

Research Paper

Investigating the Effectiveness of Multi-Criteria Decision-Making Methods in Water Resources Management (Case Study: Songhor plain)

Ali Rahmatipour¹, Safar Marofi^{2*}, Seyed Yaghoub Karimi³

¹ PhD student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Iran. Email: ali.rahmatipour@chmail.ir

² Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Iran. Email: marofi@basu.ac.ir

³ Water Engineering Department, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: karimi.y@lu.ac.ir



10.22125/iwe.2024.441748.1790.

Received:

February 5, 2024

Accepted:

October 2, 2024

Available online:

December 26, 2024

Keywords:

TOPSIS - FUZZY, ANP-FUZZY-TOPSIS.

Abstract

The complexity of water resources management issues has made it difficult for managers to consider all aspects necessary for comprehensive water resources management and planning. Therefore, the use of multiple decision makers with different specialties and skills in the decision-making process of water resources is necessary. So, the purpose of this study is to provide practical strategies for sustainable development of water resources. In this study six and eight standard was defines. The ANP network structure was created, and the pairwise comparison matrix, weighted matrix and limit matrix were calculated. In order to prioritize strategies through the FUZZY - TOPSIS method. Then the weights of the expression criteria were converted to triangular fuzzy numbers. After the decision has been made to normalize and weight the matrix, differences in strategies were obtained from positive and negative ideals, the option with the higher proximity coefficient was ranked higher. In the combined method of ANP and FUZZY -TOPSIS, first the weight of each strategy is calculated by the ANP method and the weights obtained by ANP method were transferred to FUZZY -TOPSIS method. The result show ANP model that mechanized agriculture and irrigation strategy is a top priority. While the calculation method of TOPSIS - FUZZY and ANP-TOPSIS- FUZZY introduced the strategy to promote the correct culture of water consumption and improve the cultivation pattern by cultivating plants with less water requirements and proportional to hydro-ecological potential, respectively. This different on the model's results is due to the relationship between standards and strategies of the models. Comparison of the models show the ANP-TOPSIS- FUZZY model which consider a network connection is more reliable method on showing the gap between standards and strategies. Based on the comparison of the three methods, the TOPSIS-FUZZY-ANP method, which provides more accurate and acceptable results by considering the frequency of the networks and showing the differences in the scores of the strategies more clearly. Thus, it is suggested that water resources managers, in order to prevent the continuation of the

* **Corresponding Author:** Safar Marofi.

Address: Department of Water Engineering, Bu Ali Sina University, Iran.

Email: s.marofi23@gmail.com

Tel: 09183143686

current trend, the strategy of promoting the correct culture of water consumption in the priority of their executive plans.

1) Introduction

Until the last few decades, the most important concern of water resource managers was the provision and supply of water from faraway or deeper areas. But nowadays consumption management is also in the priority of planning and comprehensive management of water resources. The complexity of water resources management issues has made it difficult for managers to consider all aspects necessary for comprehensive water resources management and planning. Therefore, the use of multiple decision makers with different specialties and skills in the decision-making process of water resources is necessary. So, the purpose of this study is to provide practical strategies for sustainable development of water resources.

2) Materials and Methods

In this study six and eight standard was defines. The ANP network structure was created, and the pairwise comparison matrix, weighted matrix and limit matrix were calculated. The first step in the ANP method is to create a network structure based on the relationship between criteria, sub-criteria, options and goals. Then, based on the defined connections, a pairwise comparison of the options and criteria in the network is done and their pairwise comparison matrix is formed. In this method, a numerical scale is needed to determine the value of the importance of one option compared to another option by considering a specific criterion. In order to prioritize strategies through the FUZZY - TOPSIS method, the weights of the expression criteria were converted to triangular fuzzy numbers. Then the decision-making matrices and the relevant weights were formulated. In this matrix's, columns are decision criteria and its rows are strategies to improve the current situation. After the decision has been made to normalize and weight the matrix, differences in strategies were obtained from positive and negative ideals, the option with the higher proximity coefficient was ranked higher. The weighting of six criteria and eight sustainable development strategies was prioritized by fourteen relevant experts. In the combined method of ANP and FUZZY -TOPSIS, first the weight of each strategy is calculated by the ANP method and the weights obtained by ANP method were transferred to FUZZY -TOPSIS method.

