Research Paper

Water Resources Supply-Demand Policy Using Pressure Parameters Management in the Caspian Basin

Amir Hedayatiaghmashhadi [1,2*], Amir Ansari [1], Azadeh Kazemi [1]
1. Associate Prof. of Environment Development, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Arak, Arak Province, Iran.
2. Department of Sustainable Landscape Development, Institute of Geosciences and Geography, Martin Luther University Halle-Wittenberg, 06120 Halle (Saale), Germany

Received: 2020/02/05
Revised: 2020/02/10
Accepted: 2021/11/29

Use your device to scan and read the article online

DOI: 10.30495/wej.2021.20446.2118

Keywords:
Agriculture, Water well, Conflict perception, Conflict management

Abstract

Introduction: Water conflict is a major challenge that, if left unmanaged, will become a security issue. Although tensions over water have increased, conflicts over shared water resources are more likely to happen. The study aimed to investigate water conflict and its management strategies among farmers.

Methods: The descriptive-survey research method was used. The data-gathering tool was the questionnaire, which its validity was verified through face validity. The study population included farmers who used shared water wells to provide water for agriculture (N=478). Using Cochran's formula, the sample size was 214 farmers who were selected by the simple random sampling method. Data were analyzed using SPSS software.

Findings: The results showed that "drought" and "increasing number of farmers", with an average score of 3.56 and 3.45, respectively on a scale of 1 to 5, are considered as the main causes of agricultural water conflict. From the farmers' view, the priority for reducing water conflicts was the participation of farmers in managing water wells and negotiating with farmers around the water. On a scale of 13 to 65 with an average of 38.51, the perceived agricultural water conflict was at the medium level. By increasing farm distance from the well, area of agricultural rental land, and annual income from non-agricultural activities, the perception of agricultural water conflict increased. However, by increasing owned agricultural land area and agricultural income, the perception of agricultural water conflict decreased. The main strategy used by farmers to manage agricultural water conflict was "control", in which coercion and force are used to manage conflict. The "problem-solving" and "avoidance" strategies were the second and third priorities, respectively.

Citation: Amir Hedayatiaghmashhadi, Azadeh Kazemi, Amir Ansari. Water Resources Supply-Demand Policy Using Pressure Parameters Management in the Caspian Basin. Water Resources Engineering Journal. 2022; 15(53): 71- 84.

***Corresponding author:** Amir Hedayatiaghmashhadi
Address: Associate Prof. of Environment Development, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Arak, Arak Province, Iran.
Tell: +989112569731
Email: ahedayati@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Water is a precious and extremely valuable commodity that is decreasing and lacking in many countries due to an increase in demand for agricultural, domestic and industrial uses. During the past decades, due to an increase in competition in the allocation of water resources to different sectors and basins, the discussion of optimal management and allocation of water resources has also become an important issue. The increase in demand for water and the lack of sufficient water resources have exacerbated the crisis of scarcity and reduction in the quality of water resources, which is a big obstacle to achieve sustainable development of water resources management systems. The continued demand to achieve the desired quantity and quality of water resources puts pressure on planners to consider and compile comprehensive and complex plans for water resources management systems. When the necessary water demand for consumers is not provided, the result will be the appearance of economic and social effects in the way of regional and national development. Therefore, in such conditions, the best strategy will be to reduce the damage caused by these deficiencies. At the same time, it should be noted that water resources management systems are always accompanied by various uncertainties and many conflicts related to the allocation of water resources. These complexities and uncertainties should be considered as a part of interactions between parameters affecting water resources management and economic concepts related to water resources management.

Materials and Methods

The Caspian water basin, which is one of the six main water basins of Iran, is located in the north of Iran under the influence of the Caspian climate, and it includes seven sub-basins. The DPSIR framework (Driving Force-Pressure-Situation-Impact-Response) is a model that describes environmental problems by determining the relationships between human activities and the environment. This framework provides a background to combine different types of indicators with each other, and is useful not only to describe the environmental effects, but also the economic-social effects caused by changes in the state of ecosystems. After drawing the DPSIR model, the pressure factors on fresh water sources in the Caspian basin are identified and then weighted and prioritized with the help of experts' opinions and the FANP (Fuzzy-Analytic Network Process) method. In order to better understand the DPSIR model, it is necessary to have information about the region. For this purpose, more information has been collected with semi-structured interviews (to evaluate the weight of the parameters), literature review and studying upstream documents and report has been possible.

Findings

Examining the final weight of human and non-human criteria (8 criteria) of policy-making and management of fresh water resources in the Caspian watershed shows that the weight of human criteria (6 criteria) was 0.807 and the weight of non-human criteria (2 criteria) was 0.193. The weighting and prioritization of eight human and non-human sub-criteria for the policy-making and management of fresh water resources in the Caspian watershed shows that the sub-criterion of agricultural water consumption has the highest weight and dam construction has the lowest weight for policy-making and better management of fresh water resources in the Caspian watershed.

Discussion and Conclusion

Along with the growth and an increase of population, climate changes, increase in consumerism and industrialization, etc., in the Caspian watershed, the need for water resources management is also increasing in this basin, but with the current trend, the water resources of this area will be greatly threatened in the near future and social and economic life of the region is also endangered. The main reason for the

occurrence of such conditions in the field of water resources management is the lack of a principled policy based on sustainability sustainable development criteria. One of the basic and urgent measures that should be taken in the field of fresh water resources management in Caspian basin is the discussion of changing the water resources management paradigm from supply oriented to demand based.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Amir Hedayatiaghmashadi, Azadeh Kazemi
Methodology and data analysis: Amir Hedayatiaghmashadi, Amir Ansari, Azadeh Kazemi
Supervision and final writing: Amir Hedayatiaghmashadi

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

سیاست‌گذاری توام عرضه و تقاضا محور منابع آب با استفاده از مدیریت پارامترهای فشار (مطالعه موردی: حوضه آبریز خزر)

امیر هدایتی آقمشهدی[۲و۱*]، امیر انصاری[۱]، آزاده کاظمی[۱]
۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، استان مرکزی، ایران
۲. پژوهشگر گروه توسعه پایدار چشم انداز، موسسه علوم زمین و جغرافیا، دانشگاه Martin Luther، Halle-Wittenberg، آلمان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶
تاریخ داوری: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۸

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2021.20446.2118

واژه‌های کلیدی:
سیاست‌گذاری، مدیریت فشار، مدل DPSIR، FANP، حوضه آبریز خزر.

چکیده

مقدمه: در حال حاضر یکی از عمده‌ترین مشکلات مدیریت منابع آب در ایران،این است که جایگاه فعلی و آینده منابع آب در رشد و توسعه کشور بخوبی مشخص نیست. حوضه خزر یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشورمان می‌باشد که طی سال‌های گذشته بدلیل رشد جمعیت، مصرف‌گرایی، افزایش تقاضا و غیره، وضعیت منابع آب آن در معرض فشارهای زیادی قرار گرفته است. لذا در این مقاله سعی شده است با شناسایی و مدیریت عوامل فشار طبیعی و غیرطبیعی تاثیرگذار بر سیاست توام عرضه و تقاضا محور، به‌عنوان سیاست کارا و موثر مدیریت منابع آب در حوضه آبریز خزر، در این حوضه گام برداشته شود.

