




Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 [https:// doi.org/10.22067/jgrd.2023.83607.1307](https://doi.org/10.22067/jgrd.2023.83607.1307)

## **Scenarios for the Future Water Crisis in Taibad City using a Future Research Approach**

**Morad Kaviani Rad <sup>1</sup>**

*Associate Professor, Department of Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran*

**Hamid Reza Golsoomiyan**

*PhD Candidate in Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran*

**Zakeyeh Aftabi**

*PhD Candidate in Political Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran*

*Received: 25 July 2023    Revised: 28 August 2023    Accepted: 9 September 2023*

### **Abstract**

The main purpose of this study was to compile scenarios for the water crisis in Taibad city. A descriptive-analytical method was used for this study. Seventy-one indicators formulated in the form of 3 main components (management, economic-technical, and geographical-natural components) using library studies and interviews with experts. MICMAC and Scenario Wizard were used for data analysis. The results showed that the key drivers that impact on the water crisis in Taibad city are excessive consumption of water resources in the agricultural sector, inefficient management of water resources, attempts at inappropriate development (measures aimed at unsustainable development), excessive withdrawal from underground aquifers, lack of attention to the water crisis in development plans, and climate change. In line with the key drivers and possible situations, the output of the scenario wizard software in the form of five strong and probable scenarios showed that out of the 18 situations governing the scenario page, the situations that describe the water crisis scenarios in Taibad city as critical are the most possible situations, taking 38.88% of the situations governing the scenario page. Using the results of the research, three groups of scenarios were formulated: The most likely scenario (critical scenario), the

---


1. Corresponding author. Email: kaviani@khu.ac.ir

scenario with slow changes (continuation of the current trend), and the weakest scenario (ideal scenario). Therefore, the situation facing the water crisis in Taibad city is critical. Forecasting the future of developments related to the water crisis from the point of view of futures research requires addressing governmental management and economic policies and national-local agents in the optimal management of water resources and controlling the repercussions of the crisis.

**Keywords:** Water Crisis, Future Research Approach, Crisis Situation, Taibad City.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/jgrd.2023.83607.1307>

مقاله پژوهشی-مطالعه موردی

مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال بیست و یکم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، شماره پیاپی ۴۴

## سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد با رویکرد آینده‌پژوهی

مراد کاویانی راد (دانشیار گروه جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، نویسنده مسئول)

[kaviani@khu.ac.ir](mailto:kaviani@khu.ac.ir)

حمیدرضا گلثومیان (دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران)

[hamidreza.golsoomiyan@alumni.um.ac.ir](mailto:hamidreza.golsoomiyan@alumni.um.ac.ir)

زکيه آفتابی (دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران)

[aftabi@khu.ac.ir](mailto:aftabi@khu.ac.ir)

صص ۳۶۴ - ۳۳۵

### چکیده

درهم‌تنیدگی آب با توسعه، منابع آب شیرین را در کانون توجه جوامع انسانی و واحدهای سیاسی-فضایی به‌ویژه در مناطق کم‌بارش جهان، قرار داده است. طی چند دهه اخیری، شهرستان کم‌بارش تایباد در خاور ایران، با بحران آب روبه‌رو شده است. مقاله حاضر به تدوین سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد می‌پردازد. روش‌شناسی حاکم بر پژوهش توصیفی-تحلیلی است. درون‌داده‌های مورد نیاز پژوهش (داده و اطلاعات) با روش کتابخانه‌ای و میدانی (مصاحبه و پرسشنامه) گردآوری و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای **Micmac** و **Scenario Wizard** بررسی و مطالعه شده است. نتایج پژوهش نشان داد که مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی، مدیریت ناکارآمد منابع آب، تلاش برای توسعه نامناسب، برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی، کم‌توجهی به بحران آب در برنامه‌های توسعه و دگرش اقلیم از پیشران‌های کلیدی مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد است. در

راستای پیشران‌های کلیدی و حالت‌های احتمالی ممکن، خروجی نرم‌افزار Scenario Wizard در قالب سناریوهای قوی و محتمل، نشان داد که از ۱۸ وضعیت حاکم بر صفحه سناریو، وضعیت‌هایی که سناریوهای فراروی بحران آب در شهرستان تایباد را بحرانی بیان می‌کنند، بیشترین وضعیت‌های احتمالی ممکن را در بر می‌گیرند و ۳۸/۸۸ درصد از وضعیت‌های حاکم بر صفحه سناریو را به خود اختصاص دادند. پیش‌بینی آینده تحولات پیونددار با بحران آب از دید آینده‌پژوهی نیازمند پرداختن به سیاست‌های مدیریتی و اقتصادی دولت و کارگزاران ملی-محلی در مدیریت بهینه منابع آب و کنترل بازتاب‌های بحران یاد شده است.

**واژگان کلیدی:** بحران آب، رویکرد آینده‌پژوهی، وضعیت بحرانی و شهرستان تایباد.

#### ۱. مقدمه

پیدایش، ماندگاری و پایداری زیست و زیستگاه انسان، به کارکرد، سلامت و کنش متقابل بنیادهای زیستی وابسته است. زیست‌سپهر به‌همراه زیست‌بوم‌های وابسته و یکپارچه زمین، تجلی‌گاه و کنش‌گاه بنیادهای یاد شده است. بروز هرگونه دگرگونی که به ویرانی و آشفستگی عناصر و عوامل محیط‌زیست بینجامد به تهدید زیست و ناامنی زیستگاه‌ها و مخاطره آینده و تمدن بشر خواهد انجامید. بر بنیاد داده‌ها، امروزه بشر یک و نیم برابر، بیش از ظرفیت و توانش محیط‌زیست زمین از آن برداشت می‌کند (جائو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۲) یا بر آن اضافه‌بار محیطی (جمعیت، فعالیت و سازه) بار کرده است. برون‌داد این وضعیت در بسیاری از زیست‌بوم‌های مناطق گوناگون زمین در قالب تخلیه و تهی‌سازی منابعی مانند کیفیت هوا، آب و خاک، تخریب اکوسیستم‌ها، تخریب زیستگاه‌ها، نابودی حیات‌وحش، گرم شدن کره زمین، دگرش‌های اقلیمی، آلودگی و کاهش منابع محدود آب شیرین نمود یافته است. با وجود اینکه ۷۱ درصد از سطح زمین را آب در بر گرفته است (بولت<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۱۴۲۳۳؛ هاگلند و سورگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲، ص. ۲۰۲)، تنها ۲/۵ درصد از آب موجود در جهان را آب شیرین

1. Gao
2. Bolt
3. Haglund and Sorg

تشکیل می‌دهد (اووسو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۲) که حدود ۹۹ درصد آن در یخچال‌ها و کلاهک‌های یخی، رطوبت خاک و عمق بسیار زیاد قرار دارد و دسترسی به آن وجود ندارد (سیور و احمد<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴، ص. ۲)؛ بنابراین، فقط حدود یک درصد از منابع آب شیرین (بانادوک<sup>۳</sup>، ۲۰۲۲، ص. ۲) و ۰/۰۰۷ درصد از کل منابع آب (ولف<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷، ص. ۲۴۲) برای استفاده انسان در دسترس است و به‌طور نابرابر توزیع شده است (سلامه<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۱۰). در این میان، پیدایش، پایداری و ماندگاری زیست و زیستگاه جوامع انسانی به‌شدت در پیوند با همین مقدار اندک منابع آب شیرین در دسترس بوده است؛ از این‌رو هرگونه تهدید کمی و کیفی منابع آب شیرین تهدید بقا و مدنیت انسان‌ها است. آب، محور تولید انرژی و غذا، توسعه پایدار، توسعه اجتماعی-اقتصادی و اکوسیستم‌های سالم است و برای بقای انسان حیاتی به‌شمار می‌رود. تا چندین دهه پیش تأثیر انسان بر منابع آب، اندک و محلی بود، اما طی چند دهه گذشته برخاسته از افزایش جمعیت و گسترش کشاورزی آب‌بر، مصرف آب به‌شدت افزایش یافته است؛ به‌گونه‌ای که میزان مصرف بر میزان جایگزینی آن در بسیاری از مناطق جهان پیشی گرفته و به بروز بحران به‌ویژه در مناطق کم بارش زمین انجامیده است. بر پایه آمار سال ۲۰۲۲ صندوق کودکان سازمان ملل متحد<sup>۶</sup>، چهار میلیارد نفر -نزدیک به دو سوم جمعیت جهان- هر سال دست‌کم یک ماه درگیر کمبود شدید آب هستند، بیش از دو میلیارد نفر در کشورهای زندگی می‌کنند که تأمین آب آن‌ها ناکافی است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ نیمی از جمعیت جهان ممکن است در مناطقی زندگی کنند که با کمبود آب مواجه هستند. ممکن است تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به ۷۰۰ میلیون تن به دلیل کمبود شدید آب آواره شوند و تا سال ۲۰۴۰، تقریباً از هر چهار کودک در سراسر جهان یک نفر در مناطقی زندگی کند که تنش آبی بسیار زیاد دارد (یونیسف<sup>۷</sup>، ۲۰۲۱). بر پایه گزارش سازمان ملل، انتظار می‌رود جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ به ۸/۶ میلیارد نفر، در سال ۲۰۵۰ به