3) Results

The result show ANP model that mechanized agriculture and irrigation strategy is a top priority. While the calculation method of TOPSIS - FUZZY and ANP-TOPSIS- FUZZY introduced the strategy to promote the correct culture of water consumption and improve the cultivation pattern by cultivating plants with less water requirements and proportional to hydro-ecological potential, respectively. This different on the models results is due to the relationship between standards and strategies of the models. Comparison of the models show the ANP-TOPSIS- FUZZY model which consider a network connection is more reliable method on showing the gap between standards and strategies.

4) Discussion and Conclusion

According to the results, it is clear that the TOPSIS-FUZZY and TOPSIS-FUZZY-ANP methods show better the difference between the options compared to the ANP method. The two strategies of calculating the real value of water and using surface water in the ANP method are at a higher score level, which indicates the network connection between strategies and criteria at different levels of decision-making. While in the TOPSIS-FUZZY method, the weight of the criteria is determined only based on the judgement of the decision makers. Based on the comparison of the three methods, the TOPSIS-FUZZY-ANP method, which provides more accurate and acceptable results by considering the frequency of the networks and showing the differences in the scores of the strategies more clearly. Thus, it is suggested that water resources managers, in order to prevent the continuation of the current trend, the strategy of promoting the correct culture of water consumption in the priority of their executive plans.

5) Six important references

- 1) Ataei, M. 2016. Decision making and information management. SHahrood University of technology. Press, 264p. (In Persian)
- 2) Awhab yazdi, S., and Ahmadi, A. 2016. An overview of agency-based models in water resources management. 8 PCS. 6th Iranian National Water Resources Management Conference. (In Persian)
- 3) Chen, T. 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*. 114 (2000): 1–9.
- 4) Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Ronagh, Z., Sharifi, A., Blaschke, T. and Lakes, T. 2021. A scenario-based approach for urban water management in the context of the COVID-19 pandemic and a case study for the Tabriz metropolitan area, Iran. *Science of the Total Environment*. 790 (2021) 148272. 19 PCS.
- 5) Haji Elyasi, A. 2021. Evaluation of the Fuzzy and Classical Methods of Hierarchical Analysis in Prioritizing the Sub-basins of the 22nd District of Tehran from Watershed Management Perspectives, Extension and Development of Watershed Management. 9:32. 19-32. (In Persian)
- 6). KHashei-Siuki, A., keshavarz, A., and SHarifan, H. 2020. Comparison of AHP and FAHP methods in determining suitable areas for drinking water harvesting in Birjand aquifer. *Iran. Groundwater for Sustainable Development*. 10:100328.

بررسی اثرگذاری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت منابع آب

(مطالعه موردی: دشت سنقر)

علی رحمتی پور^۱، صفر معروفی*^۲، سید یعقوب کریمی^۳

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰

مقاله پژوهشی

چکیده

پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب باعث شده است که مدیران، به تنهایی نتوانند تمام جوانب لازم برای مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب را در نظر گیرند. بنابراین هدف از این پژوهش ارائه راهبردهایی کاربردی جهت توسعه پایدار منابع آب می‌باشد. این پژوهش شش معیار و هشت راهبرد مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا ساختار شبکه‌ای ANP ایجاد شد و ماتریس مقایسه‌ی زوجی، ماتریس وزن‌دار و ماتریس حدی محاسبه گردید. جهت اولویت‌بندی راهبردها از طریق روش TOPSIS - FUZZY ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل و سپس وزن معیارهای بیانی صورت گرفته وزن‌دهی و نرمال‌سازی شده و انحراف هر یک از راهبردها به دست آمد. در روش ترکیبی ANP و FUZZY-TOPSIS ابتدا وزن هر یک از راهبردها با استفاده از روش ANP محاسبه شده و سپس وزن‌های به دست آمده از روش ANP در روش FUZZY-TOPSIS استفاده شدند. نتایج مدل ANP نشان می‌دهد که راهبرد مکانیزه کردن کشاورزی و آبیاری در اولویت نخست قرار دارد، در حالی که بر اساس روش‌های FUZZY-TOPSIS و ANP-FUZZY-TOPSIS ترویج فرهنگ صحیح مصرف آب و اصلاح الگوی کشت گیاهان با نیاز آبی کم و متناسب با توان هیدرو-اکولوژیکی منطقه را بهترین راهبردها معرفی نمود. این اختلاف به دلیل در نظر نگرفتن ارتباطات بین معیارها و راهبردها در دو روش FUZZY-TOPSIS و ANP-FUZZY-TOPSIS است. مقایسه سه روش مذکور، نشان می‌دهد روش ANP-FUZZY-TOPSIS نتایج دقیق‌تر و قابل قبول‌تری را ارائه می‌دهد. لذا پیشنهاد می‌گردد که مدیران منابع آب، جهت جلوگیری از ادامه روند کنونی راهبرد ترویج فرهنگ صحیح مصرف آب را در اولویت برنامه‌های اجرایی قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش تحلیل شبکه‌ای، ANP-FUZZY- FUZZY- TOPSIS

