



Economic Analysis of Factors Affecting the Water Crisis in Iran using the System Dynamics Method

Ebrahim Yousefian¹, Foad Makvandi^{2*}, Arash Jamalmanesh³, Vahid Chenari⁴ Ali Afrous⁵

1. Department of Public Administration, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
2. Department of Public Administration, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
3. Department of Public Administration, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
4. Department of Public Administration, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
5. Department of Water Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.

ARTICLE INFORMATION

Article Type: Original Research

Pages: 1073-1098

Article history:

Received: 30 Jul 2023

Edition: 15 Oct 2023

Accepted: 6 Dws 2023

Published online: 12 Jan 2024

Keywords:

Water crisis, economic analysis, security of water resources.

Corresponding Author:

Foad Makvandi

Address:

Iran, Shoushtar, Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Department of Government Management.

Orchid Code:

0000-0001-9778-067X

Tel:

09166006757

Email:

foad.makvandi@iau.ir

ABSTRACT

Background and Aims: The water crisis, as one of the most important challenges of the present age, requires serious attention and basic measures to ensure the sustainability of water resources and future security. Therefore, the purpose of this research is the economic analysis of the factors affecting the water crisis with the approach of system dynamics.

Method and Material: The model of this study is consistent with the hydrological cycle of water and in line with the effective representation of the security of water resources in the country. Surface water sources, underground water sources, dams and population are considered as accumulation variables of the model. The time period is the 20-year horizon of 1416-1396. The effect of factors affecting the water crisis under 5 scenarios on the security of water resources was investigated and finally the economic analysis related to each one was presented.

Ethical Considerations: In present study, the principles of text originality, honesty and trustworthiness have been observed.

Findings: The security situation of water resources in the country will have a downward trend if the current situation continues.

Conclusion: Policies to deal with the water crisis have important effects on the economy. Improving the efficiency of using resources and managing water resources can reduce the continuation of the water crisis and maintain economic stability. Therefore, water crisis policies should be implemented and followed up by considering different effects in order to lead to favorable results in water resource management and maintaining economic stability.

Cite this article as:

Yousefian E, Makvandi F, Jamalmanesh A, Chenari V, Afrous A. Economic Analysis of Factors Affecting the Water Crisis in Iran using the System Dynamics Method. *Economic Jurisprudence Studies*. 2023.



تحلیل اقتصادی عوامل مؤثر بر بحران آب در ایران با استفاده از روش پویایی سیستم

ابراهیم یوسفیان^۱، فواد مکوندی^{۲*}، آرش جمال‌منش^۳، وحید چناری^۴، علی افروس^۵

۱. گروه مدیریت دولتی، واحد شوستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوستر، ایران.
۲. گروه مدیریت دولتی، واحد شوستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوستر، ایران.
۳. گروه مدیریت دولتی، واحد شوستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوستر، ایران.
۴. گروه مدیریت دولتی، واحد شوستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوستر، ایران.
۵. گروه مهندسی آب، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: بحران آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های عصر حاضر، نیازمند توجه جدی و اقدامات اساسی است تا پایداری منابع آب و امنیت آینده تضمین شود. هدف پژوهش حاضر، تحلیل اقتصادی عوامل مؤثر بر بحران آب با رویکرد پویایی سیستم است.

مواد و روش‌ها: مدل این مطالعه منطبق با چرخه هیدرولوژیکی آب و در راستای نمایش مؤثر امنیت منابع آبی در کشور است. منابع آب سطحی، زیرزمینی، سدها و جمعیت به‌عنوان متغیرهای انباشت مدل در نظر گرفته شده‌اند. دوره زمانی، افق بیست ساله ۱۳۹۶-۱۴۱۶ است. تأثیر عوامل مؤثر بر بحران آب تحت پنج سناریو بر امنیت منابع آبی بررسی و در نهایت تحلیل اقتصادی مرتبط با هر یک ارائه شد. **ملاحظات اخلاقی:** در نگارش مقاله اصالت متون، صداقت و امانت‌داری شده است. **یافته‌ها:** وضعیت امنیت منابع آبی در کشور با تداوم وضعیت فعلی، روند نزولی خواهد داشت.

نتیجه: سیاست‌های مقابله با بحران آب تأثیرات مهمی بر اقتصاد دارند. بهبود کارایی استفاده از منابع و مدیریت منابع آب می‌تواند باعث کاهش تداوم بحران آب و حفظ پایداری اقتصادی شوند. بنابراین سیاست‌های بحران آب باید با در نظر گرفتن تأثیرات مختلف، اجرا و پیگیری شوند تا منجر به نتایج مطلوبی در مدیریت منابع آب و حفظ پایداری اقتصادی شود.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

صفحات: ۱۰۷۳-۱۰۹۸

سابقه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۲۲

واژگان کلیدی:

بحران آب، تحلیل اقتصادی، امنیت منابع آبی.

نویسنده مسئول:

فواد مکوندی

آدرس پستی:

ایران، شوستر، دانشگاه آزاد اسلامی، احد شوستر، گروه مدیریت دولتی.

کد ارکید:

0000-0001-9778-067X

تلفن:

۰۹۱۶۶۰۰۶۷۵۷

پست الکترونیک:

foad.makvandi@iau.ir

۱. مقدمه

پیش‌گیرانه جهت کنترل این بحران و حفظ منابع آبی ارزشمند است.

مطالعه در حوزه بحران آب ضرورت و اهمیت دارد چراکه این چالش، یک مسئله آینده‌نگرانه نیست؛ بلکه یک واقعیت جاری است که نیاز به توجه جدی و اقدامات اساسی دارد تا تداوم منابع آب و امنیت آینده را تضمین کند. با توجه به موارد فوق، وضعیت کنونی آب در ایران نشان می‌دهد فرایند سیاست‌گذاری آب در کشور با ایراداتی روبه‌رو است و الگوی برنامه‌ریزی در ایران بارها مورد نقد و بررسی قرار گرفته است. در واقع در مباحث بحران آب دو عامل یا علت اصلی نقش محوری و تعیین‌کننده در کاهش یا تشدید آن ایفا می‌کند. عامل طبیعی مربوط به اقلیم کشور و تغییرات آن و عامل دوم به عامل انسانی که عمده آن به مدیریت به‌معنی اعم و مدیریت منابع آب به‌طور اخص مرتبط است. بر اساس مطالعات موجود، نقش عامل اول در سطح ملی در ایجاد بحران، به‌طور متوسط بالغ بر ۴۵ درصد است. از آنجاکه بحران آبی علاوه بر منشأ طبیعی دارای علل و عوامل انسانی و مدیریتی نیز است، لذا می‌توان با تدابیر قانونی و ایجاد ساختارهای مناسب کوتاه و بلندمدت از تبعات آن کاست.

بحران آب در ایران یکی از مهم‌ترین چالش‌های اقتصادی کشور است. یکی از سیاست‌های بحران آب در ایران، کاهش مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی از طریق استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و مدیریت بهینه منابع آب است. همچنین، تنوع کشت و استفاده از گیاهان مقاوم به کم‌آبی می‌تواند از مصرف آب در کشاورزی

بحران آب به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم قرن بیست‌ویکم مورد توجه قرار گرفته است و اثرات گسترده‌ای بر جوامع و محیط‌زیست دارد. بحران آب به‌دلیل عوامل متعددی از جمله رشد جمعیت، تغییرات اقلیمی، تخصیص نامناسب منابع آب، آلودگی منابع آب، از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها برای دسترسی به آب ایجاد می‌شود. این بحران تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد، بخش سلامت، امنیت غذایی، اکوسیستم‌ها و جوامع دارد. از طرفی ایران، یکی از کشورهای است که با یکی از بحران‌های آبی جدی مواجه است. این کشور با مشکلات متعددی در زمینه مدیریت و تأمین منابع آب روبه‌رو است که عوامل مختلفی آن را ایجاد کرده‌اند. این سطح از بارش، کمبود منابع آب زیرزمینی و سطحی را در کشور تشدید کرده و بر وضعیت آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها نیز تأثیرگذار بوده است. همچنین تخصیص نامناسب منابع آب به بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی از جمله چالش‌های مهمی است که باعث کمبود منابع آبی می‌شود. از طرفی تغییرات اقلیمی، افزایش دما و تغییر الگوی بارش‌ها در ایران را تشدید کرده و باعث کاهش منابع آبی شده است. آلودگی آب‌ها نیز از جمله مسائل مهمی است که تخریب منابع آبی را تشدید می‌کند و تأثیرات زیان‌باری بر اقتصاد و سلامت جامعه دارد و تخریب مراتع و جنگل‌ها نیز موجب تخریب منابع آبی و کاهش جریان‌های آبی در رودخانه‌ها شده است. بر این اساس بحران آب در ایران یک چالش جدی برای توسعه پایدار کشور است که نیازمند توجه دولت و جامعه به مسائل مربوط به مدیریت منابع آبی و تدابیر

همچنین، سیاست‌های بحران آب می‌تواند به جلوگیری از خسارت‌های اقتصادی ناشی از بحران آب کمک کند. کاهش تولید در بخش‌های کشاورزی و صنعتی به دلیل کمبود آب می‌تواند منجر به افزایش قیمت محصولات و افزایش نرخ بیکاری شود. با اجرای سیاست‌های بحران آب، می‌توان از این خسارت اقتصادی جلوگیری کرد.

در نهایت، تحلیل اقتصادی سیاست‌های بحران آب در ایران نشان می‌دهد که این سیاست‌ها می‌توانند منجر به بهبود مدیریت منابع آب، کاهش هزینه‌ها، ایجاد اشتغال، رشد اقتصادی و جلوگیری از خسارت اقتصادی ناشی از بحران آب شوند.

در خصوص مبانی تجربی بحران آب، باقری و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه خود با عنوان «شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر بحران آب در استان اصفهان» به این نتیجه رسیدند که عوامل اصلی مؤثر بر بحران آب در استان اصفهان به ترتیب شامل عوامل سیاسی، انسانی، کشاورزی، صنعتی-خدماتی و اقلیمی هستند. قنبری و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود، تأثیر بحران آب بر امنیت کشورهای منطقه خاورمیانه را بررسی کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد بحران آب در این منطقه، زمینه‌ساز شکل‌گیری تقابلات گسترده کشورهای همسایه شده است. زینتی و عسگری مقدم (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آبی در نواحی مرزی ایران» با استفاده از رویکرد پرسش‌نامه و مصاحبه با کارشناسان و خبرگان و نیز با استفاده از تکنیک دلفی و سناریوپردازی، عوامل پیشران آینده آب در ایران را تعیین و سپس این عوامل را اولویت‌بندی کردند. بر اساس نتایج این

کاسته و به بهره‌وری آب کمک کند. در بخش صنعتی نیز، استفاده از فناوری‌های پاک و صرفه‌جویی در مصرف آب نظیر ایجاد سیستم‌های بازیافت آب و استفاده مجدد از آن در فرآیندهای صنعتی به عنوان سیاست‌های این بخش در نظر گرفته شده است. در مجموع سیاست‌های اقتصادی دولت برای مدیریت بحران آب شامل تنظیم قیمت آب، ارائه تسهیلات مالی برای بهبود زیرساخت‌های آبی، افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی و بهبود مدیریت منابع آب است. افزایش قیمت آب می‌تواند به افزایش توجه به صرفه‌جویی در مصرف آب و بهبود کیفیت مدیریت منابع آب منجر شود. بنابراین با توجه به موارد فوق از جمله ابعاد مهم سیاست‌های بحران آب، بعد اقتصادی آن است.