1. Owusu
2. Siwar and Ahmed
3. Banaduc
4. Wolf
5. Salame
6. United Nations Children's Fund (Unicef)
7. Unicef

۹/۸ میلیارد و در سال ۲۱۰۰ به ۱۱/۲ میلیارد تن برسد (سازمان ملل<sup>۱</sup>، ۲۰۲۲). افزایش جمعیت جهان به‌عنوان واقعیتهی آشکار به کاهش دسترسی به آب شیرین انجامیده است (وادا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۷۳۶). با افزایش جمعیت، تقاضا و فشار بر منابع آب (پتلت-گراود و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸، ص. ۶۱۹) رو به گسترش است. شهرنشینی شتابان، نبود مدیریت مناسب در بهره‌برداری از منابع آب (کوزداس و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۶، ص. ۱۳۸۸)، دگرش اقلیم و خشک‌سالی‌های پیاپی از دیگر عوامل تأثیرگذار بر کمبود منابع آب هستند. این وضعیت در مناطق و کشورهای روی نوار بیابانی زمین ژرفا و گسترش بیشتری داشته است. ایران از آن دست کشورهای روی نوار بیابانی زمین است که به‌ذات سرزمینی کم بارش و خشک به‌شمار می‌رود و برخاسته از افزایش مصرف به‌ویژه در بخش کشاورزی به‌شدت درگیر بحران آب است. میزان بارش از باختر به خاور و از شمال به جنوب شرق کاهش می‌یابد؛ از این‌رو مناطق شرقی درگیر بحران شدیدتر منابع آب هستند. شهرستان تایباد در خاور ایران با ارتفاع بارش ۱۴۳ میلی‌متر در سال ۱۴۰۱ و افت مخزن بلندمدت ۲۸/۶۹- میلیون متر مکعب (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۴۰۱، ص. ۵) با اضافه برداشت ۴۴/۳۴ میلیون متر مکعب آب از چاه‌های مجاز در بخش‌های کشاورزی (۱۷/۸۲)، آشامیدنی و بهداشت (۳/۷۷)، صنعت (۰/۲۲) و خدمات (۰/۳۶) در سال ۱۴۰۱ مواجه بوده است (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۴۰۱، ص. ۱۳)؛ با وجود این، سند آمایش استان خراسان رضوی در بخش تخصیص و اولویت‌های توسعه استان، در کنار توسعه گمرک بین‌المللی برای صدور انواع کالا و موسیقی محلی، توسعه کشاورزی را در اولویت توسعه شهرستان تایباد در افق ۱۴۰۴ قرار داده است (سند آمایش استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹، ص. ۱۶)؛ از این‌رو پژوهش پیش‌رو با این پرسش که «محمّل‌ترین سناریوی فراروی بحران آب در شهرستان تایباد کدام است؟» با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌پژوهی، به شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر بحران آب در

- 
1. Un: United Nations
  2. Wada
  3. Petelet-Giraud
  4. Kuzdas

شهرستان تایباد و در نهایت به واکاوی محتمل‌ترین سناریوی پیش روی بحران آب در شهرستان تایباد پرداخته است.

## ۲. پیشینه تحقیق

در زمینه بحران آب در شهرستان تایباد پژوهش درخوری انجام نشده است. پژوهشگران ناگزیر به بررسی مطالعات پژوهشی که از نظر موضوع، محتوا و روش به پژوهش حاضر نزدیک است، می‌پردازند و تجربه دیگر کشورها نیز آورده می‌شود.

ولایتی (۱۳۸۵) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی بحران آب استان خراسان (شمالی، رضوی، جنوبی)» نشان داد که عامل اصلی بحران آب در این استان‌ها اضافه برداشت‌های مستمری است که توسط چاه‌های عمیق از آبخوانه دشت‌ها صورت می‌گیرد و پیامدهای بحران آب را در این استان‌ها، افزایش هزینه پمپاژ آب، شور شدن آب زیرزمینی، نشست زمین و مشکلات زیست‌محیطی بیان کرد. صالحی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی تایباد» بیان کردند، تعیین میزان بهینه برداشت از منابع آب، نقش مهمی در پایداری منابع کمیاب در این شهرستان دارد. شاهدهی و طالبی حسین‌آباد (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «ارائه چند شاخص کاربردی به‌منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه؛ مطالعه موردی حوضه آبریز قره قوم» تایباد را به‌عنوان زیرحوضه قره‌قوم بررسی کرده و آن را از نظر منابع آب در شرایط بحرانی معرفی کردند. آن‌ها بیان کردند که تراکم جمعیت در این زیرحوضه با منابع آب موجود تطابق ندارد. سرپرست<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی برنامه‌های اقدام مبارزه‌ای بر روند خطر بیابان‌زایی: مطالعه موردی منطقه تایباد- باخرز (شمال شرق ایران)» بیان کردند که بی‌توجهی به فعالیت‌های انسان مانند فعالیت کشاورزی، پمپاژ بیش‌ازحد منابع آب زیرزمینی و دیگر عواملی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با معیشت مردم در ارتباط است، منجر به افزایش خطر بیابان‌زایی در این منطقه شده است و نتایج حاکی از روند خطر بیابان‌زایی در این منطقه است. سامعیان و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «ایران در دو دهه گذشته چقدر آب از

1. Sarparast

دست داده است؟» نشان دادند که در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۳ میزان هدررفت آب ایران  $km^3$   $211 \pm 34$  بوده است و بیان کردند در این دوره زمانی میانگین سطح آب زیرزمینی ایران روند منفی معناداری را نشان می‌دهد. آن‌ها حوضه قره‌قوم را به‌عنوان حوضه‌هایی معرفی کردند که بیشترین میزان سطح آب زیرزمینی را از دست داده است. رضاییان و رضایان (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به آینده‌پژوهی بحران آب در ایران با روش سناریوپردازی پرداخته است. بهشتی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهای مدیریت منابع آب بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی» از روش توسعه سناریو برای انجام این مقاله بهره برده است. زیتتی فخرآباد و عسکری مقدم (۱۴۰۰) به آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آب در نواحی مرزی ایران پرداخته است. آفتابی و همکاران (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان «تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق» با استفاده از نرم‌افزارهای *Micmac* و *Scenario Wizard* به آینده‌پژوهی مناسبات دو کشور ایران و عراق پرداختند. کرکسچ<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهایی برای خشک‌سالی مقاوم و مدیریت کم‌آبی در انگلستان و ولز» چهار سناریو پذیرس افول، برخاستن از چالش، تکیه بر شانش و پذیرش منفعل را بررسی کردند. سوزا موریرا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهای آینده برای توسعه صنعت نمک‌زدایی در زمینه کمبود آب: مطالعه موردی برزیل» با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی سناریو به تحلیل چهار سناریو تضعیف، توسعه کامل، رشد متوسط و ادامه روند فعلی صنعت نمک‌زدایی در این کشور پرداختند.

---

1. Crecksch

2. De souza Moreira



## ۳. روش شناسی تحقیق

## ۳.۱. محیط شناسی تحقیق

شهرستان تایباد در شمال خاوری ایران و جنوب خاوری استان خراسان رضوی قرار دارد. بر پایه آخرین تقسیمات کشوری، این شهرستان دارای دو بخش (مرکزی و میان ولایت)، چهار دهستان (پایین ولایت، کرات، دشت تایباد و کوهسنگی)، سه نقطه شهری (تایباد، کاریز و مشهدریزه) و ۳۴ نقطه روستایی دارای سکنه است (فرمانداری شهرستان تایباد، ۱۳۹۹: ص ۲۸).