روش: در این راستا سعی شده است ابتدا عوامل فشار بر منابع آب شناسایی شده، سپس این عوامل اولیت‌بندی گردند و در نهایت نوع سیستم مدیریت منابع آب مناسب برای آنها مشخص شود. به همین‌منظور در شروع کار به کمک مدل DPSIR، وضعیت منابع آب در حوضه آبریز خزر تجزیه و تحلیل شده است و سپس پارامترهای فشار در این حوضه در دو دسته انسانی و غیر انسانی (با هشت زیرمعیار) و به کمک نظرات ۳۶ متخصص در زمینه محیطزیست و منابع آب و با استفاده از روش فازی ای ان پی(FANP)، اولویت‌بندی گردیده‌اند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که در حوضه آبریز خزر پارامتر انسانی با امتیاز ۰/۸۰۷ نسبت به پارامتر غیرانسانی از اهمیت بیشتری برخوردار است. از بین زیرمعیارها نیز پارامتر مصرف آب کشاورزی با ۰/۲۴۳ امتیاز و سدسازی با ۰/۰۳۹ امتیاز بیشترین و کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.

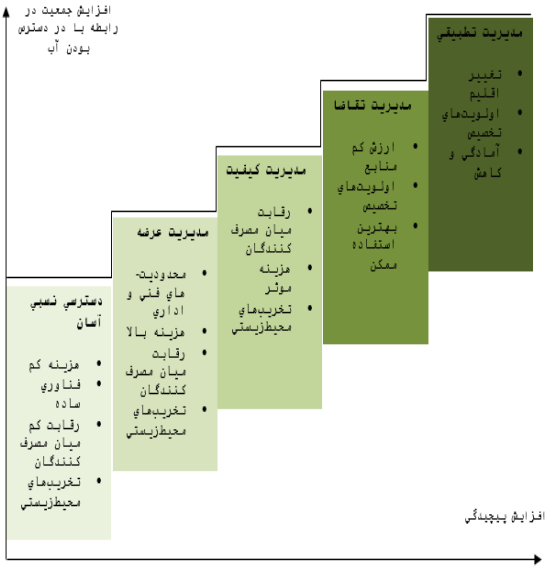
نتیجه‌گیری: هم‌زمان با رشد و افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی، افزایش مصرف‌گرایی و صنعتی شدن، و غیره در حوضه آبریز خزر نیاز به مدیریت منابع آب نیز در این حوضه افزایش می‌یابد، اما با روند موجود در حال حاضر در آینده‌ای نزدیک منابع آبی کشورمان بشدت تهدید شده و حیات اجتماعی و اقتصادی منطقه نیز به خطر می‌افتد. دلیل اصلی وقوع چنین شرایطی در زمینه مدیریت منابع آب در کشور، نبود سیاست اصولی و مبتنی بر پایداری در زمینه منابع آب در کشورمان می‌باشد که تعیین کننده جایگاه فعلی و آینده کشورمان در زمینه مدیریت منابع آب شیرین در کشور باشد. یکی از اقدامات اساسی و مبرمی که در حال حاضر باید در زمینه مدیریت منابع آب شیرین باید در کشورمان صورت پذیرد بحث تغییر پارادایم مدیریت منابع آب کشورمان می‌باشد. به‌منظور اصلاح سیاست مصرف آب بخش کشاورزی، بدلیل اهمیت استراتژیک و اقتصادی و اجتماعی‌ای که در کشورمان وجود دارد، نیازمند برنامه‌ای تقریب بلند مدت با منابع مالی زیاد می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:** امیر هدایتی آقمشهدی
نشانی: گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، استان مرکزی، ایران و گروه توسعه پایدار چشم انداز، موسسه علوم زمین و جغرافیا، دانشگاه Martin Luther، Halle-Wittenberg، آلمان.
تلفن: ۰۹۱۱۲۵۶۹۷۳۱
پست الکترونیکی: ahedayati@ut.ac.ir

مقدمه

آب کالایی است گرانبها و فوق العاده ارزشمند که در بسیاری از کشورها بدلیل افزایش تقاضا برای مصارف کشاورزی، خانگی و صنعتی در کاهش و کمبود می‌باشد (۱). در طول دهه‌های گذشته بدلیل افزایش رقابت در تخصیص منابع آب به بخش‌های مختلف و حوضه‌های مختلف، بحث مدیریت و تخصیص بهینه منابع آب نیز موضوعی حائز اهمیت شده است (۲و۳). در طول این مدت رقابت بر سر منابع آب بدلیل افزایش جمعیت، کاهش منابع آب در دسترس، شرایط اقلیمی متفاوت و غیره موجب شده است تا کیفیت و کمیت منابع آب نیز دچار تغییر شود (۴)، و دولت‌ها به ناچار به‌دنبال سیاست‌های درست منابع آب در هر منطقه می‌باشند (شکل ۱)، زیرا همچنان که منابع آب ثابت می‌مانند و یا ممکن است کاهش یابند، مدیریت آب نیز نیازمند ابزارهای پیچیده تر و کاراتری است. علاوه بر این، مدیریت منابع آب در عصر حاضر نیازمند افزایش آمادگی برای مواجه با عدم اطمینان ناشی از تغییرات جهانی است. بر این اساس محرک‌های اصلی در تغییرات برنامه ریزی منابع آب که موجب تغییر نگرش ها در این حیطه شده اند عبارتند از:

- افزایش تقاضای آب بدلیل تغییرات سبک زندگی و تمرکز جمعیت در مراکز شهری؛
- مصارف جدید آب، که نشان دهنده اجازه برای دریافت بیشتر آب است (مانند حفاظت از اکوسیستم، فعالیت¬های تفریحی با آب) ؛
- مشکلات کمبود آب ناشی از فعالیت¬های انسانی؛
- یکپارچگی حفاظت از اکوسیستم در مدیریت آب؛
- اثرات تغییرات اقلیم بر روی منابع آب.