به‌طور کلی، تحلیل اقتصادی سیاست‌های بحران آب در ایران شامل ارزیابی هزینه و فایده‌های اقتصادی این سیاست‌ها می‌شود. به عنوان مثال، افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش درآمد کشاورزان شود. نیز، استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی آب در بخش صنعتی می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش رقابت‌پذیری صنایع کمک کند. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و صنعتی می‌تواند به ایجاد اشتغال و رشد اقتصادی کمک کند. با کاهش مصرف آب در این بخش‌ها، میزان منابع آبی که می‌توان برای سایر مصارف مانند آب شرب و تأمین نیازهای روستایی استفاده کرد، افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به توسعه مناطق روستایی و افزایش کیفیت زندگی در این مناطق کمک کند.

مداخله تبعیض‌آمیز برای تحقق این حق از جمله ریشه‌های بحران کنونی آب است.

العمری (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «مدیریت آب در اردن و تأثیر آن بر کمبود آب»، بحران آب در کشور اردن را بررسی کرده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدیریت آب در اردن کاستی‌های متعددی از جمله: عدم نظارت و کنترل منابع آب و جلوگیری از حفاری غیر قانونی، ناتوانی دولت برای کاهش آب غیر درآمدی در نتیجه پیر شدن شبکه آب و سرقت آب و اعمال غیر قانونی بخش‌های کشاورزی و صنعتی است. مانوز و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «بحران آب در حوضه پتورکا، شیلی: اثرات ترکیبی یک خشک‌سالی بزرگ و مدیریت آب»، چنین مطرح می‌کنند که در صورت کاهش قابل توجه در دسترسی به آب، انتظار است توسط تحلیل‌ها؛ راه‌حل‌های جایگزین منابع آب، مانند اقدامات غیر متعارف مربوط به آب‌های حاشیه‌ای، از جمله افزایش باران، نمک‌زدایی، تصفیه آب و پتانسیل استفاده مجدد، برداشت آب، روندها و اقدامات تحت شرایط خشک‌سالی و کمبود آب را کشف کنند.

مروری بر مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که در اغلب مطالعات صرفاً به صورت مروری به متغیر بحران آب توجه خاصی صورت گرفته است. برخی مطالعات نیز مفاهیم مدیریتی را مدنظر قرار داده‌اند. مطالعه‌ای مبنی بر بررسی اقتصادی سیاست‌های مقابله با بحران آب و نیز شیوه‌های مدیریتی صحیح با رویکرد تحلیل پویای سیستم از سوی محقق مشاهده نشد. بنابراین نوآوری مقاله حاضر این است که ضمن استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم که

تحقیق، تغییر الگوی بارش (کاهش بارش، تغییر نوع بارش و تشدید تبخیر) از جمله عوامل مهمی است که پیامدهای امنیتی و نظامی در پی خواهد داشت. احمدی (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «آثار و پیامدهای اقتصادی و امنیتی بحران آب در کشور»، با رویکرد کتاب‌خانه‌ای به این نتیجه رسید که راهکارهایی مانند در نظر گرفتن آمایش سرزمین در احداث کارخانه‌های جدید صنایع آب بر، استفاده از آب‌های نامتعارف در مصارف غیر شرب شهری، تأکید بر مشارکت تمام دستگاه‌ها برای برخورد با چاه‌های غیر مجاز و اضافه برداشت از چاه‌های مجاز، آزادسازی قیمت آب برای صنایع پرمصرف و آب بر، استفاده از پساب در آبیاری اراضی کشاورزی، استفاده از پساب در صنایع داخلی، حمایت دولت از صنایع برای خرید و نصب تجهیزات و فناوری‌های کارآمد آبی و ارائه مشوق‌های اثرگذار در بخش کشاورزی برای به‌کارگیری فناوری با آب بری کمتر به منظور مدیریت وضعیت بحرانی کمبود آب دارای اولویت است. شیاری و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه خود با عنوان حکمرانی و اقتصاد سیاسی بحران آب در ایران به تشریح وضعیت بحران آب به‌عنوان یک مشکل امنیتی در ایران و سپس، تبیین مدل نهادگرایی باهدف سیاست‌گذاری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که علی‌رغم وجود قوانین متعدد در حوزه مدیریت منابع آبی کشور، این قوانین قادر به کاهش یا رفع بحران آب نگردیده‌اند. خدایی و میرفخرایی (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «بحران آب و چارچوب‌های حقوقی نوین منطقه‌ای و بین‌المللی»، به این نتیجه رسید که شناسایی حق‌آبه، تعهد دولت‌ها به دسترسی منصفانه تمامی شهروندان به آب و عدم

۳. ملاحظات اخلاقی

در این مقاله، اصالت متون، صداقت و امانت‌داری رعایت شده است.

۴. یافته‌های تحقیق

امروزه، مسئله آب به یک چالش بین‌المللی و فراگیر تبدیل شده است و هر روز بر ابعاد و پیچیدگی‌های آن افزوده می‌شود. اهمیت این چالش به حدی رسیده است که سازمان ملل در سال ۲۰۱۰ با تصویب قطع‌نامه‌ای، حق نوشیدن آب سالم را به‌عنوان حقی انسانی به رسمیت شناخته است (گوپتا و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۵). بر پایه گزارش سازمان ملل تا سال ۲۰۳۰، تنها ۶۰ درصد مردم جهان به آب سالم دسترسی خواهند داشت (یونسکو، ۲۰۱۵، ۴۷). این پیش‌بینی مبتنی بر افزایش برداشت از منابع آبی است؛ چرا که در حال حاضر میزان برداشت آب از منابع ۷/۱ برابر رشد جمعیت جهان است. این در شرایطی است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ شرایطی برای تأمین نیازها، نسبت به سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، ۶۰ درصد افزایش پیدا کند (فائو، ۲۰۱۷، ۱۲). پیش‌بینی می‌شود مصرف آب تا سال ۲۰۵۰، در بخش ساخت‌وساز و صنعت تا ۴۰۰ درصد و در بخش خانگی و داخلی تا ۱۳۰ درصد افزایش یابد (مانتفورد، ۲۰۲۰، ۲۱).

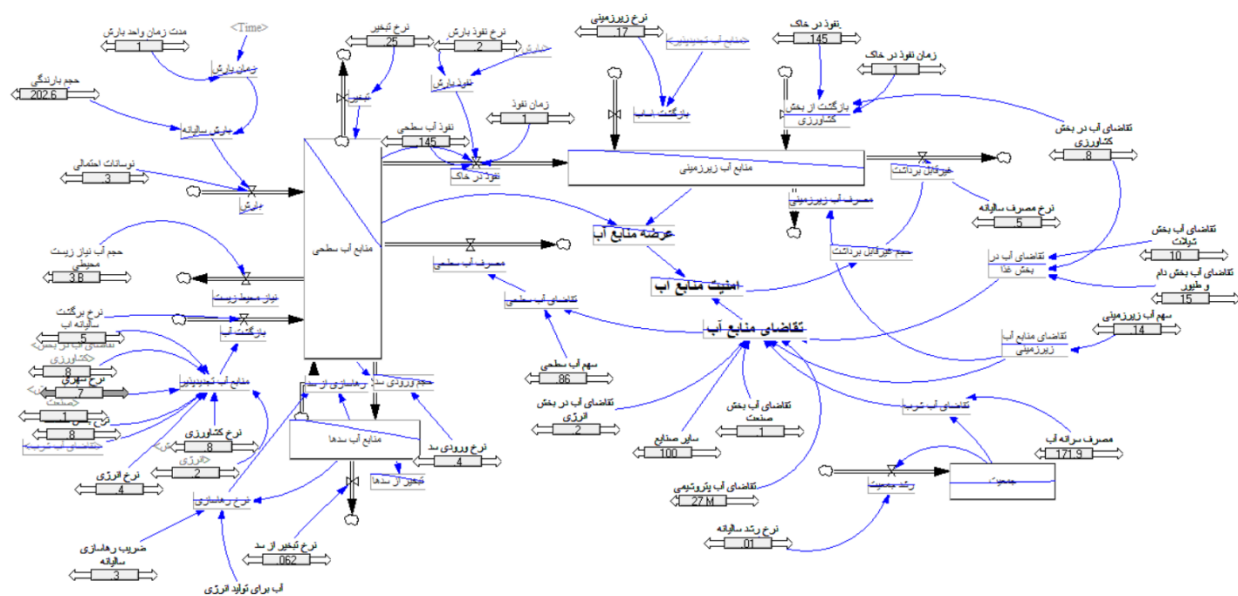
با توجه به موارد فوق، مدل پویایی مدیریت بخش آب کشور در این تحقیق شامل شش زیر مدل و هر زیر مدل دارای ۶۸ متغیر اصلی و فرعی به‌صورت شکل ۱ است. مدل طراحی‌شده در این مطالعه منطبق با چرخه هیدرولوژیکی آب و در راستای نمایش مؤثر

به درک پیچیدگی‌های سیستم کمک می‌کند و در تجزیه و تحلیل رفتار اجزای سیستم به کار می‌رود، تحلیل بحران آب از منظر اقتصادی است و می‌تواند نتایج مفیدی برای علاقه‌مندان و سیاست‌گذاران حوزه منابع آبی کشور فراهم سازد. بنابراین این سؤال مطرح می‌شود که به‌واقع وضعیت سیاست‌های اقتصادی مقابله با بحران آب در ایران چگونه است. بر این اساس در این تحقیق تلاش شده است با مدل‌سازی تحلیل اقتصادی سیاست‌های مقابله با بحران آب در ایران با استفاده از رویکرد پویایی سیستم این خلأ مطالعاتی نیز مدنظر قرار گیرد تا از این طریق بتوان دید بهتری برای سیاست‌گذاران حوزه بحران آب در کشور فراهم شود.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌لحاظ تقسیم‌بندی بر مبنای هدف، یک تحقیق توصیفی است. به‌لحاظ تقسیم‌بندی بر مبنای نتیجه، از آنجایی که نتایج این پژوهش می‌تواند به‌طور عملی مورد استفاده قرار گیرد، یک پژوهش کاربردی است و به‌لحاظ نوع داده‌ها جزء پژوهش‌های کمی محسوب می‌شود. در این تحقیق برای مدل‌سازی تحلیل سیاست‌های مقابله با بحران از روش پویایی سیستم استفاده شد. جامعه آماری تحقیق، کشور ایران است که اطلاعات مورد نیاز نظیر آمار دما، بارش و جمعیت از وزارت‌خانه‌های جهاد کشاورزی و نیرو و مرکز آمار ایران استخراج شد. دوره زمانی تحقیق اطلاعات ماهانه مربوط به ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ است و افق پیش‌بینی نیز در این مطالعه سال ۱۴۱۶ بوده است.