## جدول ۱. شناسه‌های جمعیتی شهرستان تایباد

مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵

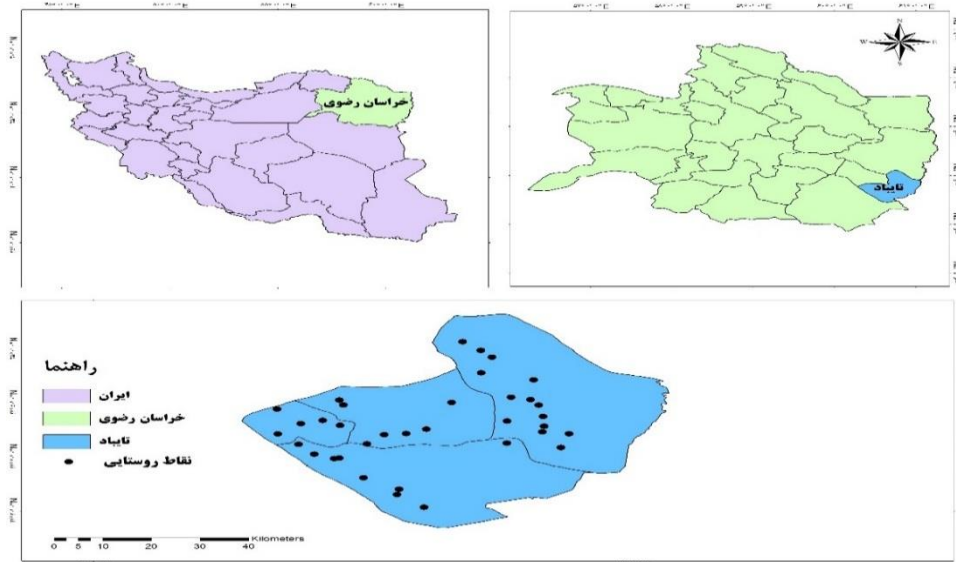
شهرستان	مساحت (کیلومتر)	جمعیت (نفر)	نرخ رشد (درصد)	تراکم (درصد)	شهرنشینی (نفر)	روستانشینی (نفر)	روستا	دهستان	بخش
تایباد	۲۹۲۹/۰۶	۱۱۷۵۶۴	۲/۱	۴۰/۱۳	۷۷۷۶۹	۳۹۷۹۳	۳۴	۴	۲

این شهرستان در منطقه خشک و نیمه خشک کشور با بحران آب روبه‌رو است (جهاد کشاورزی شهرستان تایباد، ۱۴۰۰، ص ۵۷). بیشترین میزان مصرف آب شهرستان تایباد با حجم کل ۸۹/۲ میلیون متر مکعب در سال ۱۴۰۱ به بخش کشاورزی (جدول ۲) اختصاص دارد (آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۴۰۱، ص ۸).

## جدول ۲. حجم برداشت آب (میلیون متر مکعب) در سال ۱۴۰۱ در شهرستان تایباد

مأخذ: آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۴۰۱، ص ۸

مصارف	منابع آب سطحی	منابع آب زیرزمینی	جمع
کشاورزی	۱/۶	۸۷/۶	۸۹/۲
شرب و بهداشت	۰/۰	۱۴/۳	۱۴/۳
صنعت	۰/۰	۰/۶	۰/۶
خدمات	۰/۱	۱/۶	۱/۷
جمع کل	۱/۷	۱۰۴/۲	۱۰۵/۸



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۲

### ۲.۳. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر ماهیت کاربردی دارد. درون‌داده‌های موردنیاز با روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و با رویکرد ترکیبی کمی-کیفی (آمیخته) و تحلیل ساختاری و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Micmac و Scenario Wizar و اکاوی شد. در پژوهش پیش رو، ابتدا با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای، مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی و از طریق مصاحبه با خبرگان صحت آن‌ها بررسی شد. سپس پرسش‌نامه پژوهشگرساخته‌ای در قالب ماتریس تحلیل اثرات، تنظیم شد و در نرم‌افزار Micmac میزان ارتباط متغیرها با حوزه مربوط توسط خبرگان شناسایی شد و شش متغیر به‌عنوان متغیرهای کلیدی پژوهش شناسایی شدند. در مجموع، ۲۶ حالت برای شش متغیر کلیدی در نظر گرفته شد. بر پایه متغیرهای کلیدی و حالت‌های گوناگون آن پرسش‌نامه‌ای به‌صورت متقاطع، طراحی شد و در اختیار جامعه آماری پژوهش قرار گرفت. پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده در نرم‌افزار Scenario wizard از طریق دستور Ensemble وارد شد. وزن‌دهی به پرسش‌نامه به‌صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط بین متغیرها با اعداد بین ۳- تا ۳+ سنجیده شد. سبده

سناریوهای فراوی بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی و سناریوهای با سازگاری قوی تحلیل شدند. محتمل‌ترین سناریو شناسایی و راهکارهای مناسب با محتمل‌ترین سناریو تدوین شد. گفتنی است، خبرگان روایی پرسش‌نامه‌های تنظیم‌شده را تأیید کردند.

### جدول ۳. مشخصات جامعه آماری تحقیق

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

خبرگان اجرایی			خبرگان دانشگاه	
تعداد	تخصص	سازمان	تعداد	حوزه تخصصی
۱	علوم اجتماعی	فرمانداری شهرستان تایباد	۴	مهندسی منابع آب
۱	علوم سیاسی		۹	جغرافیای سیاسی
۲	مهندسی منابع آب	جهاد کشاورزی شهرستان تایباد	۲	حقوق آب
۲	مهندسی کشاورزی (گرایش آب)	منابع طبیعی و آبخیزداری تایباد		
۱	مهندسی منابع آب	وزارت نیرو	۴	علوم سیاسی
۲	مهندسی منابع آب	آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی		

### ۴. مبانی نظری تحقیق

#### ۴.۱. امنیت آب

امنیت آب از یک سو دانش‌واژه‌ای (اصطلاح) فراگیر و گسترده است که برای توصیف چالش‌های بی‌شمار آب استفاده می‌شود و از دیگر سو دانش‌واژه‌ای پیچیده است. این پیچیدگی در مفهوم امنیت آب به این دلیل است که دانش‌واژگان تنش آب<sup>۱</sup>، کمبود آب<sup>۲</sup> و واژگانی از این دست که تعریف روشنی ندارند، با نامنی آب، مترادف و یکسان در نظر گرفته می‌شوند. تعاریف بسیاری از اصطلاح امنیت آب وجود دارد؛ زیرا این دانش‌واژه توسط

1. Water stress
2. Water scarcity

بسیاری از جوامع علمی از پزشکان گرفته تا جغرافی‌دانان، سیاست‌مداران و همچنین بسیاری از رشته‌های علمی در سطوح مختلف فردی، خانواده، جامعه و غیره به کار می‌رود. این تعاریف با نگرش به تأکید و برداشت آن‌ها از رفاه، بوم‌سازگان، پایداری، حاکمیت، نیازهای تولیدی و کشاورزی، قابلیت‌های انسانی، روابط اجتماعی و فرهنگی و نیازهای انسانی ناهمسان است.

از دیدگاه مشارکت جهانی آب<sup>۱</sup>، امنیت آب هدفی فراگیر است که در آن هر فرد به آب سالم، کافی با هزینه مقرون به صرفه دسترسی دارد تا زندگی پاک، سالم و مولد داشته باشد؛ درحالی‌که محافظت و بهبود محیط‌زیست را تضمین می‌کند (سیور و احمد، ۲۰۱۴، ص ۴). گری و سادوف<sup>۲</sup> امنیت آب را دسترسی مطمئن به کمیت و کیفیت قابل قبول آب برای سلامت، معیشت، نیازهای بوم‌سازگان و تولید همراه با سطح قابل قبولی از خطرات پیونددار با آب برای جوامع انسانی، محیط‌زیست و اقتصاد تعریف می‌کنند (گری و سادوف، ۲۰۰۷، ص. ۵۴۶). گری و همکاران، امنیت آب را سطح قابل تحملی از خطرات پیونددار با آب برای جامعه توصیف کرده‌اند (گری و همکاران، ۲۰۱۳، ص. ۱). امنیت آب دسترسی پایدار به مقادیر کمی و کیفی آب کافی برای جوامع و بوم‌سازگان در مواجهه با دگرگونی‌های نامطمئن جهانی است (ذاکری و همکاران، ۲۰۲۲، ص. ۳۱)؛ از این رو امنیت آب به معنای گسترده کلمه از مسائل حیاتی صلح، ثبات و رفاه بوده و خواهد بود.

پژوهشگران و دانشمندان عواملی که امنیت آب را تهدید می‌کنند، به سه گروه تقسیم می‌کنند:

گروه اول عوامل مؤثر بر امنیت آب را عوامل طبیعی از جمله دگرش اقلیم، رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و غیره می‌دانند؛  
گروه دوم امنیت آب را لزوماً معضلی سیاسی می‌دانند. این گروه استدلال می‌کنند، همان‌گونه که گزارش تولید انسانی سازمان ملل متحد<sup>۴</sup> تأکید می‌کند، بحران آب برآیند کمبود

1. Global water partnership (GWP) (2000)- (world water council,2000)
2. Siwar & Ahmed
3. Grey & Sadoff
4. United nations human development report

آب نیست، بلکه نتیجه قدرت و نابرابری است. برای گروه‌های آسیب‌پذیر جامعه، ناامنی آب و کمبود آبِ در دسترس، گویای توزیع نابرابر حجم، کیفیت و خدمات آب در ساختار نابرابر قدرت است (مارتینز-آلیر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲؛ سوسان و آرینس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴؛ سوینگدوو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵؛ بولنز و ووس<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲)؛

گروه سوم، عوامل مؤثر بر تهدید امنیت آب را ترکیبی از عوامل طبیعی و عوامل سیاسی (نابرابری قدرت) می‌دانند.