شکل ۱- تغییر پارادایم در مدیریت آب (۵)

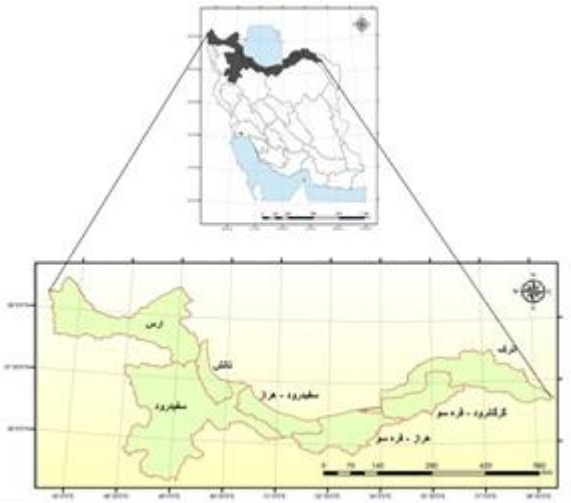
افزایش تقاضا برای آب و نبود منابع آب کافی بحران کمبود و کاهش کیفیت منابع آب را تشدید کرده است (۵)، که این خود مانع بزرگی در راه رسیدن به توسعه پایدار سیستم‌های مدیریت منابع آبی است. تداوم تقاضا برای دستیابی به کمیت و کیفیت مطلوب منابع آب، موجب فشار بر برنامه‌ریزان برای در نظر گرفتن و تدوین برنامه‌هایی جامع و پیچیده برای سیستم‌های مدیریت منابع آب می‌شود (۶). زمانی که تقاضای لازم و ضروری آب برای مصرف کنندگان تامین نشود، نتیجه آن ظهور اثرات اقتصادی و اجتماعی در راه توسعه منطقه‌ای و ملی خواهد شد (۷). بنابراین در چنین شرایطی بهترین استراتژی کاهش صدمات ناشی از این کمبودها خواهد بود. در عین حال باید به این نکته نیز توجه کرد که، سیستم‌های مدیریت منابع آب همواره همراه با عدم قطعیت‌های مختلف و تعارضات بسیاری در ارتباط با تخصیص منابع آب هستند (۸). این پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌ها در ادامه باید به‌عنوان بخشی از تعاملات بین پارامترهای تاثیرگذار بر مدیریت منابع آب و مفاهیم اقتصادی مرتبط با مدیریت منابع آب در نظر گرفته شوند.

در حال حاضر، سیاست‌های زیادی در زمینه مدیریت منابع آب در سطح جهان مطرح می‌باشند، اما یکی از مهمترین سیاست‌هایی که دولت‌ها به صورت جد آن را دنبال می‌کنند، سیاست توام عرضه و تقاضامحور می‌باشد. در طول فرایند مدیریت منابع آب، تصمیمات برای تخصیص منابع آب بر اساس میزان آب در دسترس برای ارائه به مصرف کنندگان صورت می‌گیرد که این میزان ارائه آب نیز می‌تواند از طریق راه‌کارهایی مانند سیاست‌ها و مقررات دولتی، اهرم‌های اقتصادی، اقدامات مهندسی و غیره از سوی تامین کنندگان آب تغییر نماید. اساس مدیریت عرضه و تقاضای آب فراهم‌آوری روش‌هایی برای حل مشکل آب مصرف کنندگان است که این کار از طریق تمرکز بر روی رویکردهایی که بر رفتار مصرف کنندگان تاکید دارند امکان‌پذیر است (۹). در واقع مدیریت عرضه و تقاضا عبارت است از، برنامه‌ریزی، هدایت و مجموعه ابزاری است که افراد، رفتار و فعالیت‌های آنها در دسترسی، استفاده و مصرف آب به‌صورتی که هزینه‌های فزاینده در تامین آب و ایجاد زیر ساختهای آن در افق کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بوجود نیاید را مطرح می نماید.معمولا در مقایسه با سیاست ها و برنامه های مدیریتی عرضه آب برای تامین آب مصرف کنندگان که نیاز به گسترش زیرساخت‌های هزینه بر و حالت ساختاری دارند، سیاست ها و برنامه های مدیریت عرضه و تقاضای آب حالتی غیرساختاری و بیشتر متکی بر مشوق های مالی و قانونی برای تغییر رفتار مصرف کنندگان دارند، هرچند این رویکرد نیز خالی از روندهای ساختاری نیست (۱۰). آنچه‌که باید در اینجا به آن توجه کرد این است که؛ مدیریت عرضه و تقاضا محور، یک سیاست، اصل و حتی می‌توان گفت پارادایم جدیدی (البته در ایران) در زمینه مدیریت منابع آب می‌باشد، که در کشورمان با توجه به وضعیت مدیریت منابع آب باید مورد توجه و اجرا قرار گیرد. دست‌یابی به اهداف سیاست عرضه و تقاضا محور بدلیل آرمان‌گرایانه و کلان بودن سخت و زمان‌بر است، لذا باید از رویکردهای اجرائی و کاربردی‌تر برای دستیابی به اهداف عرضه و تقاضا آب استفاده کرد. مدیریت (پارامترهای) فشار بر منابع آب، از جمله رویکردهای مدیریتی اجرائی سیاست عرضه و تقاضا محور می‌باشد، که می‌توان به کمک آن در راستای دستیابی به اهداف مدیریت عرضه و تقاضا منابع آب گام برداشت. برای این منظور، ابتدا می‌بایست به بررسی پارامترهای فشار

بر منابع آب در یک حوضه پرداخت، سپس با برنامه‌ریزی صحیح باید به آهداف آن در طول زمان دست یافت که در ادامه و در این مقاله به آن بیشتر اشاره خواهد شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبی خزر که یکی از شش حوضه اصلی آبی ایران به شمار می‌آید، در شمال ایران و تحت تاثیر اقلیم خزری قرار دارد و خود شامل هفت زیرحوضه می‌باشد. استان‌هایی که در این حوضه آبی قرار می‌گیرند شامل خراسان شمالی، گلستان، مازندران، گیلان، اردبیل، زنجان، کردستان، قزوین و بخش‌های شمالی استان‌های آذربایجان شرقی و غربی می‌باشند (شکل ۲). طی سال‌های گذشته بدلیل رشد قابل توجه جمعیت در این حوضه و رشد فعالیت‌های انسانی و دیگر عوامل، این حوضه آبی نسبتا پر بارش ایران نیز در معرض کمبود و بحران آب شیرین قرار گرفته است؛ به‌طوری که بر اساس گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران، در سال آبی ۹۰-۸۹، از استان‌هایی که در حوضه آبی خزر قرار دارند، استان‌های خراسان شمالی، اردبیل، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی و زنجان با کمبود آب و استان گلستان نیز با کمبود شدید آب مواجه هستند؛ همچنین استان‌های مازندران و گیلان و قزوین نیز در وضعیت بحران آب قرار گرفته‌اند (۱۱).



شکل ۲- حوضه آبریز خزر و زیر حوضه آن (۱۲).