امنیت منابع آبی در کشور طراحی شده است. در این مدل، منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، منابع آب سدها و جمعیت به‌عنوان متغیرهای انباشت مدل در نظر گرفته شده‌اند. برای مثال در خصوص منابع آب سطحی، متغیرهای نرخ بارش، بازگشت آب ناشی از منابع تجدیدپذیر و نیز انتشار آب از سدها به‌عنوان متغیرهای جریان منجر به افزایش نرخ سالیانه منابع آب سطحی می‌شوند و از طرف دیگر حجم آب ورودی سدها، تبخیر و تعرق، آب نیاز زیست‌محیطی، مصرف آب سطحی ناشی از تقاضای کل و نفوذ در خاک به‌عنوان متغیرهای جریان موجب کاهش منابع آب سطحی در دسترس مدنظر قرار گرفتند. منابع آب زیرزمینی، استفاده از آب‌های سطحی در بخش کشاورزی و بسیاری از عوامل دیگر نقش غیر قابل انکاری در کاهش سطح منابع آبی کشور داشته‌اند (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۶، ۳۲)



شکل ۱- مدل دینامیکی مدیریت منابع آب در کشور (منبع: تحقیق حاضر)

روابط حاکم بر مدل دینامیکی مدیریت منابع آب در کشور به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- روابط حاکم بر مدل دینامیکی مدیریت منابع آب در کشور

متغیر	روابط ریاضی
جمعیت	(رشد جمعیت) INTEGER
رشد جمعیت	نرخ رشد سالیانه \times جمعیت
بارش	بارش سالیانه \times نوسانات احتمالی
بارش سالیانه	حجم بارندگی \times زمان بارش
بازگشت پس آب	منابع آب تجدید پذیر \times نرخ زیرزمینی
بازیافت آب	منابع آب تجدید پذیر \times نرخ زیرزمینی
بازگشت آب از بخش کشاورزی	(تقاضای آب در بخش کشاورزی \times "نفوذ در خاک" \times ۰.۶ \times زمان نفوذ در خاک) SMOOTH
تبخیر از سدها	منابع آب سدها + نرخ تبخیر از سد
تقاضای آب در بخش غذا	تقاضای آب بخش شیلات + تقاضای آب بخش دام و طیور + تقاضای آب در بخش کشاورزی
تقاضای آب سطحی	تقاضای منابع آب + سهم آب سطحی
تقاضای آب شرب	مصرف آب / جمعیت

تقاضای آب	تقاضای آب بخش صنعت+تقاضای آب در بخش انرژی+تقاضای آب در بخش غذا+تقاضای آب شرب+تقاضای آب پتروشیمی+تقاضای منابع آب
حجم ورودی سطح	منابع آب سطحی×نرخ ورودی سد
رهاسازی از سد	نرخ رهاسازی×منابع آب سدها
عرضه منابع آب	منابع آب زیرزمینی+منابع آب سطحی
آب غیر قابل برداشت	حجم غیر قابل برداشت+نرخ مصرف سالیانه
منابع آب تجدیدپذیر	(تقاضای آب بخش صنعت*نرخ بخش صنعت)+(تقاضای آب در بخش انرژی*نرخ انرژی)+(تقاضای آب در بخش کشاورزی×نرخ کشاورزی)+(تقاضای آب شرب×نرخ شهری)
منابع آب زیرزمینی	INTEGER (بازگشت از بخش کشاورزی+پساب+نفوذ در خاک-غیرقابل برداشت-مصرف آب زیرزمینی)
منابع آب سدها	INTEGER (حجم ورودی سد-تبخیر از سدها-منابع آب سدها)
منابع آب سطحی	INTEGER(بارش+رهاسازی از سد+بازگشت آب-حجم ورودی سد-نیاز محیط‌زیست-نفوذ در خاک-تبخیر-مصرف آب سطحی)
نرخ رهاسازی	IF THEN ELSE (منابع آب سدها)<=آب برای تولید انرژی برقایی، (منابع آب سدها-آب برای تولید انرژی برقایی)/منابع آب سدها، ۰)*ضریب رهاسازی سالیانه
نفوذ بارش	بارش×نرخ نفوذ بارش
نفوذ در خاک	SMOOTH(منابع آب سطحی×نفوذ آب سطحی+نفوذ بارش، زمان نفوذ)
امنیت منابع آبی	عرضه منابع آب-تقاضای منابع آب
تبخیر	نرخ تبخیر×منابع آب سطحی

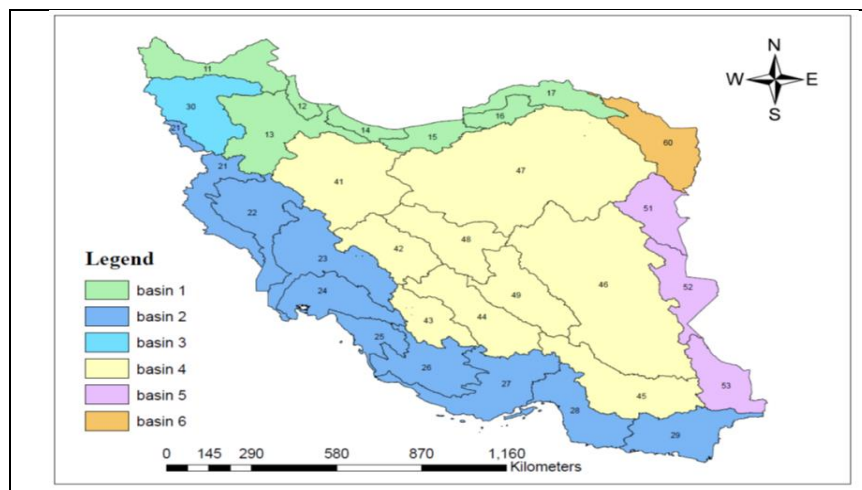
منبع: تحقیق حاضر

۵. بحث

در این قسمت ابتدا محدوده مورد مطالعه و در ادامه رفتار متغیرهای مدل در افق شبیه‌سازی شده دو ساله (۱۳۹۶-۱۴۱۶) بررسی می‌شود.

۱.۵. محدوده مورد مطالعه

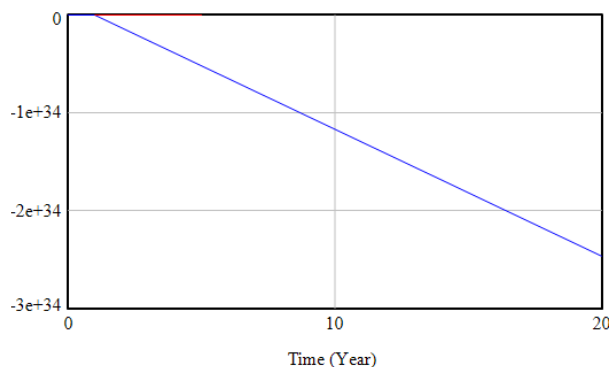
یکی از بزرگ‌ترین کشورهای واقع در خاورمیانه ایران است. ایران از دیدگاه منابع آبی سطح کشور به شش حوضه آبریز اصلی (درجه یک)، ۳۰ حوضه آبریز فرعی (درجه دو) و تعداد زیادی حوضه‌های آبریز فرعی تر تقسیم‌بندی شده است. پژوهش حاضر در مقیاس ملی و بر اساس تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز درجه یک کشور شکل ۱ انجام پذیرفته است.



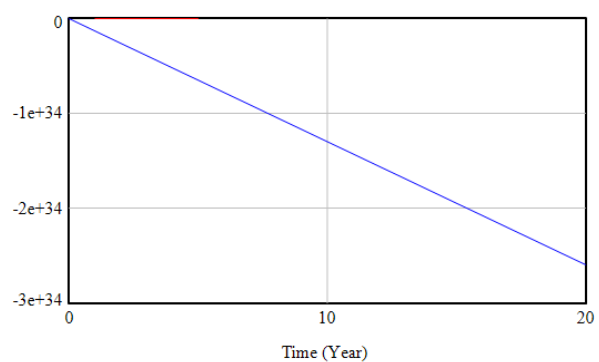
شکل ۲- حوضه‌های آبریز درجه یک و دو کشور (منبع: اطلس آبی کشور، ۱۳۹۸، ۲۱)

۲.۵. متغیرهای مدل در افق شبیه‌سازی شده ۲۰ ساله (۱۳۹۶-۱۴۱۶)

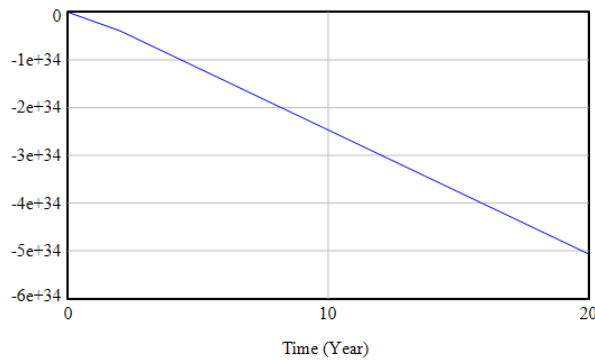
شبیه‌سازی اولیه براساس مدل تحقیق، در افق بیست ساله انجام شد در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ تغییرات هر یک از متغیرهای کلیدی مدل که رفتار آن‌ها برای تعیین وضعیت کلی پردازش و اهمیت دارد، ارائه شده است. لازم به توضیح است متغیرهای زیر، متغیرهای سطح (انباشت) مدل هستند.