#### ۲.۴. بحران آب

بحران آب وضعیتی است که منابع آب در یک مکان کمتر از تقاضا و نیاز آن مکان باشد (زرگان و ویز-موسوی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶، ص ۱). بحران آب در دهه‌های اخیر به نگرانی فزاینده کارشناسان و دانشمندان حوزه آب و رسانه‌ها تبدیل شده است (بیسواس و ترتجاده<sup>۶</sup>، ۲۰۱۹، ص ۷۲۸). نتیجه کلی غالب تحلیل‌های جهانی منابع آب گویای آن است که سهم بزرگی از جمعیت جهان، تا دو سوم، در آینده تحت تأثیر کمبود آب قرار خواهند گرفت (براون<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۹، ص ۲۱۹؛ یان<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۸، ص ۳۰۷۱). بحران آب را نمی‌توان تنها خاص مناطق خشک و نیمه‌خشک دانست؛ بلکه ۴۳ کشور جهان درگیر این بحران هستند (خطیبی<sup>۹</sup>، ۲۰۱۹، ص ۵۰). در این باره، سازمان ملل متحد هشدار داده است که اگر میزان مصرف آب با روند کنونی ادامه یابد، ۱.۸ میلیارد نفر از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود منابع آبی روبه‌رو خواهند شد. همچنین مجمع جهانی اقتصاد، بحران آب را چهارمین بحران احتمالی و دومین بحران تأثیرگذار در سطح جهان دانست (زرگان و ویز-موسوی، ۲۰۱۶، ص ۱)؛ از این رو بحران آب به‌عنوان یکی از چالش‌های بزرگ جهان امروز در برابر امنیت آب قرار

1. Martinez-Alier
2. Soussan & Arriens
3. Swyngedouw
4. Boelens & Vos
5. Zargan & Waez mousavi
6. Biswas & Tortajade
7. Brown
8. Yan
9. Khatibi

می‌گیرد و به موضوع کمبود و کاهش منابع آب، دگرش‌های آب و هوا، کیفیت نامناسب آب و مجموعه عوامل دیگر اشاره دارد. عوامل گوناگونی به بروز بحران آب انجامیده‌اند که عبارت‌اند از:

عوامل طبیعی: این عوامل شامل دگرش‌های آب و هوا، خشک‌سالی، سیلاب، افت ظرفیت محیط‌زیست در تأمین آب و غیره هستند که می‌توانند به کاهش منابع آب و کیفیت نامناسب آب منجر شوند (کوک و بیکرا، ۲۰۱۲ ص. ۱۰۰)؛

عوامل اقتصادی: این عوامل شامل رشد جمعیت، توسعه صنعتی و کشاورزی، تغییرات قیمت آب و غیره هستند که می‌توانند تأثیر بسیاری بر مصرف آب داشته باشند (ناگل، ۲۰۰۲ ص. ۱۵۹)؛

عوامل اجتماعی: عوامل اجتماعی مانند رفتارهای مصرف‌کننده، نظام مدیریت و تخصیص آب، نحوه مدیریت آب می‌توانند تأثیر بسیاری بر بحران آب داشته باشند (پاچائوری و همکاران، ۲۰۱۴ ص. ۱۵۱)؛

عوامل سیاسی: سیاست‌های دولتی در مدیریت منابع آب، جنگ‌ها و درگیری‌های بین‌المللی بر سر منابع آب، نظام مالکیت منابع آب و نیز اجرای قوانین و مقررات پیونددار با آب می‌توانند به بروز بحران آب منجر شوند (جیانگ، ۲۰۱۵ صص. ۱۲۵-۱۰۶).

بر پایه مطالبی که برشمرده شد، بحران آب نشان می‌دهد که عوامل طبیعی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی می‌توانند بر بحران آب تأثیرگذار باشند و انواع مختلفی از بحران را خلق کند. بحران آب به سه مرحله بحران اولیه، بحران میانی و بحران نهایی تقسیم‌بندی شده است: در بحران اولیه، کمبود آب یا کیفیت نامناسب آب، نیازهای آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ در بحران میانی، تأثیرات بحران اولیه به دلیل برطرف نشدن مشکل، افزایش می‌یابد؛ در بحران نهایی، اثرات بحران اولیه و میانی به شدت تشدید می‌شود و می‌تواند به خطر جدی برای

1. Cook & Bakker
2. Nagel
3. Pachauri
4. Jiang

سلامت و بقای انسان‌ها و حیات وحش، اقتصاد و منابع طبیعی منجر شود (بیسواس و تورتاچادا، ۲۰۱۹ ص. ۹۱۳).

## ۵. یافته‌های تحقیق

### ۵.۱. شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد

در مرحله نخست پس از بررسی پژوهش‌ها، مستندات و پیشینه پژوهش در قالب کتاب، مقاله، اسناد و مدارک، پژوهشگران متغیرهای مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد را شناسایی کردند. سپس متغیرهای شناسایی شده به بوته آزمایش گذاشته شد؛ بدین صورت که با خبرگان پژوهش، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته برای بررسی متغیرهای شناسایی شده، انجام شد و متغیرها بررسی شدند. در این مرحله شماری از متغیرها حذف، برخی اضافه و تعدادی در هم ادغام شدند. سرانجام، ۷۱ متغیر تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد در قالب چهار بعد مدیریتی، اقتصادی-فنی، جغرافیایی-طبیعی و سیاسی-اجتماعی شناسایی و تنظیم شد (جدول ۴).

### جدول ۴. متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

میانگین اهمیت متغیر	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	کد	بمد
۲/۱	مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد	X1	۳ ۲ ۵
۱/۱	وجود مدیریت بحران به جای مدیریت ریسک	X2	
۱/۲	نبود اراده در مسئولان مربوط برای تغییر وضعیت از مدیریت بحران (انفعالی) به مدیریت پیشگیرانه (فعال)	X3	
۱/۳	در پیش گرفتن سیاست افزایش جمعیت، بدون برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع و مصرف آب	X4	
۲/۴	مصرف بی‌رویه و سوء مدیریت منابع آبی در بخش کشاورزی	X5	
۱/۳	ضعف مدیریت آب‌های سطحی و روان‌آب‌های جاری	X6	

میانگین اهمیت متغیر	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	کد	بعد
۱/۸	ضعف مدیریت زراعت و باغبانی در اقصا نقاط شهرستان	X7	
۱/۴	نبود برنامه‌ریزی اجرایی برای استفاده از آب‌های مرزی و مشترک که از کشور خارج می‌شود	X8	
۱/۲	نبود الگوهای کشت بهینه	X9	
۲/۸	انتقال آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف	X10	
۱/۸	کم بودن بهره‌وری آب کشاورزی و راندمان آبیاری	X11	
۱/۴	تفکیک نشدن آب شرب و بهداشتی	X12	
۱/۲	تلاش برای توسعه نامناسب	X13	
۱/۸	نبود سند توسعه آب	X14	
۱/۶	نبود مشارکت ذی‌نفعان در بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب	X15	
۲/۵	نبود تطابق محصولات کشاورزی با ظرفیت‌های اکولوژیکی	X16	
۱/۶	تداوم روش‌های غلط آبیاری مثل آبیاری غرقابی	X17	
۱/۴	آلوده کننده‌های منابع آب (کود و آفت‌کش)	X18	
۱/۳	الگوی کشت سنتی آب‌بر	X19	
۲/۹	برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی	X20	
۱/۷	ساختار نامناسب حکمرانی آب	X21	
۱/۱	ضعف سیاسی سازمان حفاظت از محیط‌زیست و فقدان نگرش درازمدت	X22	
۱/۶	افزایش شمار چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بدون مجوز	X23	
۲/۲	صادرات آب (آب مجازی) با صادرات محصولات کشاورزی	X24	
۱/۳	تخریب سازه‌های آبرسانی (کانال‌های آبیاری)	X25	
۱/۲	ناهماهنگی نهادها و دست‌اندرکاران مدیریت منابع آب	X26	
۱/۸	آبیاری فضای سبز شهری با آب آشامیدنی	X27	
۱/۳	شست‌وشوی معابر با آب آشامیدنی	X28	
۱/۲	آبزی‌پروری و آلودگی آب	X29	اقتصادی-فنی
۲/۵	افزایش صادرات آب مجازی یا پنهان با کشت محصولات آب‌بر (هندوانه و خربزه)	X30	
۱/۷	نبود رعایت استانداردها در بخش‌های صنعتی	X31	
۱/۴	فعالیت‌های دامداری	X32	
۱/۵	نامناسب بودن شکل و وسعت مزارع در ارتباط با مقدار آب و نحوه آبیاری	X33	
۱/۱	قیمت‌گذاری نامناسب منابع آب	X34	



