooperative Nash bargaining approach. *Agricultural Water Management*, 306, 109205.
- Jury, W. A. & Vaux Jr, H. J. (2007). The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users. *Advances in agronomy*, 95(1), pp: 1-76.
- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- Kontic, I., Biljeskovic, J. (2010). Greening the marketing mix: A case study of the Rockwool Group. pp 28-35.
- Korteling, B., Dessai, S., & Kapelan, Z. (2013). Using information-gap decision theory for water resources planning under severe uncertainty. *Water resources management*, 27(1), pp: 1149-1172.
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q., & Wang, J. (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1280.
- Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis? *Journal of environmental studies and sciences*, 4, 315-328.
- Kazemi, m., bozorg- haddad, o., fallah mehdipour, e., & chu, x. (2022). Optimal water resources allocation in transboundary river basin according to hydro political consideration. *Environment. development and sustainability*, 24(2), pp:1188-1206
- McCaffrey, S. C. (1999). Water, water everywhere, but too few drops to drink: the coming fresh water crisis and international environmental law. *Denv. J. Int'l L. & Pol'y*, pp 28, 325.
- Mehdipour, S., Nakhaee, N., Khankeh, H., & Haghdooost, A. A. (2022). Impacts of drought on health: a qualitative case study from Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 103007.
- Meride, Y., & Ayenew, B. (2016). Drinking water quality assessment and its effects on residents' health in Wondo genet campus, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 5(1), pp 1-7.
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghmanesh, M., Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589, pp:107-116.
- Mishra, B. K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021). Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water*, 13(4), pp: 490.
- Moe, C. L., Rheingans, R. D. (2006). Global challenges in water, sanitation and health. *Journal of water and health*, 4(S1), pp: 41-57.
- Mohammadi, S., Karimi, S., Mohammadi, A. A., Moghanlo, S., Alavinejad, M., Saleh, H. N., ... & Kisi, O. (2023). Prediction of climate change on surface water using NARX neural network model: a case study on Ghezel

- Ozan River, Northwest, Iran. *Desalination and Water Treatment*, 304(1), pp:112-128.
- Moorthy, R., & Bibi, S. (2023). Water Security and Cross-Border Water Management in the Kabul River Basin. *Sustainability*, 15(1), 792.
- Nguyen, T. P. L., Virdis, S. G., & Vu, T. B. (2023). "Matter of climate change" or "Matter of rapid urbanization"? Young people's concerns for the present and future urban water resources in Ho Chi Minh City metropolitan area, Vietnam. *Applied Geography*, 153, 102906.
- Riveraine S. Walters, Erin S. Kenzie, Alexander E. Metzger, William Jesse Baltutis, Kakali B. Chakrabarti, Shana Lee Hirsch and Bethany K. (2019). *Laursen Ecology and Society*, 24(2), pp: 1-22.
- Saemian, P., Tourian, M. J., AghaKouchak, A., Madani, K., & Sneeuw, N. (2022). How much water did Iran lose over the last two decades? *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41, 101095
- Sari, C. F. K. (2022). study quality of water a river ayai at yawit down town, district meyah-regency of tamberauw in the provinces of west papua. *jurutera-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 9(01), pp 1-6.
- Sattari, M. T., Joudi, A. R., Kusiak, A. (2016). Estimation of water quality parameters with data-driven model. *Journal-American Water Works Association*, 108(4), E232-E239.
- Sneha Sanjay Bhalvankar, S. M (۲۰۱۹). Bhosale Assessment of Quality of Water Resources in Radhanagari. 298.
- Udmale, P., Ishidaira, H., Thapa, B. R., & Shakya, N. M. (2016). The status of domestic water demand: supply deficit in the Kathmandu Valley, Nepal. *Water*, 8(5), 196.
- UN, 2023, <https://www.unep.org/un-2023-water-conference>
- WWAP (2023). <https://www.unesco.org>.
- Water, U. N. (2021). Progress on change in water-use efficiency: Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4. 1, 2021. *Food & Agriculture Org.*
- World Bank. (2017). Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa. The World Bank.
- Yasmeen, K., Yasmin, K., & Adnan, M. (2024). Traits impacting water crisis management. *Discover Water*.
- Yasmeen, K., Yasmin, K., & Adnan, M. (2024). Traits impacting water crisis management. *Discover Water*.
- Yildiz, D. (2015). New international security paradigm related to water and environmental security. *World Scientific News*, 19(1), pp:97-111.
- Young, S. L., Frongillo, E. A., Jamaluddine, Z., Melgar-Quinonez, H., Pérez-Escamilla, R., Ringler, C., & Rosinger, A. Y. (2021). Perspective: the importance of water security for ensuring food security, good nutrition, and well-being. *Advances in nutrition*, 12(4), pp:1058-1073.
- Zakeri, M. A., Mirnia, S. K., & Moradi, H. (2022). Assessment of water security in the large watersheds of Iran. *Environmental Science & Policy*, 127(1), pp: 31-37.

نحوه استناد به این مقاله:

کاویانی راد، مراد؛ آفتابی، زکیه و موظف رستمی، محمدعلی (۱۴۰۴). بازتاب بحران آب در حوضه آبریز قزل اوزن بر آینده استان گیلان، *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۶(۳)، ۴۳-۶۰.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27899.1311

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