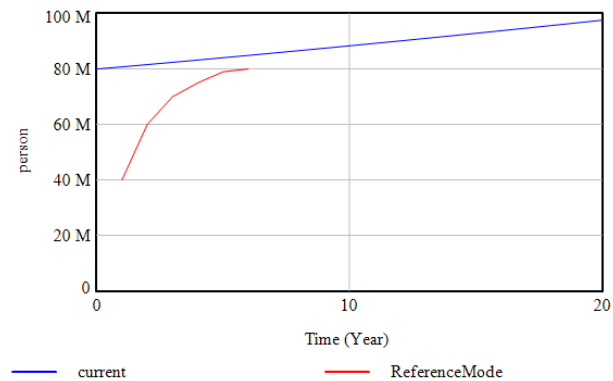
شکل ۴- پیش‌بینی وضعیت منابع آب زیرزمینی در ایران (متر مکعب) (منبع: تحقیق حاضر)



شکل ۳- پیش‌بینی وضعیت منابع آب سطحی در ایران (متر مکعب) (منبع: تحقیق حاضر)



شکل ۶- پیش‌بینی وضعیت عرضه منابع آب در ایران (متر مکعب) (منبع: تحقیق حاضر)



شکل ۵- پیش‌بینی وضعیت جمعیت در ایران (نفر) (منبع: تحقیق حاضر)

همان‌گونه که شکل‌های فوق نشان می‌دهد، وضعیت منابع آبی در کشور طی پیش‌بینی بر اساس بیست سال مورد بررسی، روند نزولی را طی می‌کنند. این شبیه‌سازی برای دوره بیست ساله بر اساس اطلاعات در دسترس قابل تأیید است.

۳.۵. سیاست مدیریت عرضه منابع آب

با توجه به مدل طراحی‌شده در این تحقیق سیاست‌های مختلف در خصوص مقابله با بحران آب و تأثیر آن بر امنیت منابع آبی کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا می‌توان ابعاد مختلف مدل را تحت سناریوهای گوناگون تغییر داد و تأثیر آن را متغیرهای مختلف که در این مطالعه بیشتر امنیت منابع آبی است بررسی کرد.

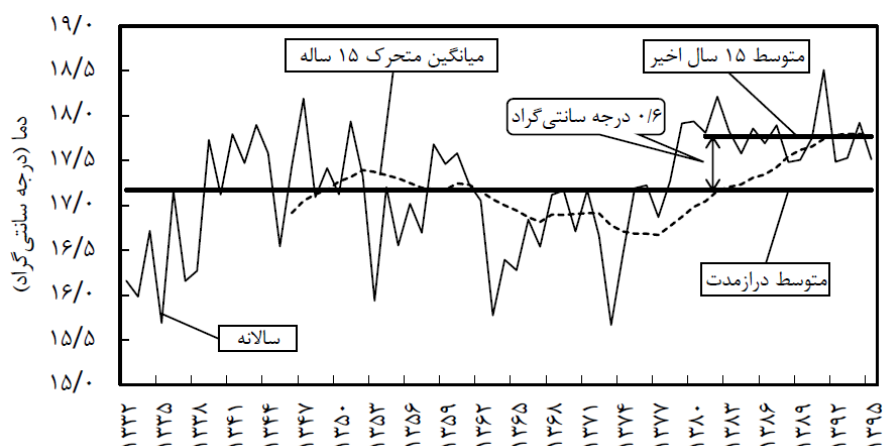
۴.۵. سناریوسازی

در این مطالعه سناریوهای مورد بررسی در دو بخش مدیریت عرضه و تقاضای منابع آبی در نظر گرفته شده است. در بخش مدیریت عرضه منابع آب تلاش شده است منابع آب در دسترس، افزایش یابد. در بخش تقاضا بر مدیریت تقاضای منابع آب تمرکز شده است. لذا با توجه به دو سیاست فوق‌الذکر، در ادامه، سناریوهای پیش‌بینی‌شده و پیامدهای آن بر اساس مدل طراحی‌شده بررسی می‌شود.

۱.۴.۵. تغییر اقلیم و کاهش منابع آب تجدیدپذیر (سناریوی اول)

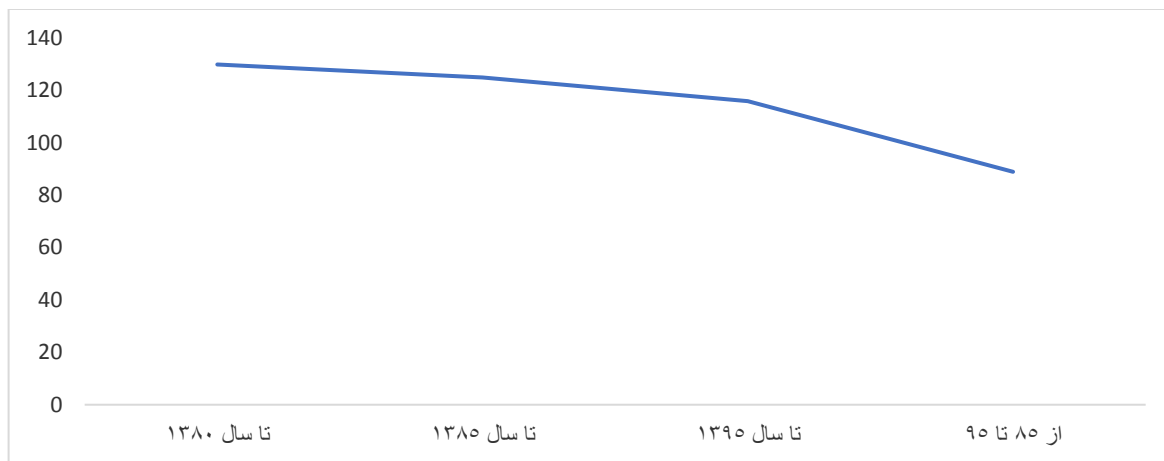
در چند دهه اخیر دمای کره زمین نسبت به حالت معمول خود افزایش یافته است. این پدیده که به عنوان تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از آن یاد می‌شود، منشأ انسانی دارد و به دلیل تولید بیش از معمول گازهای گلخانه‌ای انجام شده است. ایران نیز به دلیل موقعیت اقلیمی و جغرافیایی خود با شدت بالاتری از این پدیده

متأثر می‌شود و آثار آن عمدتاً به شکل خشک‌سالی‌های بلندمدت و سیل‌های شدید نمایان می‌شود (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۰). طبق آمار ارائه شده از سوی سازمان هواشناسی کشور، شکل ۸ متوسط دمای کشور را در ۶۰ سال اخیر نشان می‌دهد.



شکل ۷- وضعیت دمای کشور طی ۶۰ سال گذشته منبع: سازمان هواشناسی کشور (۱۴۰۱).

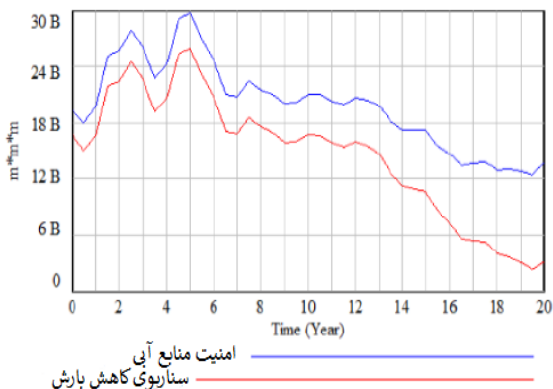
همچنین در شکل ۸ ذخایر آب تجدیدپذیر کشور طی دوره‌های مختلف به تصویر کشیده شده است. آب تجدیدپذیر میزان آبی است که حوضه آبریز طی چرخه آبی سالیانه، امکان و پتانسیل بازیابی آن را دارد.



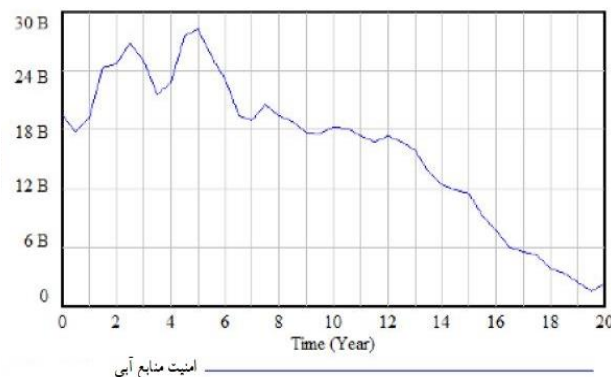
شکل ۸- روند تغییر ذخایر آب تجدیدپذیر کشور (میلیارد متر مکعب) منبع: سازمان هواشناسی کشور (۱۴۰۱)

بر اساس شکل مذکور تا سال ۱۳۸۵، متوسط ذخایر آب تجدیدپذیر معادل با ۱۳۰ میلیارد متر مکعب بوده است. این رقم برای تا سال ۱۳۸۵ به ۱۲۵ و تا سال ۱۳۹۵ به ۱۱۶ میلیارد متر مکعب رسیده است. هم‌چنین از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۵ این رقم ۸۹ میلیارد متر مکعب بوده است. به بیان دیگر میزان آب تجدیدپذیر

کشور در سال‌های اخیر نسبت به متوسط بلندمدت حدود ۳۲ درصد کاهش داشته است که رقم بسیار چشمگیری است. حال با توجه به مدل طراحی شده، متغیرهای جریان نرخ بارش به منظور بررسی اثرگذاری بر متغیر انباشت مدل (ذخایر آبی ذخایر و امنیت منابع آبی) بر اساس اطلاعات گذشته و مورد پیش‌بینی در افق بیست ساله تغییر داده شده است که نتایج آن در شکل ۹ قابل مشاهده است.