در واقع مهمترین دلیل برای تعیین سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبی خزر، این است که بر خلاف سایر حوضه‌های اصلی آبی در ایران، این حوضه تاکنون کمتر در معرض تنش‌های آبی قرار گرفته است (بجز استان گلستان در این حوضه که دچار کمبود شدید آب شده است)، و به‌منظور پیشگیری و کنترل هر چه بهتر عوامل فشار، می‌بایست بر اساس سیاست‌گذاری درست و اصولی مبتنی بر عرضه و تقاضا و به صورتی پیش‌گیرانه و فعال، گام موثری در جهت مدیریت منابع آب در این منطقه برداشت. در کشور ما و بسیاری از کشورهای جهان سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب در بیشتر موارد حالت جامع و یکپارچه ندارد که این خود بدلیل نبود دید سیستمی در بررسی همه جانبه موضوع است. از آن جایی که در دهه های اخیر، مشکلات محیطزیستی که بیش تر بر اساس جنبه های اقتصادی فعالیت‌های انسانی بوده است، محققان و تصمیم‌گیران با چالش مواجه شده اند. این مشکلات در مقیاس ها ی متفاوتی از تغییر اقلیم جهانی تا تاثیرات فعالیت های انسانی بر سیستم های اکولوژیکی جای گرفته اند. در حال حاضر، به دلیل اهمیت این مشکلات نیاز به استفاده از روش های انعطاف پذیر برای مقابله کارآمد با مشکلات محیط زیستی بیش ازپیش احساس می شود؛ روش هایی که هم فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی و هم فاکتورهای محیط زیستی را در نظر بگیرند . چارچوب DPSIR یا مدل (نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تاثیر- پاسخ) ابزاری است که از طریق تعیین روابط میان فعالیت های انسانی و محیط زیست به توصیف مشکلات محیطزیستی می پردازد. این چارچوب زمینه¬ای را فراهم می کند تا انواع شاخص¬های متفاوت با یکدیگر ترکیب شوند و نه تنها تاثیرات محیط زیستی بلکه، تاثیرات اقتصادی- اجتماعی ناشی از تغییرات در وضعیت اکو سیستم-ها را نیز در نظر می گیرد.

بنابراین در این مقاله سعی شده است تا از مدل DPSIR که جزء نگرش‌های سیستمی به مسائل است استفاده شود. این مدل اولین بار توسط آژانس حفاظت محیط زیست اتحادیه اروپا مورد استفاده قرار گرفت، اما امروزه در سطح وسیعی در جهان استفاده می شود. در چارچوب مدل DPSIR با استفاده از روابط علت و معلولی تاثیر فعالیت‌های انسان بر رویمنابع آب و واکنش لازم برای کاهش صدمات بر منابع آب تحت پوشش قرار می گیرد (شکل ۳). به‌عنوان مثال، سون و همکارانش (۱۳) برای بررسی میزان پایداری بهره‌برداری از منابع آب در شهر بایور چین از مدل DPSIR استفاده کردند؛ همچنین به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌های حاصل از خروجی این مدل نیز از روش AHP بهره برده‌اند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که تغییر فشار بر منابع آب در این منطقه، ارتباط مستقیمی با تغییرات توسعه یافتگی اقتصادی- اجتماعی مردم بومی و الگوی مصرف آب ساکنین دارد. علاوه بر این، روبله گاری و همکارانش (۱۴) به بررسی عوامل فشار بر کیفیت منابع آب در سطوح شهری کلمبیا پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات آنها نشان داده است که، نیروهای محرکه‌ای مانند فعالیت‌های کشاورزی، معدن‌کاوی، الوار و توسعه زیرساخت‌ها در سطح ملی، و بویژه توسعه توریسم و ماهیگیری در سطح محلی از جمله مهمترین عوامل کاهنده کیفیت منابع آب طی سال‌های گذشته در کلمبیا بوده‌اند.

همچنین اجزای این مدل شامل موارد زیر است:

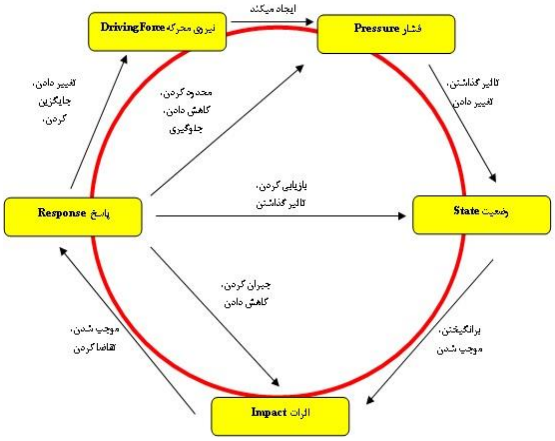
نیروی محرکه:(Drivers: D) عوامل ایجاد تغییرات که در این مدل مطرح می شود و در برگیرنده فعالیت های عمده اقتصادی،اجتماعی و غیره که به آنها اثرات برون زا نیز گفته می شود؛

فشار:(PRESSURE: P) فشاربرنامه یا فعالیت هایی که بر منابع آب تاثیر می‌گذارد؛

وضعیت:(STATE: S) وضعیت یا حالتی که از جنبه های مختلف محیط قابل مشاهده است را مشخص می‌کنیم.متغیرها،کیفیت و کمیت‌هایی که از جنبه‌های مختلف مشاهده می‌کنیم بررسی می‌شود؛

اثرات:(IMPACT: I) که شامل توصیف کاملاً واضح و مشخص در مورد اثر فعالیت های اقتصادی،اجتماعی بر منابع آب است؛

پاسخ (RESPONSE: R): پاسخ یا اقدامی که به عنوان واکنش در برابر موانع و مشکلات توسعه پایدار صورت می گیرد که ممکن است باعث کاهش یا افزایش متغیرهای وضعیت شود.



شکل ۳-ساختار مدل DPSIR (۱۵)

پس از ترسیم مدلDPSIR ، عوامل فشار بر منابع آب شیرین در حوضه خزر شناسایی شده و سپس به کمک نظر کارشناسان و روش FANP ، وزن‌دهی و اولویت‌بندی می‌شوند.

برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب به کمک روشFANP ، افراد مختلف در این زمینه فعالیت داشتند (۱۶؛ ۱۷؛۱۸؛۱۹؛ ۲۰؛ ۲۱؛ ۲۲) به عنوان مثال، واسونیا و همکارانش (۲۰۱۷) برای برنامه‌ریزی منابع آب از روش برنامه‌ریزی تعاملی فازی چند هدف خطی استفاده کردند (۱۶). هوانگ و همکارانش (۲۰۱۵) برای در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در سیستم مدیریت منابع آب، برنامه‌ریزی بازه–پارامتر در ارتباط با عدم قطعیت‌ها به‌عنوان اعداد بازه‌ای استفاده کردند (۲). علیزاده و همکارانش (۲۰۱۷)، پیشنهاد یک رویکرد سازش فازی برای برنامه‌ریزی منابع آب تحت عدم قطعیت را ارائه دادند (۲۳). جایراج و ودولا (۲۰۱۷) برای بهینه‌سازی استفاده از یک سیستم چند مخزنی از برنامه‌ریزی ریاضی فازی (FMP) استفاده کردند، که در آن عدم قطعیت موجود در جریان مخزن به عنوان مجموعه‌های فازی مورد بررسی و استفاده قرار گرفتند (۱۹). فای و همکارانش (۲۰۱۷)، پیشنهاد یک رویکرد فازی کوتاه مدت برای مدیریت سیستم‌های منابع آب تحت عدم قطعیت را دادند (۲۴). لی و چانگ (۲۰۰۵)، از رویکرد فازی تعاملی را برای برنامه‌ریزی یک سیستم مدیریت منابع آب جریان که شامل اطلاعات مبهم و غیر دقیق بهره بردند (۸). ادیریسنق و همکارانش (۲۰۱۵)، پیشنهاد یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای برنامه‌ریزی ظرفیت حوضه تحت جریان تصادفی و بر اساس شانس محدود روش برنامه‌ریزی و با توجه به اعتبار سیستم را داد (۲۵). پالوتینو و همکارانش (۲۰۱۷)، به ارائه رویکرد تجزیه و تحلیل سناریوها برای مدیریت و برنامه‌ریزی سیستم‌های آبی تحت شرایط عدم قطعیت اقلیمی و هیدرولوژیکی پرداختند (۲۶). لی و همکارانش (۲۰۱۰)، روش برنامه‌ریزی تصادفی چند مرحله‌ای بازه–پارامتر را برای حمایت از تصمیم‌گیری در مورد منابع آب، که در آن عدم قطعیت‌ها به عنوان متغیرهای تصادفی گسسته در نظر گرفته شده است را دادند (۶). نصیری و همکارانش (۲۰۰۷)، سیستم تصمیم‌گیری تخصصی فازی چند صفته برای حل و کنترل عدم قطعیت پیرامون مسائل مدیریت منابع آب را معرفی کرد(۲۷).