TOPSIS، دشت سنقر.

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران ایمیل: ali.rahmatipour@chmail.ir

^۲ استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران ایمیل: marofi@basu.ac.ir

^۳ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران ایمیل: karimi.y@lu.ac.ir

مقدمه

آب یکی از منابع حیاتی برای زندگی بشر است و وظیفه بشریت نیز حفاظت از این منبع گران‌بها برای حال و آینده است. منابع آب در بسیاری از مناطق جهان کاهش یافته است. توسعه مناطق شهری، صنعتی، کشاورزی و عدم مصرف بهینه آب موجب بحران کنونی آب در جهان شده است. در بیشتر مناطق جهان مردم با مشکلات مربوط به کمبود آب یا آلودگی آن مواجه هستند؛ بنابراین امنیت آب یکی از موارد بسیار ضروری و در اولویت اکثر مناطق جهان است (۷).

توزیع مکانی و زمانی غیر یکنواخت، عدم تعادل بین عرضه و تقاضا و هدر رفت آب در سیستم‌های آب شهری و کشاورزی، مدیریت منابع آب در مقیاس کلان را با مشکل مواجه کرده است. از این رو، کنترل و استفاده صحیح از منابع آبی موجود کاملاً ضروری است (۱۷).

شاید تا چند دهه گذشته مهم‌ترین دغدغه مدیران منابع آب، تأمین و عرضه آب از مناطق دوردست یا اعماق بیشتر بود، ولی امروزه مدیریت مصرف نیز در اولویت برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب قرار دارد. به دلیل اینکه تأمین آب بیشتر، باعث ایجاد توسعه بیشتر می‌شود و توسعه بیشتر باعث نیاز آبی بیشتر می‌گردد، از این روی در بحث مدیریت یکپارچه منابع آب، تکیه اصلی بر مدیریت توأمان تأمین و تقاضای آب می‌باشد تا بتوان به توسعه متوازن و پایدار دست یافت (۲۰).

امروزه مدل‌های مدیریتی متفاوتی وجود دارد که جهت تعیین راهبردها به تصمیم‌گیران کمک خواهند نمود، چرا که مدل‌ها ابزارهایی عملی و علمی هستند، که می‌توان با کمک آن‌ها، به‌طور قابل ملاحظه‌ای به درک واقعیات و رفع مشکلات رسید (۱۴). با توجه به شرایط فعلی لزوم مدیریت یکپارچه منابع آب امری بیش از پیش مبرهن می‌باشد. مدیریت به هم پیوسته منابع آب فرآیندی است که شامل توسعه، مدیریت هماهنگ منابع آب و خاک و سایر منابع وابسته جهت پیشینه‌سازی رفاه اجتماعی و اقتصادی و همسو با پایداری اکوسیستم‌های حیاتی بوده که می‌بایست برای هر منطقه با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی، اقتصادی-اجتماعی و حاکمیت آب (در مقیاس حوضه‌های آبریز)،

نسبت به طراحی برنامه‌های مربوطه اقدام نمود (۲). از طرفی پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب از یک‌سو و ارتباط مستقیم آن با سایر علوم از سوی دیگر، باعث شده که تصمیم‌گیر، به تنهایی نتواند تمام جوانب لازم برای مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب را در نظر بگیرد. لذا استفاده از تصمیم‌گیران متعدد با تخصص و مهارت‌های مختلف همچون کشاورزی، اقتصاد، محیط‌زیست، جامعه‌شناسی و غیره در فرآیند تصمیم‌گیری منابع آب ضرورت می‌باشد (۹).