شکل ۱۰- سناریوی کاهش میزان بارش در ۲۰ سال آینده و وضعیت امنیت منابع آبی (منبع: تحقیق حاضر)



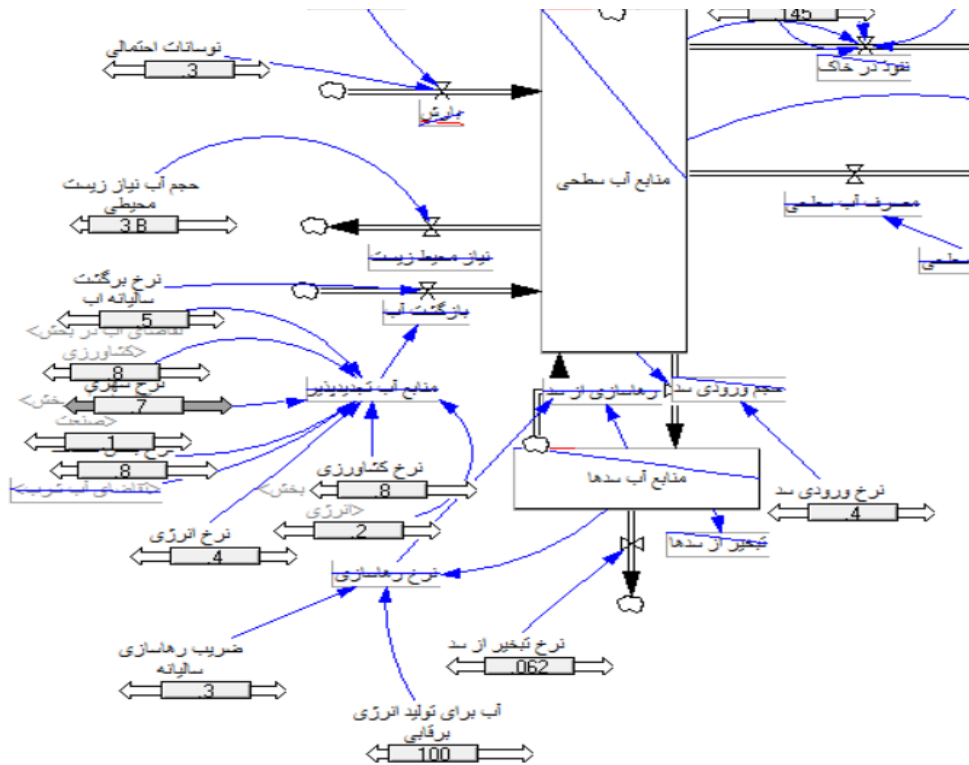
شکل ۹- پیش‌بینی ذخایر آبی طی ۲۰ سال آینده (خروجی نرم‌افزار ونسیم) (منبع: تحقیق حاضر)

مطابق با سناریوی فوق، در صورتی که حجم بارش روند نزولی داشته باشد، امنیت منابع آبی در کشور به صورت شکل ۱۰ قابل نمایش است. اگر سناریوی کاهش بارش در مدل تحقیق اعمال شود، امنیت منابع آبی طی افق بیست ساله با کاهش قابل توجهی همراه است بنابراین با توجه به نتایج این بخش و این فرض که وضعیت موجود کاهش بارش طی سال‌های آتی به دلایل مختلف از جمله ماهیت و شرایط اقلیمی کشور، می‌توان پیامدهای سناریوی اول را به ترتیب کمبود ذاتی منابع آب در کشور، تداوم خشکی‌ها بر اساس پیش‌بینی‌ها، افزایش دما و تغییر اقلیم، کاهش بارندگی و الگوی آن به دلیل تغییر اقلیم، کاهش منابع آب موجود و تشدید بحران آب مطرح کرد.

۵-۴-۲. بهره‌وری پایین آب در بخش‌های مختلف (سناریوی دوم)

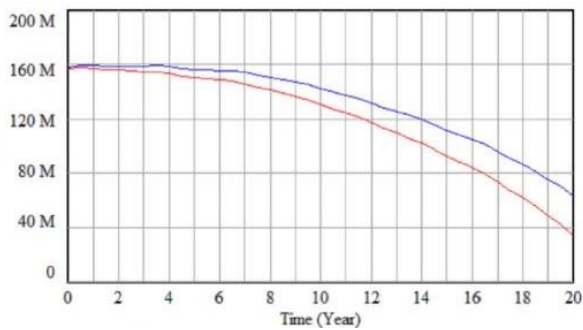
یکی از چالش‌هایی که بحران آب در کشور را وخیم‌تر می‌کند، بهره‌وری پایین آب در بخش‌های مختلف است. قسمت اعظم آب در کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و بهره‌وری پایین آب در این بخش نسبت به سایر بخش‌ها با چالش بیشتری همراه است. بر اساس اعلام وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۰)، میزان تولید ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب در کشور برابر با ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب و متوسط جهانی این شاخص

۲/۵ کیلوگرم بر متر مکعب است؛ بنابراین ترتیب شاخص مذکور در کشور نسبت به متوسط جهانی ۴۳ درصد است. بر اساس بررسی انجام‌شده و مدل طراحی‌شده در این تحقیق، راندمان آب در بخش‌های کشاورزی، شیلات و دام و طیور که در نهایت تقاضای آب در بخش غذا را شکل می‌دهد به شرح شکل زیر است.

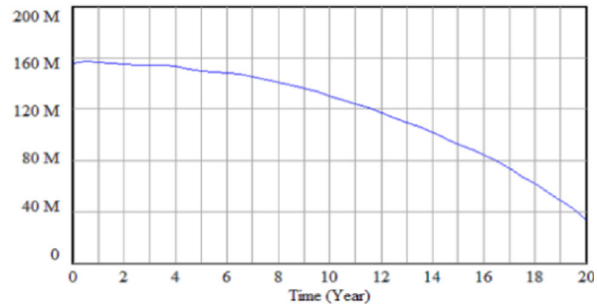


شکل ۱۱- روابط مربوط به متغیرهای سطح و جریان منابع آب سدها (منبع: تحقیق حاضر)

همان‌گونه که شکل ۱۲ نشان می‌دهد، با توجه به پیش‌بینی راندمان آب در کشور، در صورتی که مصرف آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه بخش کشاورزی با همین راندمان افزایش پیدا کند، راندمان آب در افق ۲۰ ساله به‌صورت شکل‌زیر قابل پیش‌بینی است.



شکل ۱۳- پیش‌بینی راندمان بخش آب در کشور



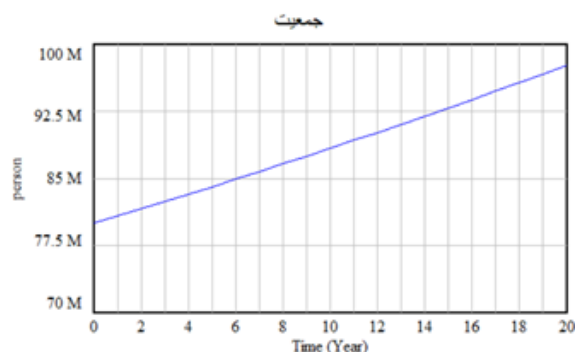
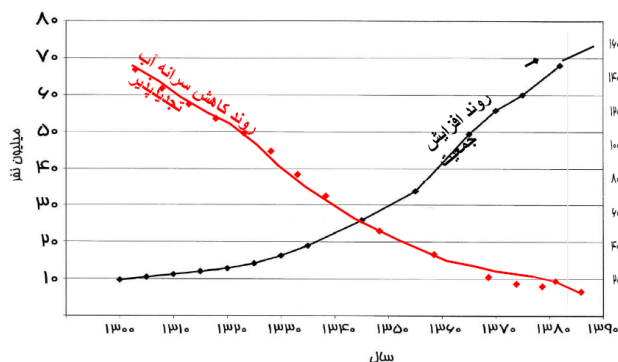
شکل ۱۲- راندمان بخش آب در کشور

بر اساس شکل، راندمان آب (متغیر انباشت یا سطح) با افزایش مصرف در بخش کشاورزی (متغیر جریان)، به‌طور قابل توجه کاهش خواهد یافت؛ بنابراین با توجه به نتایج این بخش می‌توان سناریوی دوم را به این صورت در نظر

گرفت: ۱) کاهش راندمان بخش آب و سهم محیط‌زیست ۲) استفاده بیشتر از ذخایر استاتیک و نابودی آن‌ها ۳) کاهش بیشتر ذخایر آب زیرزمینی و تبعات آن ۴) نابودی بیشتر زیست‌بوم‌های آبی ۵) از بین رفتن منابع طبیعی کشور و ۶) تشدید بحران آب در کشور.

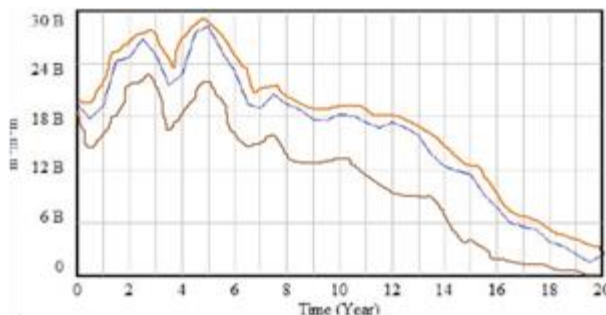
۵-۴-۳. افزایش جمعیت (سناریوی سوم)

افزایش مصرف آب ناشی از رشد جمعیت از دیگر مواردی است که باعث تشدید بحران آب در ایران شده است. عدم رعایت استانداردها در بخش‌های مختلف به خصوص زندگی شهری باعث شده است تا مصرف آب در ایران به‌طور بی‌رویه و غیر قابل مقایسه با دیگر کشورها باشد. در ادامه، تأثیر رشد جمعیت بر امنیت منابع آبی (متغیر انباشت یا سطح) در ایران بررسی می‌شود. طبق پیش‌بینی انجام‌شده در شکل ۱۶ مدل افق بیست ساله، جمعیت تا ۱۰۰ میلیون نفر افزایش خواهد یافت و این افزایش با در نظر داشتن شرایط فعلی منابع آبی در کشور، می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل تشدیدکننده بحران مدنظر قرار گیرد.



شکل ۱۵- روند افزایش جمعیت و کاهش سرانه آب تجدیدپذیر کشور در مدت ۸۰ سال گذشته منبع: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۰).

شکل ۱۴- سناریوی مربوط به رشد جمعیت در افق ۲۰ ساله؛ (منبع: تحقیق حاضر).



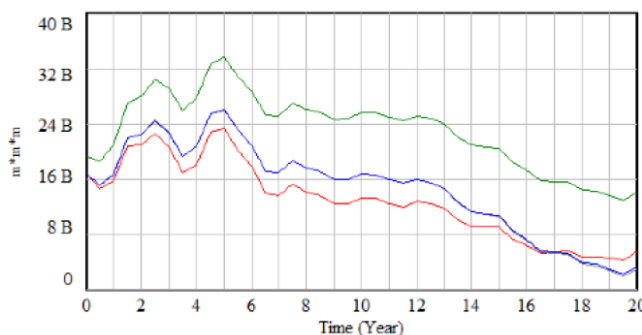
شکل ۱۶- پیش‌بینی امنیت منابع آبی در کشور بر اساس سناریوی افزایش و کاهش جمعیت (متر مکعب) (منبع: تحقیق حاضر).