در واقع روش FANP در مواقعی که عدم قطعیت و وابستگی بین معیارهای انتخاب گزینه‌های ممکن، بسیار زیاد است، بسیار مناسب می‌باشد. بطوریکه FANP بسادگی روابط بین معیارها راتعیین می‌نماید (۲۸). در این روش ماتریس مقایسات زوجی بین معیارهای هر سطر با استفاده از اعداد فازی مثلثی تکمیل می‌گردد. با این روش، مقادیر پارامترها در قالب اعداد فازی مثلثی بدست می‌آیند و بصورت فازی محاسبه می‌گردند.

در مقایسه زوجی گزینه‌ها (معیارها)، فرد تصمیم‌گیرنده(خبره) می‌تواند اعداد فازی مثلثی را به منظور تعیین درجه ارجحیت گزینه‌ها بکار ببرد. بر این اساس باید از طیف ۹–۱ ساعتی جهت مقایسات زوجی در ANP بکارگرفته می‌شود. گرچه این طیف گسسته از سهولت و سادگی بسیار خوبی برخودار است، اما این طیف عدم اطمینان و ابهامات مربوط به ادراک و قضاوت یک فرد را نسبت به درجه ارجحیت دربر نمی‌گیرد. به عبارت دیگر فرد تصمیم‌گیرنده در مقایسه برخی از گزینه‌ها ممکن است نتواند عدد معینی را به عنوان میزان ارجحیت بیان نماید. به همین دلیل است که یک طیف فازی ۹–۱ را می‌توان برای اعداد فازی مثلثی به جای طیف منطقی۹–۱ بکار برد. هنگامی که معیار i با معیار j مقایسه می‌شود، ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ به ترتیب نشان دهنده ترجیحات بیشتر بین معیارهای مقایسه شده، ارجحیت کم i نسبت به j ، ارجحیت قوی‌تر i نسبت به j ، ارجحیت خیلی قوی‌تر و ارجحیت مطلق i نسبت به j می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی ترجیحات فرد تصمیم‌گیرنده، ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از اعداد فازی مثلی (L, m, u) تشکیل می‌شود. ماتریس اعداد فازی مثلثی m×n بصورت زیر می‌تواند، نشان داده شود.

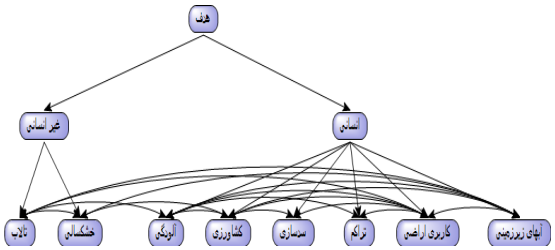
$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (a_{11}^{l},a_{11}^{m},a_{11}^{u}) & (a_{12}^{l},a_{12}^{m},a_{12}^{u}) & \Lambda & (a_{1n}^{l},a_{1n}^{m},a_{1n}^{u}) \\ (a_{21}^{l},a_{21}^{m},a_{21}^{u}) & (a_{22}^{l},a_{22}^{m},a_{22}^{u}) & \Lambda & (a_{2n}^{l},a_{2n}^{m},a_{2n}^{u}) \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ (a_{n1}^{l},a_{n1}^{m},a_{n1}^{u}) & (a_{n2}^{l},a_{n2}^{m},a_{n2}^{u}) & \Lambda & (a_{nn}^{l},a_{nn}^{m},a_{nn}^{u}) \end{bmatrix}$$

در این ماتریس $a_{\bar{i}\bar{j}}$ نشان دهنده $a_{\bar{i}\bar{j}}$ بیانگر اهمیت i اُمین(ردیف) عنصر در مقایسه با j اُمین(ستون) عنصر است. اگر $\tilde{A}$ یک ماتریس مقایسه زوجی باشد، فرض بر این است درایه‌های این ماتریس نسبت به قطر اصلی معکوس می‌باشند. بنابراین مقدار $1/a_{\bar{i}\bar{j}}$ را می‌توان به عنصر $a_{\bar{j}\bar{i}}$ اختصاص داد. بنابراین ماتریس مقایسات زوجی به شرح زیر می‌شود.

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (1,1) & (a_{12}^{l},a_{12}^{m},a_{12}^{u}) & \Lambda & (a_{1n}^{l},a_{1n}^{m},a_{1n}^{u}) \\ \left(\frac{1}{a_{12}^{l}},\frac{1}{a_{12}^{m}},\frac{1}{a_{12}^{u}}\right) & (1,1) & \Lambda & (a_{2n}^{l},a_{2n}^{m},a_{2n}^{u}) \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ \left(\frac{1}{a_{1n}^{l}},\frac{1}{a_{1n}^{m}},\frac{1}{a_{1n}^{u}}\right) & \left(\frac{1}{a_{2n}^{l}},\frac{1}{a_{2n}^{m}},\frac{1}{a_{2n}^{u}}\right) & \Lambda & (1,1) \end{bmatrix}$$

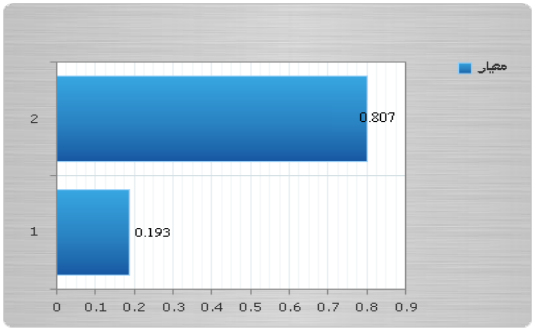
نتایج

برای درک بهتر مدلDPSIR ، نیاز به داشتن اطلاعات در مورد منطقه بسیار لازم و ضروری است. برای این منظور، و برای تجزیه و تحلیل منطقه (و با توجه به وسعت بالای منطقه مطالعاتی) بر اساس این مدل،بیشتر از جمع‌آوری اطلاعات به روش اسنادی استفاده شده است. به این صورت که برای بررسی وضعیت منطقه از گزارشات مختلفی مانند گزارش به‌هنگام‌سازیوضعیت منابع آب، زیرحوضه‌های درجه دو حوضه آبریز خزر (۱۱)، سرشماری نفوس و مسکن (۲۹) و غیره مورد استفاده قرار گرفته است. پس از تهیه مدل DPSIR، نویت به وزن‌دهی و اولویت‌بندی عوامل فشار بر منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر می‌رسد. برای اینکار همانطوری که پیشتر نیز اشاره شده از روش FANP، استفاده می‌شود، که نمودار شبکه‌ای عوامل فشار در مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤: نمودار شبکه‌ای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر)منبع: نویسندگان)