با توجه به مسائل مذکور، راهبردهای مدیریتی می‌بایست دارای دیدی جامع و کلی باشند. لذا جهت رسیدن به این هدف باید از نظرهای متخصصان و کارشناسان متفاوت استفاده نمود. ولی در تصمیم‌گیری‌هایی که بیش از یک نفر دخیل باشند، تصمیم‌گیری به علت وجود اهداف و اولویت‌های متفاوت و غالباً متضاد کارشناسان، با مشکلاتی همراه است. در نظر گرفتن هم‌زمان تمامی شاخص‌های فوق در مدیریت یکپارچه منابع آب، بدون استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره امکان‌پذیر نیست (۹).

تحقیقات زیادی در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره انجام شده است. خاشعی سیوکی و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش‌های AHP و FAHP نقاط مناسب برداشت آب شرب در آبخوان دشت بیرجند را بررسی کردند (۸). ناصری راد و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به بررسی چگونگی رسیدن به توسعه پایدار در مناطق آلوده آب زیرزمینی پرداختند (۱۰). فیضی زاده و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی سناریوهای مدیریتی آب شهری تبریز تحت تأثیر شرایط همه‌گیری ویروس کرونا پرداختند (۴).

تئوری مجموعه‌های فازی توسط لطفی عسگرزاده در سال ۱۹۶۵ ایجاد شد (۲۲). با پیدایش این تئوری، اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از محیط فازی به وجود



روش‌های رایج در تصمیم‌گیری چندمعیاره، برای حل مسائل تخصیص آب بوده‌اند. یافته‌های کلیدی این مطالعه رهنمودهایی را برای مطالعات تحقیقاتی آتی ارائه می‌دهد. رادمهر و همکاران (۲۰۲۲) چارچوب جدیدی از برنامه‌ریزی استراتژیک را با تصمیم‌گیری چندمعیاره برای توسعه مدیریت آب پایدار سیستم‌های منابع آب بزرگ مقیاس پیشنهاد کردند. در این خصوص یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت منطقه‌ای برای مدیریت آب کشاورزی، با در نظر گرفتن معیارهای پایداری منابع آب ایجاد شد. مدل تصمیم‌گیری مربوطه ترکیبی از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک فازی و دارای شباهت با مدل ایده آل TOPSIS بود. گزینه‌های مدیریتی مکانی در قالب نقشه‌های پهنه‌بندی در سطح پهنه‌های آبیاری منطقه مورد مطالعه ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که منطقه مدیریت آبیاری شماره ۳ (جایگزین A3)، بر اساس مدیریت تقاضا و عرضه آب کشاورزی در پنج سناریوی (از هفت سناریو موجود)، در رتبه اول قرار گرفت.

در پژوهش حاضر، به منظور اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب دشت سنقر، هشت راهبرد و شش معیار، از سه روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، FUZZY-TOPSIS و روش ترکیبی ANP-FUZZY-TOPSIS مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که در روش FUZZY-TOPSIS، ارتباطات شبکه‌ای بین هدف، معیارها و راهبردها در نظر گرفته نمی‌شود و از طرف دیگر، وزن معیارها بر اساس نظر تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود، هدف از این تحقیق، استفاده از روش ترکیبی ANP با FUZZY-TOPSIS در جهت به کار بردن مزیت‌های ساختار شبکه‌ای ANP جهت نیل به وزن معیارهایی است، که در روش TOPSIS فازی استفاده می‌شوند. به طوری که ابتدا وزن راهبردهای بخش آب با روش ANP به دست آمده و سپس این وزن‌ها به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده که به عنوان ورودی روش FUZZY-TOPSIS به کار برده می‌شوند. در نهایت

آمده است. چن^۱ (۲۰۰۰) روش TOPSIS را برای تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی تصمیم داد (۳). سوری و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، پتانسیل‌یابی منابع آب دشت رومشگان را بررسی نمودند و مکان‌های با پتانسیل آب زیرزمینی بالا را مشخص نمودند (۲۱). رضوی طوسی و محمدولی سامانی (۲۰۱۴) به بررسی اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای کارون بزرگ، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای گروهی فازی پرداختند (۱۶).