پیش‌بینی فوق در حالی است که بر اساس شکل ۱۵ روند افزایش جمعیت از سال‌های گذشته در کشور به صورت صعودی با شیب فزاینده بوده است. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، پیش‌بینی می‌شود تا بیست سال آینده، نرخ رشد جمعیت به شکلی قابل ملاحظه افزایش پیدا کند؛ بنابراین تأثیر این افزایش بر امنیت منابع آبی به شرح شکل ۱۶ قابل مشاهده است. مقادیر دو سناریوی در نظر گرفته شده مربوط به شکل بالایی و پایینی است. در شکل بالایی کاهش جمعیت و نمودار پایینی افزایش جمعیت مدنظر قرار گرفته است. با تداوم وضع موجود منابع آبی و راندمان آب در بخش‌های گوناگون، افزایش جمعیت یکی از عواملی است که بر بحران آب دامن خواهد زد. این نتیجه در اغلب مطالعات مورد تأکید قرار گرفته است؛ بنابراین پیامدهای سناریوی افزایش جمعیت شامل (۱) افزایش جمعیت، (۲) افزایش نیاز بخش‌های مختلف (۳) آلودگی فزاینده منابع آب و کاهش کیفیت (۴) استهلاک تأسیسات و کاهش بهره‌وری (۵) تهدید امنیت آبی و غذایی کشور و درنهایت بحران آب در کشور است.

۵-۴-۴. بازگشت آب از بخش‌های مختلف و تأثیر آن بر منابع آب سطحی (سناریوی چهارم)

آب برگشتی به آن بخش از آب برداشتی گفته می‌شود که به مصرف نرسیده است و دوباره به مخازن آب‌های سطحی و یا زیرزمینی بازمی‌گردد. به عبارتی تمام آب برداشتی در یک فعالیت شهری، صنعتی و یا کشاورزی و غیره در فرآیند تولید استفاده نمی‌شوند. بر این اساس و در محاسبات مربوط به آب تجدیدپذیر در نظر گرفتن آب برگشتی شرب، کشاورزی و صنعت دارای اهمیت است. در ایران به طور متوسط حدود ۷۵٪ برداشت‌ها در مصارف شهری و ۲۰٪ در کشاورزی آب برگشتی در نظر گرفته می‌شود. نکته قابل توجه دیگر این است که تمام آب برگشتی قابل استفاده مجدد نیست؛ چرا که بخشی از آن به دلیل آلودگی ایجاد شده در فرآیند تولید از حیث ارتفاع خارج و باید از حوضه خارج شود (شاهدی و دیگران، ۱۳۹۹، ۷۴). در شکل ۱۷ و مدل شبیه‌سازی شده، مفاهیم برداشت، مصرف و آب برگشتی در سیستم منابع آبی نشان داده شده است. افزایش

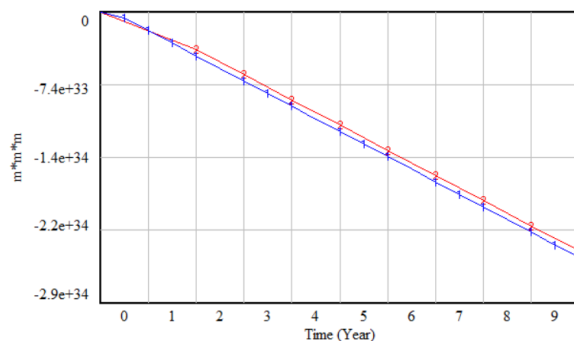
نرخ بازگشت آب از بخش‌های مختلف می‌تواند یکی از عوامل تسکین‌دهنده بحران آب مدنظر قرار گیرد. بر این اساس طبق شکل ۱۷ پیش‌بینی شده در افق بیست ساله با کاهش بازگشت آب از بخش‌های مختلف، امنیت منابع آبی کاهش پیدا کند.



شکل ۱۷- بررسی تأثیر بهبود نرخ بازگشت آب از بخش‌های مختلف بر امنیت منابع آبی (منبع: تحقیق حاضر)*** نمودار بالای (سبز) نشان‌دهنده بهبود نرخ بازگشت آب؛ نمودار میانی (آبی) نشان‌دهنده پیش‌بینی بر اساس تداوم وضعیت فعلی و نمودار پایینی (قرمز) کاهش نرخ بازگشت آب را نشان می‌دهد.

۵-۴-۵. ظرفیت توسعه نیروگاه‌های برقابی و آب ذخیره‌شده در پشت سدها (سناریوی پنجم)

پتانسیل و ظرفیت عملی تولید انرژی برق آبی در ایران ۵۰ میلیارد کیلووات ساعت به‌صورت سالانه است که می‌تواند ۶۰ درصد برق مورد نیاز کنونی کشور را تأمین کند. بیشترین امکانات تولید برق آبی مربوط به حوضه آبریز رودخانه کارون با ۳۰ میلیارد کیلووات ساعت در سال، حوضه آبریز دز با ۹ میلیارد کیلووات ساعت در سال و حوضه آبریز کرخه با ۶ میلیارد کیلووات ساعت در سال است. ۵ میلیارد کیلووات ساعت بازمانده آن مربوط به دیگر حوضه‌ها است (گزارش تنش آبی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ وزارت نیرو، ۱۴۰۲). یکی از سیاست‌های پیشنهادی برای مدیریت عرضه منابع آبی، کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برقابی برای کاهش حجم آب ذخیره‌شده در پشت سدها (متغیر جریان) است که در این مطالعه به‌عنوان سناریوی پنجم مدنظر قرار گرفته است. همان‌گونه که در شکل ۲۰ نشان داده شده است، امنیت منابع آبی در کشور (متغیر انباشت یا سطح) با سناریوی مذکور بهبود یافته است؛ ولی درعین حال این امنیت در هر دو حالت به‌صورت نزولی است.



شکل ۱۸- کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برقابی بر امنیت منابع آبی (منبع: تحقیق حاضر)

شکل ۱۸ با رنگ قرمز نشان‌دهنده امنیت منابع آبی تحت سناریوی کاهش آب برای تولید انرژی برقابی و نمودار پایین شرایط پایه با فرض تداوم وضعیت موجود است. با توجه به موارد مذکور و نتایج به‌دست‌آمده این نکته قابل ذکر است که در خصوص سیاست‌های مقابله با بحران آب هر سیاستی از طرق اجزای ثابت مدل این تحقیق قابل اعمال در مدل و قابل بررسی است؛ بنابراین سیاست‌های اعمال‌شده از سوی دولت یا طرف عرضه آب را تغییر می‌دهد یا طرف تقاضای آب را. در نتیجه باید به‌منظور تدوین سیاست‌های مقابله با بحران آب با مدنظر قرار دادن این شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت منابع آبی و اهداف مختلف بهره‌برداری از آن‌ها بهره گرفت.

۶. نتیجه

بحران آب تأثیرات عمیقی بر محیط‌زیست، اقتصاد و جامعه دارد و برای مقابله با آن نیاز به سیاست‌های مؤثری داریم (قطبی، ۱۳۹۵، ۴۸). در این مطالعه، سیاست‌های مختلفی که برای مقابله با بحران آب در ایران اتخاذ شده است، بررسی و ارزیابی شد. نیز عوامل مؤثر بر بحران آب در کشور مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این تحلیل، می‌توان تأثیر و کارایی سیاست‌های مختلف بررسی و راهکارهای بهبود و توسعه آن‌ها و به‌عبارتی خط‌مشی‌ها و پیشنهادها مرتب در جدول ۲ ارائه شد. در مجموع، بحران آب به‌عنوان یکی از چالش‌های اقتصادی مهم در ایران، نیازمند رویکردهای چندگانه و متناسب با شرایط کشور است. استفاده بهینه از منابع آب، توسعه فناوری‌های صنعتی کم‌آب و توسعه زیرساخت‌های آبی می‌تواند بهبود بهره‌وری آب و کاهش هزینه‌های اقتصادی مرتبط با بحران آب را فراهم کند.

جدول ۲- تحلیل سیاست‌های مقابله با بحران آب در ایران

ارائه خط‌مشی	تحلیل اقتصادی	سناریو
<p>۱. برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در راستای توسعه منابع آب تجدیدپذیر مانند آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های سطحی .</p>		
<p>۲. ترویج بهره‌وری آب در همه بخش‌ها از جمله کشاورزی، صنعت، شهری و خانگی شامل اصلاح الگوی کشاورزی به سمت کشاورزی پایدار، استفاده از فناوری‌های آبیاری هوشمند، کاهش تلفات آبی و ارتقای آگاهی عمومی.</p>	<p>تغییر اقلیم و کاهش منابع آب تجدیدپذیر تحلیل اقتصادی: تغییرات اقلیمی به‌عنوان اولین عامل می‌تواند به کاهش بارش‌ها و افزایش دما منجر شوند که این موضوع باعث کاهش تولید آب در منابع آب زیرزمینی و سطحی می‌شود. این تغییرات اقلیمی باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی و دسترسی به منابع آب برای آبیاری می‌شود. این در نتیجه می‌تواند به کاهش تولید محصولات کشاورزی، افزایش قیمت محصولات و کاهش درآمد کشاورزان منجر شود. هم-چنین، کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌تواند به کاهش تأمین غذا و افزایش واردات غذا منجر شود که هزینه‌های اقتصادی برای کشور را افزایش می‌دهد.</p>	اول
<p>۳. حفاظت از منابع آبی از جمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبگیرها بسیار حائز اهمیت است و شامل ایجاد مناطق حفاظت‌شده، کنترل استخراج آب زیرزمینی، حفظ تنوع زیستی و برنامه‌ریزی منابع آبی در شرایط تغییر اقلیم است.</p>	<p>دومین عامل، کاهش منابع آب تجدیدپذیر است. با توجه به افزایش جمعیت و توسعه صنایع، مصرف آب در ایران به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این مصرف زیاد آب به همراه کاهش منابع آب تجدیدپذیر، به کاهش منابع آب شیرین و افزایش مصرف آب شور منجر می‌شود. این مسئله باعث افزایش هزینه‌های تصفیه آب و تأمین آب شیرین برای استفاده در صنایع و خانوارها می‌شود. هم‌چنین، کاهش منابع آب تجدیدپذیر باعث کاهش تولید برق از نیروگاه‌های آبی می‌شود.</p>	اول
<p>۴. تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های مربوط به آب، از جمله تصفیه آب، استفاده از آب‌های شور، ذخیره و استفاده مجدد آب و هوشمندسازی مدیریت آب، بسیار ضروری است. این فناوری‌ها می‌توانند به بهبود کارایی استفاده از آب، مدیریت بهتر منابع آب و افزایش قابلیت مقابله با تغییر اقلیم کمک کنند.</p>		
<p>۵. بحران آب تغییر اقلیم و کاهش منابع آب تجدیدپذیر مسئله‌ای جهانی است و نیاز به همکاری و هماهنگی بین‌المللی دارد. برنامه‌ها و پروژه‌های مشترک با سایر کشورها و سازمان‌های بین‌المللی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب و توسعه فناوری‌های مربوط به آب کمک کند.</p>		
<p>۶. آموزش و افزایش آگاهی عمومی درباره مسائل آب، تغییر اقلیم و اهمیت حفظ منابع آبی بسیار مهم است. این شامل آموزش دانش‌آموزان، ارتقای آگاهی جامعه و ترویج فرهنگ مصرف مسئولانه آب می‌شود.</p>		