تهیه جداول و وزن دهی پارامترها با استفاده از روش فازی ANP (FANP)و بر اساس برنامه نویسی نرم افزارFANP پیاده سازی شده است. در این نرم‌افزار به منظور محاسبه سازگاری از روش گوگوس و بوچر (۱۹۹۸) استفاده شده است. همچنین روش جمع‌آوری اطلاعات برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی پارامترها، بر اساس پرسشنامه‌های توزیع شده بین ۳۶ متخصص در زمینه محیطزیست و منابع آب صورت پذیرفت. با توجه به شکل ۴، جداول مقایسات زوجی انجام شده و به کمک روش اصلاح شده اونوت و همکارانش (۲۰۱۵) وزن مؤلفه‌ها را بدست آورده می‌شوند و بر اساس آن پارامترها اولویت‌بندی می–شوند.



شکل ٥: نمودار اوزان نهایی معیار ها نسبت به هدف سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین حوضه آبریز خزر(منبع: نویسندگان)

بررسی وزن نهایی معیارهای انسانی و غیرانسانی سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر نشان می‌دهد که وزن معیار انسانی ۰/۸۰۷ و وزن معیار غیرانسانی ۰/۱۹۳ بدست آمد؛ که نشان دهنده این موضوع است که اهمیت معیار انسانی با شش زیرمعیار در مقابل معیار غیرانسانیبا دو زیرمعیار در هنگام سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین حوضه آبریز خزر ۴/۱۸ برابر است.

جدول ۳: ماتریس اوزان نهایی معیار ها نسبت به هدف

مولفه	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها	وزن فازی نهایی
غیرانسانی	(۰/۰،۱۷۲/۰،۱۸۲/۲۲۳)	۰/۱۹۳
انسانی	(۰/۰۶۶۸/۰،۸۱۸/۸۶۲)	۰/۸۰۷

جدول٤- ماتریس اوزان نهایی زیر معیار ها نسبت به هدف سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین حوضه آبریز خزر

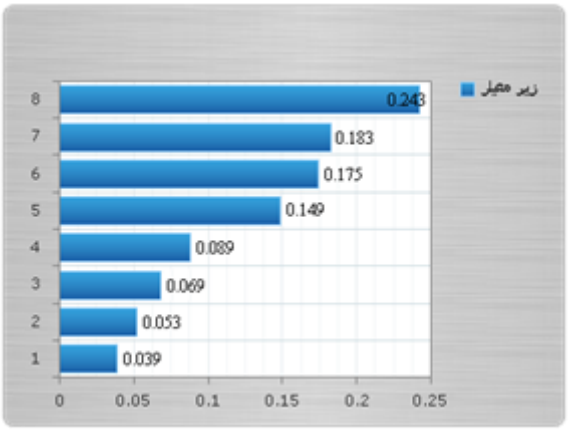
مولفه	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه ها
تالاب	(۰/۰،۰۳۹/۰،۰۵/۰۷۷)	۰/۰۵۳
خشکسالی	(۰/۰،۰۹۹/۰،۱۴۹/۱۹۴)	۰/۱۴۹
آلودگی آب	(۰/۰،۱۱۳/۰،۱۷۴/۲۳۴)	۰/۱۷۵
مصرف آب کشاورزی	(۰/۰،۱۴۷/۰،۲۵۲/۳۰۸)	۰/۲۴۳
سدسازی	(۰/۰،۰۲۷/۰،۰۳۸/۰۵)	۰/۰۳۹
تراکم جمعیت	(۰/۰،۰۴۲/۰،۰۶۸/۰۹۱)	۰/۰۶۹
تغییرات پوشش زمین	(۰/۰،۰۵۹/۰،۰۸۷/۱۲۳)	۰/۰۸۹
مصرف آبهای زیرزمینی	(۰/۰،۱۱۱/۰،۱۸۴/۲۴۳)	۰/۱۸۳

جدول ۱- نتایج مدل DPSIR وضعیت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر

اجزای مدل	نیروی محرکه Driving Force	فشار Pressure	وضعیت State	اثرات Impact	پاسخ Response
نتایج	- رشد جمعیت، - مهاجرت به منطقه، - سوء مدیریت، - افزایش مصرف‌گرایی و صنعتی شدن، - نبود اهداف و برنامه‌های بلند مدت آبی، - وجود اهداف کوتاه مدت و مهندسی نسبت به منابع آب بجای اهداف بلندمدت و مدیریتی	- افزایش تراکم جمعیت، - آلودگی منابع آب، - مصرف بیشتر آب توسط بخش کشاورزی، - مصرف زیاد آب‌های زیرزمینی، - سدسازی، - خشکسالی، - کاهش کمیت و کیفیت آب تالاب‌ها، - تغییرات پوشش زمین.	- بالا بودن سطح بارش نسبت به سایر حوضه‌ها، - تراکم بالای جمعیت در این حوضه، - زمین‌های کشاورزی زیاد و مستعد، - وجود منابع آب کافی نسبت به سایر حوضه‌ها، - نبود شبکه گسترده جمع‌آوری فاضلاب، - مصرف کود و سموم زیاد و بازده کم کشاورزی.	- تغییرات نامطلوب کاربری اراضی و پوشش زمین، - عدم در نظر گرفتن حقابه‌های طبیعی، - فشار زیاد بر منابع آب، - گسترش امراض و بیماری‌ها و افزایش مرگ و میر، - پائین بودن بهره بخش کشاورزی، - آلودگی منابع آب، - افزایش فشارهای اقتصادی، - تخریب و نابودی محیط‌زیست، - بیکاری و مهاجرت از منطقه.	- افزایش هزینه‌های بازیافت، - توسعه شبکه فاضلاب، - مدیریت مصرف کود و سموم، - مدیریت کاربری اراضی و پوشش زمین، - افزایش برنامه‌های مدیریت و پایش کیفی آب، - ارائه برنامه‌های سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب در طولانی مدت، - ارائه برنامه‌های مقابله با خشک‌سالی، - تعیین حقابه‌های محیط‌زیستی، - ترویج و آموزش کشاورزی پایدار، - آموزش مصرف صحیح آب مردم و غیره.