میانگین اهمیت متغیر	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	کد	بعد	
۱/۳	نبود شبکه توزیع یکپارچه آب	X35		
۱/۸	نبود حوضچه‌های تغذیه مصنوعی	X36		
۱/۲	چرای بی‌رویه دام	X37		
۱/۳	توسعه صنایع آب‌بر	X38		
۱/۶	ظرفیت‌های استفاده نشده سدهای مخزنی به دلیل کمبود یا فقدان شبکه آبیاری مناسب	X39		
۱/۳	تأمین نشدن به موقع منابع مالی مورد نیاز برای اجرای پروژه‌های آبی	X40		
۱/۲	اتخاذ تصمیمات نادرست در مورد تخصیص آب و توانایی نداشتن کشاورزان در بهینه‌سازی آبیاری	X41		
۱/۱	نبود آب‌شیرین‌کن صنعتی	X42		
۱/۹	فرسودگی شبکه آب‌رسانی شهری و روستایی	X43		
۱/۳	تصویب نشدن فاضلاب و پساب	X44		
۱/۲	موقعیت جغرافیایی بالادستی افغانستان	X45		-جغرافیایی - طبیعی
۱/۸	افزایش میزان دما در منطقه	X46		
۱/۷	کاهش حجم فضاهای خالی و نشست زمین	X47		
۱/۹	افت بارندگی در مقایسه با روند بلندمدت	X48		
۲/۷	تغییر اقلیم	X49		
۱/۲	تبخیر و تعرق زیاد	X50		
۱/۵	نبود تطابق مکانی آب و خاک	X51		
۱/۲	نبود تطابق زمانی بارش و فصل مصرف	X52		
۱/۳	گرمایش جهانی	X53		
۱/۳	کاهش بارش و پراکنش ناهمگون آن	X54		
۱/۸	افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی	X55		
۱/۷	شور شدن تدریجی آبخوان‌ها	X56		
۱/۹	روند کاهنده بارش در منطقه	X57		
۱/۹	خشکسالی‌های پیاپی	X58		
۱/۱	از بین رفتن پوشش گیاهی منطقه و تضعیف آبخوان‌ها	X59		
۱/۸	افزایش بیش‌ازحد تبخیر از سطح زمین به علت گسترش و پیش روی کویر	X60		
۱/۱	افزایش سطح زندگی	X61	سیاسی اجتماعی	
۱/۹	پایین بودن سطح سواد زیست‌محیطی شهروندان	X62		

میانگین اهمیت متغیر	متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد	کد	بعد
۱/۸	کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه	X63	
۱/۴	تغییر سبک زندگی	X64	
۱/۹	افزایش جمعیت و افزایش مصرف آب	X65	
۱/۱	پراکندگی نامناسب جمعیت	X66	
۱/۲	مهاجرت و خالی از سکنه شدن روستاها	X67	
۱/۳	منازعات ذی‌نفعان در تخصیص آب	X68	
۱/۸	کاهش تولیدات کشاورزی و تهدید امنیت غذایی	X69	
۱/۶	منازعات بالادست و پایین‌دست	X70	
۱/۲	گسترش فزاینده حاشیه‌نشینی	X71	

#### ۲.۵. شناسایی متغیرهای کلیدی (پیشران‌های) مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد

در این پژوهش پس از شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد، پرسش‌نامه پژوهشگرساخته‌ای در قالب ماتریس اثرات متقاطع تنظیم شد و در اختیار خبرگان پژوهش قرار گرفت تا با بهره‌گیری از نظر خبرگان دانشگاهی و مدیران اجرایی به بررسی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها پرداخته شود. نتایج پرسش‌نامه وارد نرم‌افزار Micmac شد. خروجی این نرم‌افزار شش متغیر کلیدی مؤثر بر بحران آب در شهرستان تایباد را نشان داد.

#### جدول ۵. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	صفر	یک	دو	سه	P	جمع	درصد پُرشدگی
مقدار	۷۱*۷۱	۲	۶۳۱	۴۱۷	۹۲۴	۱۰۹۳	۴۴	۳۱۰۹	۹۱/۰۸۸

در تحلیل انجام‌شده، ابعاد ماتریس در نرم‌افزار میک‌مک ۷۱\*۷۱ بوده و تعداد تکرارها دو بار در نظر گرفته شده است. شاخص پُرشدگی ماتریس نیز ۹۱/۰۸۸ درصد است که این میزان نشان می‌دهد بیش از ۹۱ درصد، متغیرها بر یکدیگر تأثیر داشته یا از هم تأثیر پذیرفته‌اند. از مجموع ۳۱۰۹ رابطه قابل‌شناسایی، ۶۳۱ رابطه بدون تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری (صفر)، ۴۱۷

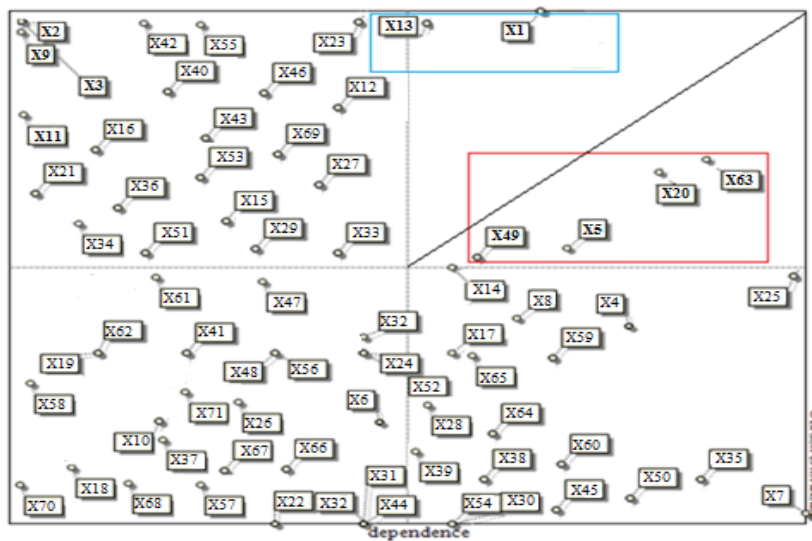
رابطه دارای اثرات متقاطع (۱)، ۹۲۴ رابطه دارای اثرات متقاطع (۲) و ۱۰۹۳ رابطه دارای اثرات متقاطع (۳) و ۴۴ رابطه اثر بالقوه (P) دارند. نتایج گویای آن است که تعداد روابط با اثرگذاری زیاد نسبت به دیگر روابط بیشتر است و روابط با تأثیر بالقوه، درصد کمی از مجموع روابط تشکیل را داده است.

جدول ۶. درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

محدوده	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	چرخش
شهرستان تایباد	%۹۹	%۹۶	۱
	%۹۹	%۹۸	۲

۳.۵. تحلیل سیستم و تعیین تأثیرگذاری-تأثیرپذیری متقابل متغیرها بر یکدیگر



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

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

در نمودار پراکندگی چهار گروه از متغیرها به شرح زیر قابل شناسایی هستند:

متغیرهای دوجبهی: این متغیرها با قرارگیری در بخش شمال شرقی نمودار، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیادی دارند. این متغیرها کلیدی به شمار می‌روند؛ زیرا هم بر پویایی سیستم تأثیرگذارند و هم قابلیت کنترل دارند و به دو دسته متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند: متغیرهای ریسک زیاد خط قطری در این ناحیه قرار دارند و از اهمیت بیشتری برخوردارند؛ متغیرهای هدف در زیر خط قطری این ناحیه قرار دارند و در درجه اهمیت کمتری در مقایسه با متغیرهای ریسک قرار دارند؛

متغیرهای تأثیرگذار: این متغیرها در قسمت شمال غربی محور مختصات، تأثیرگذاری زیاد و تأثیرپذیری کم دارند و به علت تأثیرپذیری کم، این متغیرها کلیدی به شمار نمی‌آیند؛ متغیرهای مستقل: این متغیرها در قسمت جنوب غربی نمودار پراکندگی قرار دارند و دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کم هستند؛

متغیرهای وابسته: این متغیرها با قرارگیری در قسمت جنوب شرقی محور مختصات تأثیرگذاری کم و تأثیرپذیری زیاد دارند.

با نگرش به شکل ۲ و توضیحات مذکور، شش متغیر مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد (x1)، مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی (x5)، تلاش برای توسعه نامناسب (x13)، برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی (x20)، تغییر اقلیم (x49) و کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه (x63) به عنوان متغیرهای کلیدی 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، مطابق جدول ۷ بیان می‌شود.