<p>۷. مدیریت دقیق و کمیت و کیفیت آب در سطح ملی و مناطق مختلف ایران بسیار حائز اهمیت است. این شامل برنامه‌ریزی منابع آب، مانیتورینگ و کنترل کیفیت آب و ایجاد سازوکارهای مدیریتی مناسب است.</p>		
<p>۸. اصلاح سیاست‌ها و قوانین مربوط به مدیریت منابع آب و استفاده از آب به‌صورت پایدار و مسئولانه بسیار ضروری است. این شامل تعیین سیاست‌های ملی و منطقه‌ای، ایجاد انگیزه‌ها و تشویق‌ها برای حفظ و بهره‌برداری بهینه از آب است. به‌طور کلی، خطمشی مقابله با بحران آب ناشی از تغییر اقلیم و کاهش منابع آب تجدیدپذیر در ایران باید بر پایه توسعه پایدار، همکاری بین‌المللی، بهره‌وری آب، حفاظت از منابع آبی، توسعه فناوری‌های مربوط به آب، آموزش و افزایش آگاهی، مدیریت کمیت و کیفیت آب، اصلاح سیاست‌ها و قوانین و هماهنگی بین‌المللی قرار بگیرد</p>		
<p>۱. کشاورزی: -ترویج کشاورزی پایدار و بهینه با استفاده از فناوری‌های آبیاری هوشمند مانند آبیاری قطره‌ای -ارتقای کشاورزی بومی و اصلاح الگوی کشاورزی به سمت کاشت محصولات کم آب و مقاوم به خشکی. -استفاده از مدیریت منابع آبی بهینه مانند توزیع منابع آب بر اساس نیاز و تقاضا.</p>	<p>بهره‌وری پایین آب در بخش‌های مختلف تحلیل اقتصادی: بهره‌وری پایین آب در بخش‌های مختلف، از جمله کشاورزی، صنعت و خانوارها، یکی از عوامل مهمی است که به شکل‌گیری بحران آب در ایران از منظر اقتصادی کمک می‌کند. کاهش بهره‌وری آب در این بخش‌ها می‌تواند منجر به هدر رفت منابع آب، افزایش هزینه‌ها و کاهش تولید شود.</p>	
<p>۲. صنعت: - بهبود بهره‌وری آب در صنایع از طریق انجام تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های صنعتی پایدار. - استفاده از سیستم‌های بازیافت آب و استفاده مجدد آب در فرآیندهای صنعتی. - اجرای سیستم‌های مدیریت آب در صنایع بر اساس استانداردهای بین‌المللی.</p>	<p>در بخش کشاورزی، بهره‌وری پایین آب یکی از مشکلات اساسی است. استفاده ناکارآمد از آب برای آبیاری و کشت محصولات می‌تواند باعث هدر رفت منابع آب شود. همچنین، استفاده از روش‌های سنتی آبیاری نیز می‌تواند بهره‌وری را کاهش دهد. این مسئله باعث افزایش هزینه‌های تولید در بخش کشاورزی می‌شود و کشاورزان را با مشکلات اقتصادی مواجه می‌کند. هم‌چنین، کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌تواند باعث افزایش وابستگی به واردات محصولات غذایی شود که هزینه‌های اقتصادی کشور را افزایش می‌دهد.</p>	دوم
<p>۳. شهری و خانگی: - ترویج فرهنگ مصرف مسئولانه آب در خانواده‌ها و جامعه. - استفاده از تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف آب در ساختمان‌ها مانند توالتهای صرفه‌جو و دستشویی‌های خشک. - ارتقای آگاهی عمومی درباره روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و اهمیت حفظ منابع آبی.</p>	<p>در بخش صنعت، نیز بهره‌وری پایین آب می‌تواند تأثیرات منفی داشته باشد. استفاده ناکارآمد از آب در صنایع می‌تواند باعث هدر رفت منابع آب شود. برخی صنایع ممکن است از آب به شکل بی‌رویه و بدون استفاده اقتصادی استفاده کنند، که این موضوع باعث افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. هم‌چنین، استفاده از فرآیندهای صنعتی که بهره‌وری پایین آب دارند، می‌تواند باعث کاهش تولید و افزایش هزینه‌های تولید در صنایع شود.</p>	
<p>۴. گردشگری: -استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب در هتل‌ها، رستوران‌ها و مراکز گردشگری. -ترویج توریسم پایدار و مدیریت هوشمند منابع آب در محل‌های گردشگری.</p>	<p>در بخش خانوارها، نیز بهره‌وری پایین آب می‌تواند به مشکلات اقتصادی منجر شود. استفاده ناکارآمد از آب در خانوارها می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های مربوط به آب و فاضلاب شود. همچنین، افزایش هزینه‌های مربوط به تصفیه آب و تأمین آب شیرین برای</p>	
<p>۵. - اصلاح سیاست‌ها و قوانین مربوط به مدیریت منابع آب با تأکید بر بهره‌برداری مسئولانه و پایدار. - استفاده از سیستم‌های هوشمند مدیریت آب بر اساس داده‌های سنسورها و شبکه‌های اینترنت اشیا.</p>		

<p>- ارتقای هماهنگی بین سازمان‌ها و نهادهای مختلف در مدیریت منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها.</p>	<p>استفاده در خانوارها نیز می‌تواند به مشکلات اقتصادی منجر شود. به‌طور کلی، بهره‌وری پایین آب در بخش‌های مختلف باعث افزایش هزینه‌ها، کاهش تولید و افزایش وابستگی به واردات می‌شود. این موضوع باعث کاهش رقابت‌پذیری صنایع و کاهش درآمد کشور می‌شود. بنابراین، بهبود بهره‌وری آب در بخش‌های مختلف اقتصادی، یکی از راهکارهای مهم برای مقابله با بحران آب است.</p>	
<p>۱. سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های آبی مانند سدسازی، شبکه آبیاری، تصفیه آب و توزیع منابع آب، به‌منظور تأمین نیازهای آبی جمعیت رشد کننده.</p>	<p>افزایش جمعیت تحلیل اقتصادی: افزایش جمعیت را می‌توان به‌عنوان یکی از عوامل اصلی شکل‌گیری بحران آب در ایران از منظر اقتصادی تحلیل کرد. افزایش جمعیت منجر به افزایش نیازهای آبی مردم می‌شود، که این امر باعث افزایش استفاده از منابع آبی می‌شود. این افزایش در استفاده از منابع آبی همراه با هزینه‌های اقتصادی بالا می‌شود.</p>	
<p>۲. ترویج فرهنگ مصرف مسئولانه آب در جامعه و آموزش روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب به‌منظور کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری آب.</p>	<p>با افزایش جمعیت، نیاز به آب برای مصارف مختلف مانند آبیاری کشاورزی، تأمین آب شرب و صنعت افزایش می‌یابد. این افزایش در تقاضا بر روی منابع آبی تأثیر می‌گذارد و می‌تواند منجر به کاهش منابع آبی و افزایش هزینه‌های استخراج و تأمین آب شود. به‌علاوه، افزایش نیاز به آب ممکن است منجر به نیاز به ساخت زیرساخت‌های آبی بیشتر شود که این نیاز نیز هزینه‌های اقتصادی بالایی را به‌همراه دارد.</p>	
<p>۳. تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب مانند توالتهای صرفه‌جو، سیستم‌های ریزشی و هوشمندسازی مصرف آب در ساختمان‌ها.</p>	<p>علاوه بر این، افزایش جمعیت می‌تواند منجر به افزایش تولید صنایع و خدمات شود. این افزایش تولید همراه با نیاز به بیشترین مقدار منابع آبی ممکن است، که این امر باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاهش رقابت‌پذیری صنایع می‌شود. افزایش هزینه‌های تولید منجر به افزایش قیمت محصولات نهایی می‌شود و می‌تواند تأثیر منفی بر قدرت خرید مردم داشته باشد.</p>	
<p>۴. برنامه‌ریزی شهری هوشمند و پایدار با تأکید بر مدیریت منابع آب و استفاده بهینه از آب در شهرها و شهرستان‌ها.</p>	<p>بنابراین، افزایش جمعیت می‌تواند منجر به بحران آب در ایران شود و این بحران از منظر اقتصادی هزینه‌های بالایی را برای تأمین آب و استفاده بهینه از منابع آب به همراه داشته باشد. برای مقابله با این بحران، بهبود بهره‌وری آب و استفاده بهینه از منابع آب از طریق اصلاح سیستم‌های آبیاری، توسعه فناوری‌های صنعتی که بهره‌وری آب را افزایش می‌دهند و توسعه زیرساخت‌های آبی می‌تواند مؤثر باشد. همچنین، آموزش و افزایش آگاهی جامعه درباره مدیریت صحیح آب و ترویج استفاده اقتصادی از آب نیز می‌تواند به کاهش مصرف آب و هدر رفت آب کمک کند.</p>	سوم
<p>۵. ترویج سیاست‌ها و برنامه‌ها برای کنترل رشد جمعیت و تعادل بین تقاضا و عرضه منابع آب در مراکز شهری و روستایی.</p>	<p>همچنین، تنظیم قیمت آب به‌طور مناسب می‌تواند نقش مهمی در بهبود بهره‌وری آب داشته باشد. قیمت‌گذاری مناسب برای آب، تشویق به استفاده بهینه از منابع آب و کاهش هدر رفت آب را ترویج می‌کند. علاوه بر این، تشویق به استفاده از فناوری‌های مدرن و کم‌آب برای تولید محصولات کشاورزی و صنعتی نیز می‌تواند به بهبود بهره‌وری آب کمک کند.</p>	
<p>۶. برنامه‌ریزی منابع آب به‌صورت مستدام و بهره‌برداری از تکنولوژی‌های مدیریت منابع آب بر اساس نیاز و تقاضا.</p>	<p>برقراری همکاری و هماهنگی با سایر کشورها و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه مدیریت منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها.</p>	
<p>۷. برقراری همکاری و هماهنگی با سایر کشورها و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه مدیریت منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها.</p>	<p>برقراری همکاری و هماهنگی با سایر کشورها و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه مدیریت منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها.</p>	