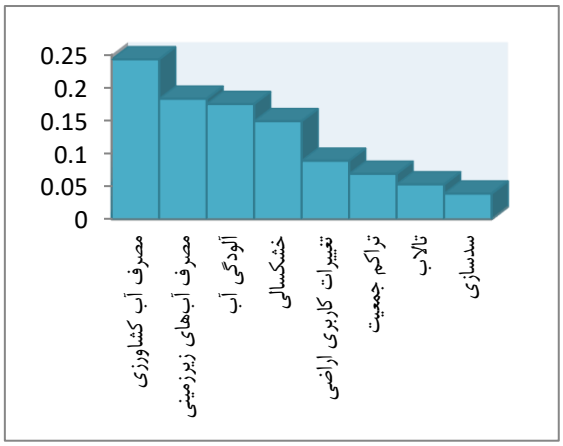
جدول ۲: طیف فازی و عبارت کلامی متناظر در روش FANP

کد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
عبارات کلامی	ترجیح برابر	ترجیح کم تا متوسط	ترجیح متوسط	ترجیح متوسط تازیاد	ترجیح زیاد	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	ترجیح خیلی زیاد	ترجیح خیلی زیاد تا کاملا زیاد	ترجیح کاملا زیاد
عدد فازی	(۱،۱،۱)	(۱،۱/۱،۵/۵)	(۲،۲،۱)	(۵،۳،۳/۴)	(۴،۴،۳/۵)	(۵،۴،۳/۵)	(۵،۵،۵/۶)	(۷،۶،۵)	(۹،۷،۵)



شکل ٦- نمودار اوزان نهایی زیر معیار ها نسبت به هدف سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین حوضه آبریز خزر (منبع: نویسندگان)

وزن‌دهی و اولویت‌بندی هشت زیرمعیارها انسانی و غیرانسانی سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر نشان می‌دهد که زیرمعیار مصرف آب کشاورزی بیشترین وزن و سدسازی کمترین وزن را برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب شیرین در حوضه آبریز خزر به خود اختصاص داده‌اند، به‌طوری که وزن زیرمعیار مصرف آب کشاورزی به‌عنوان مهمترین زیرمعیار ۶/۲۳ برابر وزن زیرمعیار سدسازی به‌عنوان کمترین اهمیت‌ترین زیرمعیار می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه اوزان نهایی زیر معیار ها نسبت به هدف (منبع: نویسندگان)

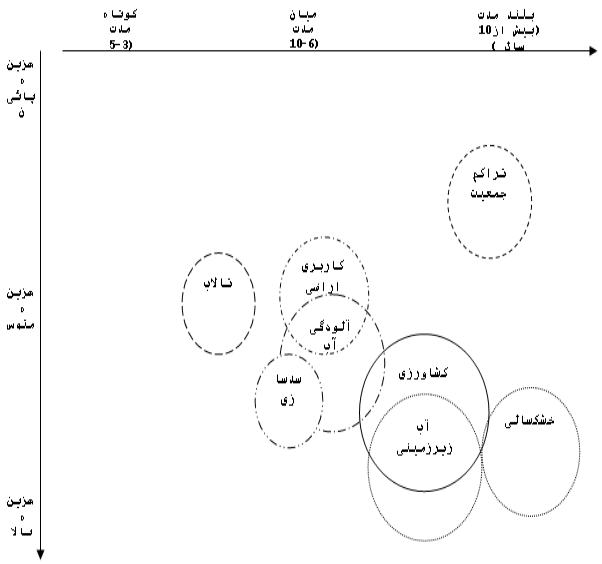
پس از زیر معیار مصرف آب کشاورزی، سایر زیرمعیارها از اهمیت زیاد به اهمیت کمتر به ترتیب عبارتنداز: مصرف آب‌های زیرزمینی، آلودگی آب، خشکسالی، تغییرات پوشش زمین، تراکم جمعیت، مصرف و آلودگی آب تالاب و سدسازی.

بحث و نتیجه گیری

همزمان با رشد و افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی، افزایش مصرف‌گرایی و صنعتی شدن، و غیره در حوضه آبریز خزر نیاز به مدیریت منابع آب نیز در این حوضه افزایش می‌یابد، اما با روند موجود در حال حاضر در آینده‌ای نزدیک منابع آبی کشورمان بشدت تهدید شده و حیات اجتماعی و اقتصادی منطقه نیز به خطر می‌افتد.دلیل اصلی وقوع چنین شرایطی در زمینه مدیریت منابع آب در کشور، نبود سیاست اصولی و مبتنی بر پایداری در زمینه منابع آب در کشورمان می‌باشد که تعیین کننده جایگاه فعلی و آینده کشورمان در زمینه مدیریت منابع آب شیرین در کشور باشد. یکی از اقدامات اساسی و مبرمی که در حال حاضر باید در زمینه مدیریت منابع آب شیرین باید در کشورمان صورت پذیرد بحث تغییر پارادایم مدیریت منابع آب کشورمان می‌باشد .

همانطوری که ازنتایج تحقیق نیز می‌توان مشاهده کرد، بحث کمیت منابع آب در ایران موضوعی است که بیشتر از کیفیت منابع آب توجه محققین را به خود جلب کرده است. علاوه بر این، نتایج تحقیق نشان داده است که موضوع خشکسالی که توجه حتی افکار عمومی را نیز به خود جلب کرده است، در رتبه چهارم مهمترین پارامتر فشار قرار دارد، لذا بحث مدیریت نامناسب منابع آب بیشتر از تغییرات اقلیمی در ایران بحران آفرین است. علاوه بر این، برخلاف بسیاری از تصورات عمومی و یا حتی نظر متخصصین، رویکردهای سازه‌ای مانند سدسازی، در نظر متخصصین بسیار حائز اهمیت نیست، و کمترین توجه را به خود جلب کرده است.

در عین حال تنها شناسایی و اولویت‌بندی پارامترهای سیاست‌گذاری توام عرضه و تقاضای منابع آب در حوضه آبریز خزر به تنهایی کافی نیست و رسیدن به این مهم نیازمند درک برنامه‌های مالی و زمان‌بندی رسیدن به آنها توسط سیاست‌گذاران می‌باشد. لذا بر این اساس سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریتی منابع آب حوضه آبریز خزر با توجه به امتیازاتی که کسب کرده‌اند، در سه سطح زمانی کوتاه مدت (۳-۵ سال)، میان مدت (۱۰-۶ سال) و بلند مدت (بیش از ۱۰ سال) و سه سطح هزینه‌ای پایین، متوسط و بالا بررسی خواهند شد (شکل۸).