جدول ۷. شرح حالت‌های احتمالی ممکن برای متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد  
 مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
A	مدیریت منابع آب	A1	منابع آبی به صورت کاملاً کارآمد و بهینه مدیریت می‌شوند.	مطلوب
		A2	هیچ تلاشی برای بهبود وضعیت منابع آبی انجام نمی‌شود.	ایستا
		A3	بهبود نسبی در مدیریت منابع آب حاصل شود.	نیمه‌بحرانی
		A4	منابع آبی به صورت کاملاً ناکارآمد و بحران‌زده مدیریت می‌شوند.	بحرانی
B	مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی	B1	از مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی به طور کامل جلوگیری می‌شود.	مطلوب
		B2	جلوگیری نسبی از مصرف بی‌رویه منابع آب	نیمه‌مطلوب
		B3	به روند موجود ادامه داده می‌شود.	نیمه‌بحرانی
		B4	مصرف آب در بخش کشاورزی نسبت به قبل افزایش شدیدی می‌یابد.	بحرانی
C	تلاش برای توسعه نامناسب	C1	برنامه‌ریزی اصولی در زمینه توسعه	مطلوب
		C2	ادامه روند موجود	ایستا
		C3	انجام برنامه‌های توسعه‌ای کم توجه به پیامدها و بازتاب‌های ممکن	بحرانی
D	برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی	D1	تقویت و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی	مطلوب
		D2	ادامه روند موجود	ایستا
		D3	فرونشست و مرگ پنهان زمین	بحرانی
E	کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه	E1	توجه نسبی به بحران آب در برنامه توسعه	نیمه مطلوب
		E2	توجه اصولی به بحران آب در برنامه توسعه	مطلوب
		E3	ادامه روند موجود	ایستا
		E4	در نظر گرفتن نسبی بحران آب در برنامه توسعه	نیمه‌بحرانی
		E5	در نظر نگرفتن بحران آب در برنامه‌های توسعه	بحرانی
F	تغییر اقلیم	F1	بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	نیمه

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
				مطلوب
		F2	بهبود کامل وضعیت اقلیمی	مطلوب
		F3	ادامه روند موجود	ایستا
		F4	تشدید وضعیت موجود	نیمه بحرانی
		F5	فجایع اقلیمی	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. با نگرش به این امر که در اینجا هدف تهیه سناریوهای ممکن از ۲۴ وضعیت احتمالی مربوط به شش عامل کلیدی است، انتظار می‌رود بیش از ۴۵۱۰ سناریوی تلفیقی محتمل از میان این وضعیت‌های احتمالی استخراج شود که در برگیرنده همه حالات پیش‌روی امنیت آبی شهرستان تایباد باشد. نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Scenario wizard نشان داد که پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل پیش‌روی بحران آب در این شهرستان وجود دارد. شکل ۳ تابلوی سناریوهای با سازگاری قوی را نشان می‌دهد. در این تابلو رنگ‌های سبز وضعیت کاملاً مطلوب، آبی نشان‌دهنده وضعیت نیمه‌مطلوب، رنگ زرد بیانگر وضعیت ایستا، رنگ صورتی وضعیت در آستانه بحران و رنگ قرمز نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. تابلوی سناریوهای قوی از ۱۸ وضعیت احتمالی مربوط به پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل تشکیل شده است.

Scenario No. 1	Scenario No. 2	Scenario No. 3	Scenario No. 4	Scenario No. 5
مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: جلوگیری نسبی از مصرف بی رویه در بخش کشاورزی	تغییر اقلیم: فجاج اقلیمی	تغییر اقلیم: فجاج اقلیمی	مدیریت منابع آب: مدیریت بهینه منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت بهینه منابع آب
تلاش برای توسعه نامناسب: برنامه ریزی بدون در نظر گرفتن جوانب ممکن	تغییر اقلیم: بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	تغییر اقلیم: بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	مدیریت منابع آب: مدیریت بهینه منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت بهینه منابع آب
برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی: جلوگیری نسبی از برداشت	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	کم توجهی به بحران آب در برنامه توسعه: توجه نسبی به بحران آب در برنامه توسعه	تغییر اقلیم: ادامه روند موجود
مدیریت منابع آب: بهبود نسبی مدیریت آب	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	تغییر اقلیم: تغییر اقلیم: بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	تغییر اقلیم: تغییر اقلیم: بهبود نسبی وضعیت اقلیمی
کم توجهی به بحران آب در برنامه توسعه: در نظر نگرفتن بحران آب در برنامه توسعه	برداشت بی رویه از سفره های زیرزمینی: مرگ ناگهانی زمین	برداشت بی رویه از سفره های زیرزمینی: مرگ ناگهانی زمین	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب
کم توجهی به بحران آب در برنامه توسعه: توجه نسبی به بحران آب در برنامه توسعه	مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: ادامه روند موجود	مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: ادامه روند موجود	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب	مدیریت منابع آب: مدیریت ناکارای منابع آب
مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: افزایش شدید مصرف منابع آب در بخش کشاورزی	مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: افزایش شدید مصرف منابع آب در بخش کشاورزی	مصرف بی رویه منابع آب در بخش کشاورزی: افزایش شدید مصرف منابع آب در بخش کشاورزی	برداشت بی رویه از سفره های زیرزمینی: تغذیه مصنوعی سفره های زیرزمینی	برداشت بی رویه از سفره های زیرزمینی: تغذیه مصنوعی سفره های زیرزمینی

شکل ۳. تابلو سناریوها محتمل و قوی فراوری بحران آب در شهرستان تایباد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

همان‌گونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، تعداد وضعیت بحرانی بر دیگر وضعیت‌های ممکن برتری دارد. از میان وضعیت‌های احتمالی، ۳۸/۸۸ درصد وضعیت بحرانی، ۲۲/۲۲ درصد وضعیت نیمه‌بحرانی، ۱۶/۶۶ درصد وضعیت ایستا، ۱۱/۱۱ درصد وضعیت نیمه‌مطلوب و ۱۱/۱۱ درصد وضعیت مطلوب داشتند.

#### ۶.۵. گروه‌بندی و تحلیل سناریوهای قوی

سناریوهای قوی با در نظر داشتن ویژگی و وضعیت‌های حاکم بر آن‌ها به سه گروه تقسیم می‌شوند و برای هر گروه سناریو تدوین می‌شود.

#### ۶.۵.۱. گروه نخست: محتمل‌ترین سناریو، سناریوی بحرانی

این سناریو با توجه به نتایج تحقیق، محتمل‌ترین سناریوی ممکن شناخته شد. با نگرش به کاهش شدید میزان بارش‌ها در روند بلندمدت، شهرستان تایباد با کمبود آب روبه‌رو خواهد شد. این کمبود آب با گسترش سطح زیر کشت محصولات پُرآب‌بر تشدید می‌شود و به فرونشست زمین خواهد انجامید. با گسترش سطح زیر کشت محصولات آب‌بر، نیاز به استفاده

از منابع آبی نیز افزایش خواهد یافت، اما با نگرش به افزایش شدید دما، تبخیر و تعرق محصولات نیز افزایش خواهد یافت و در نتیجه نسبت بازدهی آبیاری به مصرف آب کاهش خواهد یافت. همچنین با افزایش برداشت آب از آب‌های زیرزمینی، منابع آب شیرین قابل استفاده در شهرستان تایباد کاهش خواهند یافت. انتقال گسترده آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف مزید بر علت است؛ بنابراین در آینده، تایباد با چالش‌های جدی بر سر فراهم‌سازی آب درگیر خواهد شد. کمبود آب و کاهش راندمان آبیاری به کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش هزینه‌های تولید خواهد انجامید. همچنین فرونشست زمین و گسترش سطح زیر کشت محصولات آب بر باعث خسارت به منابع طبیعی و محیط‌زیست منطقه خواهد شد. مدیریت ناکارآمد منابع آب بر وضعیت موجود دامن خواهد زد و شرایط بحرانی فراروی مسئله آب در این شهرستان قرار خواهد داد. احتمال کوچ گسترده از شهرستان تایباد به علت کاهش شدید منابع آب رخ خواهد داد.

#### ۲.۶.۵. گروه دوم: سناریوی با تغییرات آهسته، ادامه روند موجود

با نگرش به تغییر نکردن چشمگیر در میزان بارش‌ها، کمبود منابع آب آشامیدنی و آبیاری به شدت افزایش می‌یابد و به کاهش کیفیت آب شرب و نارضایتی عمومی در جامعه می‌انجامد. ادامه روند صادرات آب مجازی با کشت محصولات آب‌بر به کاهش منابع آب در شهرستان منجر شده و باعث کاهش سطح تولید و رشد اقتصادی شهرستان می‌شود. انجام نشدن هیچ تلاشی برای افزایش راندمان آبیاری، باعث هدررفت منابع آب و کاهش بهره‌وری در کشاورزی می‌شود و به نابودی سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌انجامد. از سویی مصرف گسترده و بدون تغییرات درخور توجه آب در بخش کشاورزی، باعث افزایش ورشکستگی آب در منطقه و کاهش تنوع محصولات خواهد شد. این وضعیت ممکن است باعث افزایش هزینه‌های تولید و نابودی بخش کشاورزی شده و در انتها برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث بروز مشکلاتی همچون پایین آمدن سطح سفره‌های آب زیرزمینی، افزایش هزینه آب، کاهش سطح تأمین آب، فشرده‌گی خاک، کاهش کیفیت آب و نشست زمین می‌شود. این وضعیت ممکن است به



درگیری بر سر منابع آب بین ساکنان و نارضایتی عمومی، کاهش سطح تولید و گسترش فقر و بیکاری در شهرستان تایباد بینجامد.