<p>۱. ترویج و استفاده از سیستم‌های بازیافت آب در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت و شهری به‌منظور استفاده مجدد از آب و کاهش مصرف آب تا حد امکان.</p> <p>۲. تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های جدید و نوآورانه برای بازیافت آب در بخش‌های مختلف، به‌منظور افزایش نرخ بازگشت آب و کاهش تلفات آب.</p> <p>۳. ارتقاء آموزش و آگاهی درباره اهمیت بازیافت آب و روش‌های صحیح استفاده از آب در بخش‌های مختلف، به‌منظور تشویق به استفاده از سیستم‌های بازیافت و کاهش تلفات آب.</p>	<p>بازگشت آب از بخش‌های مختلف و تأثیر آن بر آب سطحی</p> <p>تحلیل اقتصادی: بازگشت آب به منابع آبی می‌تواند از دو جنبه اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. اولاً، این سیاست می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های مرتبط با تأمین آب شود. بازگشت آب به منابع آبی به‌معنای استفاده بهینه از منابع آب و جلوگیری از هدر رفت آب است. با کاهش هدر رفت آب، هزینه‌های مرتبط با تأمین آب مانند هزینه‌های استخراج، تصفیه و توزیع آب کاهش می‌یابد. همچنین، با استفاده بهینه از منابع آب، نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر در زیرساخت‌های آبی و تأمین آب کاهش می‌یابد که این نیز می‌تواند در کاهش هزینه‌های اقتصادی تأمین آب تأثیرگذار باشد.</p> <p>ثانیاً، بازگشت آب به منابع آبی می‌تواند به‌منظور افزایش درآمدهای اقتصادی استفاده شود. با کاهش هدر رفت آب و استفاده بهینه از آب، میزان تولید محصولات کشاورزی و صنعتی افزایش می‌یابد. این افزایش تولید می‌تواند به افزایش درآمدهای مرتبط با فروش محصولات و افزایش شغل و اشتغال‌زایی برای جامعه منطقه‌ای منجر شود. به‌طور معمول، توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعتی که بهره‌وری آب را بهبود بخشند، می‌تواند به ایجاد شغل‌های جدید و افزایش درآمد افراد منطقه کمک کند. همچنین، با بهبود بهره‌وری آب و کاهش هزینه‌های مرتبط با تأمین آب، قابلیت رقابتی بخش‌های مختلف اقتصادی نیز افزایش می‌یابد.</p> <p>از منظر اقتصادی، بازگشت آب به منابع آبی می‌تواند به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری در بلندمدت محسوب شود. با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی، به‌طور مستقیم بهبود بهره‌وری آب و کاهش هدر رفت آب را تضمین می‌کنیم. این سرمایه‌گذاری می‌تواند به کاهش هزینه‌های اقتصادی مرتبط با بحران آب، افزایش تولید و افزایش درآمدهای اقتصادی منجر شود. همچنین، با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های صنعتی کم‌آب و توسعه سیستم‌های آبیاری کم‌آب، می‌توان به افزایش بهره‌وری آب و افزایش تولید با هزینه‌های کمتر دست یافت.</p>	<p>چهارم</p>
<p>۴. تشویق به استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش‌های مختلف مانند فناوری‌های آبیاری هوشمند و سیستم‌های مدیریت آب، به‌منظور کاهش مصرف آب و افزایش بازگشت آب.</p> <p>۵. تنظیم قوانین و مقررات مناسب درباره بازیافت آب و کاهش تلفات آب در بخش‌های مختلف، به‌منظور تشویق به استفاده از سیستم‌های بازیافت آب و تنظیم استانداردهای بازگشت آب.</p>	<p>کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برقابی برای کاهش حجم آب ذخیره‌شده در پشت سدها/ کاهش آب برای تولید انرژی برقابی</p> <p>تحلیل اقتصادی: کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برق‌آبی برای کاهش حجم آب ذخیره‌شده در پشت سدها، به‌عنوان یکی از سیاست‌های مقابله با بحران آب در ایران، از منظر اقتصادی می‌تواند تأثیرات متنوعی داشته باشد.</p> <p>اولاً، کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برق‌آبی می‌تواند به کاهش هزینه‌های مرتبط با ساخت و عملیات نیروگاه‌ها منجر شود. نیروگاه‌های برق‌آبی نیاز به حجم زیادی از آب برای تولید برق دارند و با کاهش حجم آب ذخیره‌شده در پشت سدها، ظرفیت تولید برق از این نوع نیروگاه‌ها نیز کاهش می‌یابد. این کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برق‌آبی می‌تواند به تأمین</p>	<p>پنجم</p>
<p>۱. توسعه نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر مانند نیروگاه‌های بادی و خورشیدی به‌منظور کاهش وابستگی به نیروگاه‌های برق آبی و کاهش مصرف آب در تولید برق.</p> <p>۲. ترویج و استفاده از منابع انرژی دیگر مانند نیروگاه‌های برق حرارتی، هسته‌ای و گازی که نیاز کمتری به آب برای تولید برق دارند.</p> <p>۳. بهره‌برداری بهینه از نیروگاه‌های برق آبی موجود به‌منظور افزایش بازدهی و بهره‌وری آب در تولید برق.</p> <p>۴. ترویج فرهنگ مصرف مسئولانه برق در جامعه و ارتقاء آگاهی عمومی درباره روش‌های صرفه‌جویی</p>		

در مصرف برق، به‌منظور کاهش نیاز به توسعه نیروگاه‌های جدید.	هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ساخت و عملیات نیروگاه‌ها کمک کند، زیرا نیاز به سرمایه‌گذاری برای ساخت و نگهداری سدها و زیرساخت‌های آبی مرتبط با آن‌ها کاهش می‌یابد.	
۵. تنظیم قوانین و مقررات مناسب درباره توسعه نیروگاه‌های برق آبی و محدود کردن ظرفیت توسعه آن‌ها، به‌منظور کاهش تأثیرات منفی بر مصرف آب و حفظ منابع آبی.	دوماً، کاهش ظرفیت توسعه نیروگاه برق آبی می‌تواند به کاهش هزینه‌های مرتبط با تأمین آب منجر شود. نیروگاه‌های برق آبی برای تأمین آب موردنیاز خود از سدها و منابع آبی استفاده می‌کنند. با کاهش حجم آب ذخیره شده در پشت سدها، نیاز به تأمین آب برای نیروگاه‌ها کاهش می‌یابد و هزینه‌های مربوط به تأمین آب نیز کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به کاهش هزینه‌های اقتصادی مرتبط با بحران آب و تأمین آب منجر شود.	
۶. تشویق به استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی در تولید برق مانند توربین‌های باز یافت حرارتی و استفاده بهینه از نیروگاه‌های مشترک تولید گرما و برق (CHP).		

منبع: تحقیق حاضر

منابع

- منطقه خاورمیانه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد لرستان، ۱۴۰۱.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «بررسی بحران آب و پیامدهای آن در کشور»، شماره مسلسل گزارش ۱۵۶۰۸، ۱۳۹۶.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «بررسی تحلیلی شرایط موجود و تبیین وضعیت آینده بحران آب در کشور»، دفتر مطالعات زیربنایی، ۱۴۰۰.
- وزارت نیرو، گزارش آماری سالانه صنعت آب و برق ۱۳۹۹.
- وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، گزارش تنش آبی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۱۴۰۲.
- احمدی، سعیده، آثار و پیامدهای اقتصادی و امنیتی بحران آب در کشور، مجله امنیت اقتصادی، شماره ۹۱، ۱۴۰۰.
- اطلس منابع آبی کشور، راهکارها و چالش‌ها، شبکه تشکیل‌های مردم‌نهاد محیط‌زیست و منابع طبیعی کشور با همراهی گروه مهندسی - اجتماعی آبانگاه، چاپ اول، ۱۳۹۸.
- باقری، مهرداد؛ گندمکار، امیر؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ مختاری، حسین، «شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر بحران آب در استان اصفهان»، مجله جغرافیا (انجمن جغرافیایی ایران)، شماره ۷۷، ۱۴۰۲.
- خدایی، مصطفی؛ میرفخرایی، سیدحسن، «بحران آب و چارچوب‌های حقوقی نوین منطقه‌ای و بین‌المللی»، پژوهش‌نامه ایرانی سیاست بین الملل، شماره ۱۸، ۱۴۰۰.
- شاهدی، مهتری؛ طالبی، فاطمه، «آشنایی با مفاهیم پایه در سیستم منابع آب»، نشریه آب و توسعه پایدار، سال سوم، شماره ۲، ۱۳۹۹.
- زینتی فخرآباد، محمدمهدی؛ عسگری مقدم، مصطفی، «آینده پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آبی در نواحی مرزی ایران»، مجله جغرافیا و روابط انسانی، شماره ۱۵، ۱۴۰۰.
- شیاری، علی، باقری، رضا، احدی، پرویز، اسمعیل‌زاده، علیرضا، حکمرانی و اقتصاد سیاسی بحران آب در جمهوری اسلامی ایران. سیاست جهانی، شماره ۳۶، ۱۴۰۰.
- قطبی، سیدمحمدحسین، مدیریت بحران آب، انتشارات تی تی پول، ۱۳۹۵.
- قنبری، رضا؛ کردی‌زاده، مسلم؛ علیاری، حسن، «بررسی تأثیر بحران آب بر امنیت کشورهای

OECD Environment Directorate, OECD Global Forum on Environment: Making Water Reform Happen 25-26 October 2011, Paris, 2020. available at: <https://www.oecd.org/env/resources/49006778.pdf>

- Muñoz, A. A. Klock-Barría, K., Alvarez-Garreton., C., Aguilera-Betti, I., González-Reyes., Á., A. Lastra J., O. Chávez R., Barría., P., Water Crisis in Petorca Basin, Chile: The Combined Effects of a Mega-Drought and Water Management, *Water* 2020, 12, 648; doi:10.3390/w12030648

- UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2015 Water for a Sustainable World, Paris, 2015.

- Al Omari, H., Water Management in Jordan and its Impact on Water Scarcity, Thesis submitted to the University of Ottawa in partial Fulfillment of the requirements for the Master of Science of Environmental Sustainability, 2020.

- Fao report, the state of food and agriculture, Rome, 2017.

Gupta, Joyeeta, Ahlers, Rhodante and Lawal, Ahmed, The Human Right to Water: Moving Towards Consensus in a Fragmented World, *Review of European Community & International Environmental Law*, Vol.19, Issue.3. 2010.

- Mountford, Helen. "The Environmental Outlook to 2050",