شکل ۸- تقسیم‌بندی برنامه‌هایی اجرایی پارامترهای سیاست توام عرضه و تقاضا محور منابع آب شیرین زیرحوضه‌های خزری بر اساس زمان و هزینه (دایره‌های مربوط به هر سیاست اهمیت آن را نشان می‌دهد، هر چه دایره بزرگتر باشد اهمیت بیشتری دارد، و هرچه دایره کوچکتر باشد از اهمیت کمتری برخوردار است) (منبع: نویسندگان)

پیشنهادها

همانطوری که از شکل شماره (۸) نیز مشاهده می‌شود، هر یک از پارامترهای مطرح شده، سوای از وزنی که دارا می‌باشند، با توجه به وسعت نفوذ در سیاست‌های اقتصادی و اجتماعی کشور نیز مورد بررسی و مقایسه گرفته‌اند، و در نمودار زمانی–مالی جایگاه آنها مشخص شده است. به‌عنوان مثال به‌منظور اصلاح سیاست مصرف آب بخش کشاورزی، بدلیل اهمیت استراتژیک و اقتصادی و اجتماعی‌ای که در کشورمان وجود دارد، نیازمند برنامه‌ای تقریب بلند مدت با منابع مالی زیاد می‌باشد.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: امیر هدایتی آقمشهدی، آزاده کاظمی ؛ روش–شناسی و تحلیل داده‌ها: امیر هدایتی آقمشهدی، امیر انصاری،آزاده کاظمی ؛

نظارت و نگارش نهایی: امیر هدایتی آقمشهدی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Zhang, Y., Lu, H., Nie, X., He, L., Du, P. 2016. An interactive inexact fuzzy bounded programming approach for agriculture water quality management", Agricultural Water Management, 133(4): 104-111.
2. Huang. G. and Chang, N. 2003. The perspectives of environmental informatics and systems analysis", Journal of Environmental Informatics, 1(2): 317-330.
3. Wang, L, Z, Fang, L. and Hipel, K, W. 2015. Water resources allocation: a cooperative game theoretic approach", Journal of Environmental Informatics, 2, (2):411-431.
4. Li. Y, P. and Huang, G. 2008. Interval-parameter two-stage stochastic nonlinear programming for water resources management under uncertainty, Water Resources Management, 22(6):681–698.
5. Wang, S. and Huang, G, H. 2011. Interactive two-stage stochastic fuzzy programming for water resources management, Journal of Environmental Management, 92(8):1986-1995.
6. Li, Y, P., Huang, G., Han, N., Soul, L. 2010. Planning water resources management systems using a fuzzy-boundary interval-stochastic programming method", Mathematical Problems in Engineering, 2013(3): 818-430.
7. Lu, H, W., Huang, G, H. and He, L. 2010. Development of an interval-valued fuzzy linear programming method based on infinite a-cuts for water resources management, Environmental Modelling & Software, 25(3):354-361.
8. Lee. C. and Chang, S. 2005. Interactive fuzzy optimization for an economic and environmental balance in a river system, Water Research, 39(1):221-241.
9. Luo, B., Maqsood, I., Yin, Y., Huang, G, H., Cohen, S. 2017. Adaption to climate change through water trading under uncertainty - an inexact two-stage nonlinear programming approach",

Journal of Environmental Informatics, 2, (2): 140-154.
10. Dong, C, Huanga, G, H. andTan, Q. 2015. A robust optimization modelling approach for managing water and farmland use between anthropogenic modification and ecosystems protection under uncertainties, Ecological Engineering, 76(3):95-109.
11. Ministry of Energy. 2013. Studies on the modernization of the country's water comprehensive plan in the basins of Aras, Urmia, Talash - Anzali Lagoon, Sefidroud Bozor, Sefidroud - Haraz, Heraz - Qarasu, Gorganrud and Atrak, 28, 29 and 30, Ministry of Manpower, Deputy Water and Water Resources Department, Macro Planning Office Ab and Abfa, Tehran. [In Persian].
12. Seyedan, S.M., Kohansal, M.R., and Ghorbani, M. 2017. Achieving the optimal route of extraction from groundwater resources by applying side effects in the Hamadan-Bahar plain. Journal of Watershed Management, 8(1): 191-201.
13. Sun, S., Wang, y., Liu, J., Cai, H., Wu, P., Geng, Q., Xu, L. 2016. Sustainability Assessment of Regional Water Resources under the DPSIR Framework, Journal of Hydrology, 532: 140-148.
14. Robele Gari, S., Ortiz Guerrero, C, E., A-Uribe, B., Icely, J, D., Newton, A. 2018. A DPSIR-analysis of water uses and related water quality issues in the Colobian Alto and Medio Dagua Community Council, Journal of Water Science, 32(2): 318-337
15. ISTAT, C., Costantino, Flkaoo. Falcitelli, A., Femia, A, T. 2003. Human-Environmental Interactions", OECD-Workshop, Paris, May 14–16: 20¬03.
16. Vassoneya, E, Mammoliti, A. and Comoglio, M, C. 2017. Use of multicriteria analysis (MCA) for sustainable hydropower planning and management, Journal of Environmental Management,196(5) : 48-55.
17. Wu, S, M, Huang, G, H. and Guo, H, C. 2016. An interactive inexact-fuzzy approach for multi objective planning of water resource systems, Water Science and Technology, 36(5): 235-242.
18. Huang, G, H. 1998. A hybrid inexact-stochastic water management model", European Journal of Operational Research, 107(1): 137-158.
19. Jairaj. P. G. and Vedula, S. 2017. Multi-reservoir system optimization using fuzzy mathematical programming,Water Resources Management,14 (2): 457–472.
20. Seifi, A. and Hipel, K, W. 2001. Interior-point method for reservoir operation with stochastic inflows, Journal of Water Resources Planning and Management, 127 (1):546—564.
21. Maqsood, I, Huang, G, H. and Yeomans, J. 2005. An interval-parameter fuzzy two stage stochastic program for water resources management under uncertainty, European Journal of Operational Research, 167 (1): 208-225.
22. Li, Y, P., Huang, G, H., Nie, S, L., Qin, X. 2007. ITCLP: an inexact two-stage chance constrained program for planning waste management systems, Resources, Conservation and Recycling, 49(3): 284-307.
23. Alizadeh, M.R., Nikoo, M,R. andRakhshandehroo, G,R. 2017. Hydro-environmental management of groundwater resources: A fuzzy-based multi-objective compromise approach, Journal of Hydrology, 551(4): 540-554.
24. Faye, R, Sawadogo, S. and Mora-Camino, F. 2017. Flexible management of water resource systems, Applied Mathematics and Computation, 167(1): 516-527.
25. Edirisinghe, N, Patterson, E. and Saadouli, N. 2015. Capacity planning model for a multipurpose water reservoir with target-priority operation, Annals of Operations Research, 100(1): 273–303.
26. Pallottino, S, Sechi, G. and Zuddas, P. 2017. A DSS for water resources management under uncertainty by scenario analysis, Environmental Modelling & Software, 20(8): 1031-1042
27. Nasiri, F., Maqsood, I., Huang, G., Fuller, N. 2007. Water quality index: a fuzzy riverpollution decision support expert system", Journal of Water Resources

Planning and Management, 133(2): 81-96.
28. Shafiee, M. 2014. A fuzzy analytic network process model to mitigate the risks associated with offshore wind farms, Expert Systems with Applications, 42(4): 2143-2152.
29. Statistical Center of Iran. 2013. General population and housing census.