### ۳.۶.۵. گروه سوم: ضعیف‌ترین سناریو، سناریوی مطلوب

با نگرش به کاهش میزان دما و افت تبخیر و تعرق، مصرف آب در مناطق کشاورزی و باغات رو به کاهش می‌نهد. این وضعیت به صرفه‌جویی در برداشت از منابع آبی و حفظ منابع آبی می‌انجامد. با کاهش کشت محصولات پرآب‌بر و توسعه کشت محصولات کم‌آب‌بر، نیاز به آب در سطح شهرستان کاهش می‌یابد که این عمل به حفظ منابع آب می‌انجامد و به تأمین نیازهای شهرستان در زمینه غذایی نیز کمک خواهد کرد. با مدیریت منابع آب به صورت کارآمد و بهینه، استفاده از روش‌های جدید و پایدار در جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب اقدام با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در کشاورزی و باغداری صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری منابع آب انجام می‌شود. با نگرش به کاهش تبخیر و تعرق، احتمال کمبود آب در شهرستان کاهش می‌یابد و منابع آبی به صورت پایدار تأمین می‌شود.

### ۷.۵. بحث

آب نقش بسزایی در تمام فعالیت‌های روزانه انسان‌ها دارد و مصرف کلی آن به دلیل افزایش جمعیت و استانداردهای زندگی بشر، پیوسته رو به افزایش است. کشور ایران که ۸۵ درصد از مساحت آن درگیر آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است (سامعیان و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۲)، با بحران جدی آب روبه‌رو است (جورجیان و قبادیان، ۲۰۱۵، ص. ۷۵۱). بحران آب به‌اندازه‌ای در ایران جدی است که ۵۰/۶۶ درصد (۴۰۵ از ۶۰۹) از سفره‌های زیرزمینی در وضعیت بحرانی قرار دارند (میرزاوند و باقری، ۲۰۲۰، ص. ۸۹). بیشتر رودخانه‌ها، چشمه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها از میان رفته‌اند؛ به‌گونه‌ای که این سرزمین با ورشکستگی آب روبه‌رو است (مدنی، ۲۰۱۴، ص. ۳۱۵). در این میان، میانگین بارندگی سالانه کشور تنها حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که نزدیک به یک‌سوم میانگین جهانی است (زرگان و ویز-موسوی، ۲۰۱۶، ص. ۱). با وجود این شرایط، کشاورزی با سهم تقریبی ۱۸ درصد در تولید ناخالص داخلی و تأمین ۱۸ درصد از کل اشتغال، یکی از ارکان اصلی اقتصاد

ایران به‌شمار می‌رود و ۹۲ درصد از آب شیرین مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است (مسگران و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۵).

شهرستان تایباد در شمال خاوری ایران با میزان بارش بلندمدت ۱۶۶/۱ میلی‌متر (بسیار کمتر از سطح کشور) و اُفت مخزن بلندمدت ۲۸/۶۹- میلیون متر مکعب (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۴۰۱، صص. ۴-۵) با بحران شدید آب روبه‌رو است. از ۱۰۵/۸ میلیون متر مکعب آب برداشتی در سال ۱۴۰۱ در این شهرستان ۸۹/۲ میلیون متر مکعب آب به بخش کشاورزی اختصاص داشته است که از این میزان ۸۷/۶ میلیون متر مکعب آن از منابع آب زیرزمینی فراهم شده است (آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۴۰۱، صص. ۴-۸).

مطالعات شاهدهی و طالبی (۱۳۹۲) و سامعیان و همکاران (۲۰۲۲) سطح سفره‌های زیرزمینی در این منطقه از کشور را با روند منفی، در وضعیت بحرانی معرفی کردند؛ با وجود این، سند آمایش استان خراسان رضوی توسعه کشاورزی شهرستان تایباد را در اولویت برنامه‌های توسعه این شهرستان قرار داده است (سند آمایش استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹، ص. ۱۶).

نتایج این پژوهش با بهره‌گیری از نظرهای خبرگان، وضعیت فراروی منابع آب شهرستان تایباد را بحرانی نشان دادند. یافته‌های گویای آن هستند که دست‌اندرکاران و کارگزاران محلی-ملی هنوز پیامدها و بازتاب‌های ژرف و گسترده بحران آب را در نیافته‌اند؛ از این‌رو تغییر در سیاست کنونی گریزناپذیر است و پیشنهاد می‌شود. وضعیت نگران‌کننده موجود و آینده بیمناک برخاسته از درهم‌تنیدگی مدیریت ناکارای منابع آب و تغییر اقلیم، هشدار جدی به سیاست‌گذاران، کارگزاران، رسانه‌ها، شهروندان متعهد و سمن‌ها است تا آینده این مرز و بوم را دریابند و به مسئله آینده منابع آب کشور با تأمل بنگرند.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بحران آب یکی از چالش‌های بنیادی و رو به گسترش در جهان است که بازتاب گسترده‌ای بر زندگی انسان‌ها و محیط‌زیست دارد. شهرستان تایباد، در شمال خاوری ایران طی چند دهه اخیر با بحران جدی آب روبه‌رو شده که آینده پرمخاطره‌ای فراروی این شهرستان

قرار داده است؛ از این رو در این پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌پژوهی، سعی شد محتمل‌ترین سناریو فراروی بحران آب در شهرستان تایباد شناسایی شود؛ بدین منظور در آغاز با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر بحران آب در شهرستان تایباد با مطالعه پیشینه پژوهش و نظر خبرگان و بهره‌گیری از نرم‌افزار Micmac، شش متغیر کلیدی نقش آفرین در این بستر شناسایی شد که عبارت‌اند از: ۱- مدیریت ناکارآمد منابع آب در شهرستان تایباد؛ ۲- مصرف بی‌رویه منابع آب در بخش کشاورزی؛ ۳- تلاش برای توسعه نامناسب یا به عبارتی اقدامات معطوف به توسعه ناپایدار؛ ۴- برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی؛ ۵- کم‌توجهی به بحران آب در برنامه توسعه؛ ۶- تغییر اقلیم. طرح حالت‌های احتمالی برای برای شش متغیر کلیدی و خروجی نرم‌افزار Scenario Wizard نشان داد که وضعیت فراروی بحران آب در شهرستان تایباد بحرانی است.

برای پیشگیری از رخداد وضعیت بحرانی منابع آب در شهرستان تایباد نیاز به تغییر در سیاست‌های جاری و دستورکار دست‌اندرکاران است. شماری از اقدامات مؤثر در این زمینه عبارت‌اند از:

- بهینه‌سازی استفاده از منابع آب با به‌کارگیری فنون مدیریت منابع آب، بهره‌برداری بهینه و هوشمندانه منابع آب در بخش کشاورزی؛
- افزایش آگاهی عمومی درباره صرفه‌جویی در مصرف آب؛
- اجرای برنامه‌های کنترل و مدیریت منابع آب شامل نظارت بر برداشت غیرقانونی آب؛
- ترویج بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای و پاشش خودکار؛
- اجرای برنامه‌های کاهش هدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شامل تعمیر و نگهداری مناسب؛
- اجرای برنامه‌های گردآوری و بازچرخانی آب فاضلاب؛
- ترویج استفاده از روش‌های کشت با کمترین نیاز به آب مانند کشت گلخانه‌ای؛
- بهینه‌سازی کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های پایدار در کشاورزی مانند آبیاری قطره‌ای، کشت محصولات مناسب برای منطقه و استفاده از روش‌های مدیریت بهینه خاک، بذر اصلاح شده و مقاوم در برابر کم‌آبی و مصرف آب در کشاورزی؛

- حفظ منابع طبیعی، حفظ جنگل‌ها، باغات و پوشش گیاهی در شهرستان که باعث حفظ نم خاک و جلوگیری از فرسودگی خاک شده و پیامدهای بحران آب می‌شود؛
- استفاده از فناوری‌های سازگار و روزآمد در بهره‌برداری از منابع آب از جمله آب شیرین کن های خورشیدی؛
- جلوگیری از انتقال گسترده آب از چاه‌های عمیق تایباد به سنگ معدن سنگان خواف.

### تشکر و قدردانی

از خبرگان توانمندی که طی پژوهش، دانش و دانسته‌های خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان پژوهش حاضر قرار دادند و استواری پژوهش بر مشارکت و دانش آن‌ها قرار گرفته است، سپاسگزاریم.

### کتابنامه

۱. آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی (۱۴۰۱). بازیابی از [www.khrw.ir](http://www.khrw.ir)
۲. آفتابی، ز.، کاویانی‌راد، م.، و کاردان‌مقدم، ح. (۱۴۰۲). تبیین سناریوهای فراروی مناسبات هیدروپلیتیک رودخانه‌های مرزی ایران و عراق. *مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳(۲)، ۵۰۷-۴۸۷.
۳. بهشتی، م.، بهبودی، د.، زالی، ن.، و احمدزاده دلجوان، ف. (۱۳۹۹). سناریوهای مدیریت منابع آب ایران بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز. *آینده‌پژوهی ایران*، ۵(۲)، ۲۲۸-۲۰۳.
۴. جهاد کشاورزی شهرستان تایباد. (۱۴۰۰). *گزارش وضعیت کشاورزی شهرستان تایباد*. منتشر نشده، ۲۵۰ صفحه.
۵. رضاییان، ا.، و رضایان، ع. ح. (۱۳۹۵). *آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی*. *اکوهیدرولوژی*، ۳(۱)، ۱۷-۱.
۶. زینتی فخرآباد، م. م.، و عسکری‌مقدم، م. (۱۴۰۰). *آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران آب در نواحی مرزی ایران*. *جغرافیا و روابط انسانی*، ۴(۵)، ۱۷-۱.
۷. سند آمایش خراسان رضوی در افق ۱۴۰۴. (۱۳۹۹). *استانداری استان خراسان رضوی*. ۴۸-۱.

۸. شاهدی، م.، و طالبی حسین‌آباد، ف. (۱۳۹۲). ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه (مطالعه موردی حوضه آبریز قره‌قوم). آب و توسعه پایدار، ۱(۱)، ۷۳-۷۹.
۹. صالحی، ف.، دانشور کاخکی، م.، شاهنوشی فروشانی، ن.، و ژاله رجبی، م. (۱۳۸۹). کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی دشت تایباد. اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)، ۴(۳)، ۸۹-۶۵.
۱۰. فرمانداری شهرستان تایباد. (۱۳۹۹). گزارش شماره ۱۱. منتشر نشده، ۱۸۰ صفحه.
۱۱. مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). سرشماری عمومی نفوس و مسکن. بازیابی از <https://phc.umsu.ac.ir/uploads/sarshomari-95>
۱۲. ولایتی، س. (۱۳۸۵). بررسی بحران آب استان خراسان. مدرس علوم انسانی، ۱۰(۴۸)، ۲۱۳-۲۳۴.

13. Bolt, A., Dincer, I., & Agelin-Chaab, M. (2020). Experimental study of hydrogen production process with aluminum and water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(28), 14232-14244.
14. Brown, T. C., Mahat, V., & Ramirez, J. A. (2019). Adaptation to future water shortages in the United States caused by population growth and climate change. *Earths Future*, 7(3), 219-234.
15. Bănăduc, D., Simić, V., Cianfaglione, K., Barinova, S., Afanasyev, S., Öktener, A., & Curtean-Bănăduc, A. (2022). Freshwater as a sustainable resource and generator of secondary resources in the 21<sup>st</sup> century: Stressors, threats, risks, management and protection strategies, and conservation approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16570.
16. Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water crisis and water wars: myths and realities. *International Journal of Water Resources Development*, 35(5), 727-731.
17. Boelens, R., & Vos, J. (2012). The danger of naturalizing water policy concepts: water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, 108(1), 16-26.
18. Cook, C., & Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 22(1), 94-102.
19. de Souza Moreira, F., Lopes, M. P. C., de Freitas, M. A. V., & de Souza Antunes, A. M. (2021). Future scenarios for the development of the desalination industry in contexts of water scarcity: A Brazilian case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120727.

20. Gao, Q., Fang, C., Liu, H., & Zhang, L. (2021). Conjugate evaluation of sustainable carrying capacity of urban agglomeration and multi-scenario policy regulation. *Science of the Total Environment*, 785, 147373.
21. Gorjian, S., & Ghobadian, B. (2015). Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 571-584.
22. Grecksch, K. (2019). Scenarios for resilient drought and water scarcity management in England and Wales. *International Journal of River Basin Management*, 17(2), 219-227.
23. Grey, D., & Saddof, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development, *Water Policy*, 9(6), 545- 571.
24. Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M., & Sadoff, C. (2013). Water security in one blue planet: Twenty-first century policy challenges for science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(2002), 20120406.
25. Haglund, W. D., & Sorg, M. H. (2002). *Human remains in water environments. Advances in forensic taphonomy: Method, theory, and archaeological perspectives*, Florida: CRC Press.
26. Jiang, Y. (2015). China's water security: Current status, emerging challenges and future prospects. *Environmental Science & Policy*, 54, 106-125.
27. Khatibi, Sh., & Arjjumend, H. (2019). Water crisis in making in Iran. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 2(3), 2581-6853
28. Kuzdas, C., Warner, B., Wiek, A., Yglesias, M., Vignola, R., & Ramírez-Cover, A. (2016). Identifying the potential of governance regimes to aggravate or mitigate local water conflicts in regions threatened by climate change. *Local Environment*, 21(11), 1387-1408.
29. Madani, K. (2014). Water management in Iran: What is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4, 315-328.
30. Martinez- Alier, J. (2002). Ecological debt and property rights on carbon sinks and reservoirs, *Capitalism Nature Socialism*, 13(1). 115-119.
31. Mesgaran, M., Madani, K., Hashemi, H., & Azadi, P. (2016). *Evaluation of land and precipitation for agriculture in Iran*. Stanford Iran 2040 Project, Retrieved from <https://iranian-studies.stanford.edu/iran-2040-project/publications/evaluation-land-and-precipitation-agriculture-iran>
32. Mirzavand, M., & Bagheri, R. (2020). The water crisis in Iran: Development or destruction? *World Water Policy*, 6(1), 89-97.
33. Nagel, S. S. (2002). The water crisis: A global opportunity. *International Journal of Water Resources Development*, 18(2), 159-167.
34. Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Ameyo, P. (2016). A review of Ghana's water resource management and the future prospect. *Cogent Engineering*, 3(1), 1164275.
35. Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., & van Ypserle, J. P. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*.

- Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151). Ipcc.
36. Petelet-Giraud, E., Cary, L., Cary, P., Bertrand, G., Giglio-Jacquemot, A., Hirata, R., & Aurouet, A. (2018). Multi-layered water resources, management, and uses under the impacts of global changes in a southern coastal metropolis: When will it be already too late? Crossed analysis in Recife, NE Brazil. *Science of the Total Environment*, 618, 645-657.
  37. 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.
  38. Salameh, M. T. B., Alraggad, M., & Harahsheh, S. T. (2021). The water crisis and the conflict in the Middle East. *Sustainable Water Resources Management*, 7, 1-14.
  39. Sarparast, M., Ownegh, M., & Sepehr, A. (2020). Evaluating the impacts of combating-action programs on desertification hazard trends: A case study of Taybad-Bakharz region, northeastern Iran. *Environmental and Sustainability Indicators*, 7, 100043.
  40. Siwar, C., & Ahmed, F. (2014). Concepts, dimensions and elements of water security. *Pakistan Journal of Nutrition*, 13(5), 281.
  41. Soussan, J., Arriens, W. L. (2004). *Poverty and water security: Understanding how water affects the poor*. Retrieved from <https://www.adb.org/publications/poverty-and-water-security-understanding-how-water-affects-poor>
  42. Swyngedouw, E. (2005). Dispossessing H2O: The contested terrain of water privatization. *Capitalism Nature Socialism*, 16(1), 81-98.
  43. UN. (2022). *World-population*. Retrieved from <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion2050-and-112-billion-2100>
  44. UNICEF. (2021). *Water scarcity*. Retrieved from <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>
  45. Wada, Y., de Graaf, I. E., & van Beek, L. P. (2016). High-resolution modeling of human and climate impacts on global water resources. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 8(2), 735-763.
  46. Wolf, A. T. (2007). Shared waters: Conflict and cooperation. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 241-269.
  47. Yan, D. H., Wang, H., Li, H. H., Wang, G., Qin, T. L., Wang, D. Y., & Wang, L. H. (2012). Quantitative analysis on the environmental impact of large-scale water transfer project on water resource in a changing environment. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 1, 2685-2702.
  48. Zakeri, B., Hunt, J., Laldjebaev, M., Laldjebaev, M., Krey, V., Vinca, A., Parkinson, S., & Riahi, K. (2022). Role of energy storage in energy and water security in central Asia. *Journal of Energy Storage*, 50(1), 104587.

49. Zargan, J., & Waez-Mousavi, S. M. (2016). Water crisis in Iran: Its intensity, causes and confronting strategies. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(44), 1-6.