گرائی و گارج (۲۰۲۳) یک تکنیک مدیریت منابع آب چندمعیاره را برای منابع آب کشاورزی منطقه پنجاب هند توسعه دادند. بدین منظور یک روش رتبه‌بندی جدید از اعداد نوترزوفی (Neutrosophic) دوقطبی غیرخطی تک‌ارزشی تصمیم‌یافته را بر اساس معیارهای احتمالی معرفی نمودند و با استفاده از میانگین احتمالی، رتبه‌های مثبت و منفی را پیشنهاد کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در طول تابستان، تقاضای آب بسیار زیاد است و در پایان تابستان که فصل باران‌های موسمی منطقه فرا می‌رسد، تقاضای آب در حوزه کشاورزی منطقه کم می‌شود. البته گاهی اوقات که در فصل باران‌های موسمی، آب باران به طور کامل رخ نمی‌دهد، در آن زمان، کاشت محصولات کشاورزی سخت می‌گردد. بنابراین ماهیت کم آبی این منطقه از نوع طبیعت غیرخطی و نامشخص است. بنابراین، ایشان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره را برای مشکلات مدیریت منابع آب منطقه، تحت محیط GSVnTbN پیشنهاد نمودند.

همچنین گبیر و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که در یک مطالعه مروری نشان دادند که در دو دهه گذشته کاربرد MCDM در حوزه تخصیص آب به ویژه پس از سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است. در حدود ۶۵ و ۱۲ درصد از مقالات مطالعات مربوطه به ترتیب در آسیا و اروپا انجام شده است. کمبود آب، مدیریت مصرف آب، و کیفیت آب به طور متوالی بالاترین رتبه را در مشکلات مربوط به آب را دارا بوده‌اند. الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی غیرمسلط (NSGA II)، الگوریتم ژنتیک (GA) و برنامه‌نویسی خطی (LP)

¹ Chen

اوقات بین گزینه‌های تصمیم و معیارهای تصمیم‌گیری، روابط و همبستگی متقابل وجود دارد.

به همین دلیل ساعتی روش تحلیل شبکه را برای حل مسائلی که در آن‌ها معیارها و گزینه‌ها از هم مستقل نیستند، ارائه داده است. تعیین روابط موجود در ساختار شبکه‌ای یا تعیین درجه وابستگی‌های متقابل بین معیارها با هم و گزینه‌ها، مهم‌ترین کار روش تحلیل شبکه است (۱۳). در صورت وجود ارتباط داخلی بین عناصر تشکیل دهنده ساختار شبکه، این روش پاسخی به مراتب بهتر و دقیق‌تر از سایر روش‌های تصمیم‌گیری عرضه می‌کند (۱). اولین مرحله در روش ANP ایجاد ساختار شبکه‌ای بر اساس ارتباط بین معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و هدف است. سپس بر اساس ارتباطات تعریف شده، مقایسه‌ی زوجی گزینه‌ها و معیارهای موجود در شبکه انجام می‌گیرد و ماتریس مقایسه‌ی زوجی آن‌ها تشکیل می‌شود. در اینجا نیز مشابه روش AHP برای مقایسه‌ی زوجی، به مقیاسی عددی برای تعیین مقدار اهمیت یک گزینه نسبت به گزینه‌ی دیگر با در نظر گرفتن یک معیار مشخص نیاز است (۱۵). این مقیاس‌ها در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها و همچنین ارتباط درونی معیارها و گزینه‌ها را نشان می‌دهد که امتیازات به دست آمده از مقایسه‌ی زوجی ماتریس‌ها با در نظر گرفتن هر یک از معیارهای تأثیرگذار، در یک بخش از ابرماتریس وارد می‌شود. ابرماتریس تأثیر ارجحیت یک المان بر المان دیگر را با در نظر گرفتن یک معیار مشخص نشان می‌دهد این ماتریس چهارچوبی برای مشخص کردن اهمیت نسبی گزینه‌ها پس از انجام مقایسه‌های زوجی در اختیار قرار می‌دهد.

در حالت کلی، ابرماتریس به صورت رابطه (۱) خواهد بود که در آن وزن‌ها در ترازهای مختلف مدل در سطوحی ماتریس آورده شده‌اند:

$$W = \begin{matrix} \text{گزینه‌ها} \\ \text{رابطه (۱)} \end{matrix}$$

نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی سنقر

بخشی از حوضه آبریز کرخه می‌باشد که در شمال خاوری استان کرمانشاه واقع شده که دارای مساحت ۲۳۳۰ کیلومترمربع است. میزان بارش میانگین ۴۳ ساله‌ی این دشت ۵۳۵ میلی‌متر (بیش از ۲ برابر متوسط کشوری) و دمای متوسط سالانه ۱۲/۸ سانتی‌گراد می‌باشد (۱۴). اراضی کشاورزی این دشت ۱۳۵ هزار هکتار بوده که از این رقم ۲۱۲۲۰ هکتار آبی و ۹۴۷۷۰ هکتار دیم است. از مجموع اراضی آبی، تنها ۳۰۰۰ هکتار با آبیاری نوین و مابقی به‌صورت سنتی انجام می‌گیرد. کشت غالب این منطقه، آفتاب‌گردان، گندم و جو می‌باشد. در این دشت سه رودخانه‌ی دائمی گاوهرود، جامیشان و سراب وجود دارد که جامیشان رودخانه اصلی منطقه بوده و از جنوب باختری دشت خارج می‌شود و در بیستون به رودخانه گاماسیاب می‌پیوندد. این رودخانه نیز در جنوب بیستون به رودخانه قره‌سو پیوسته و رودخانه سیمه را تشکیل می‌دهند که در نهایت راهی رودخانه کرخه گردیده و وارد خلیج فارس می‌شوند.

روش ANP: روش تحلیل شبکه که در سال ۱۹۹۶ توسط ساعتی^۱ معرفی شده است، فرم کلی‌تر روش تحلیل سلسله‌مراتبی است. فرآیند تحلیل شبکه، روش جامع و قدرتمندی را برای تصمیم‌گیری دقیق با استفاده از اطلاعات تجربی و یا قضاوت‌های شخصی تصمیم‌گیرندگان در اختیار قرار می‌دهد و با فراهم کردن ساختاری برای سازمان‌دهی معیارهای متفاوت و ارزیابی اهمیت و ارجحیت هر یک از آن‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری را آسان می‌کند. از جمله فرض‌های مهم روش تحلیل سلسله‌مراتبی آن است که بخش یا شاخه‌های بالاتر سلسله‌مراتب، مستقل از بخش‌ها و سطوح پایین‌تر می‌باشند. در حالی که در بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها نمی‌توان عناصر تصمیم را به صورت سلسله‌مراتبی مدل‌سازی کرد، چراکه در بیشتر

¹ Saaty

هدف	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}
معیارها	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{24}
زیرمعیارها	w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}
گزینه‌ها	w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}

جدول (۱): مقیاس مورد استفاده برای تبدیل عبارات کیفی به اعداد کمی (۱۷).

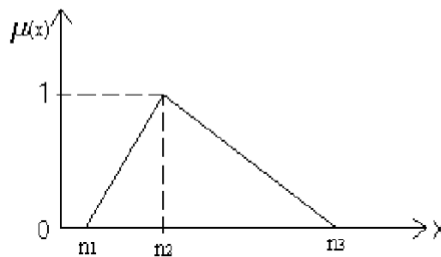
معادل کمی	عبارت کیفی
۱	بدون ارجحیت
۳	ارجحیت اندک
۵	ارجحیت قوی
۷	ارجحیت کاملاً قوی
۹	ارجحیت مطلق
۸، ۶، ۴، ۲	مقادیر بینابینی عبارات فوق

روش FUZZY-TOPSIS: ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری که ستون‌هایش معیارهای تصمیم‌گیری است و سطرهای آن راهبردهای بهبود وضعیت کنونی است تشکیل می‌گردد. عناصر این ماتریس (رابطه ۲)، یعنی x_{ij}^k عملکرد گزینه i را با در نظر گرفتن معیار j ، توسط تصمیم‌گیرنده k ، نشان می‌دهند. ماتریس تصمیم‌گیری (D) ، برای تمام تصمیم‌گیرندگان تشکیل می‌شود که k تعداد تصمیم‌گیرنده‌ها می‌باشد. سپس وزن معیارها به صورت بیانی، تعیین می‌شود، برای تبدیل عبارات بیانی، از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود که در جدول (۲) نشان داده شده است. اگر n_1, n_2, n_3 یک عدد فازی مثلثی باشد، تابع عضویت آن در این روش، به صورت رابطه (۳) و شکل (۱) تعریف می‌شود.

$$= \begin{bmatrix} x_{11}^k & x_{12}^k & \dots & x_{1n}^k \\ x_{21}^k & x_{22}^k & \dots & x_{2n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1}^k & x_{m1}^k & \dots & x_{mn}^k \end{bmatrix} D^k \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\begin{cases} 0 & x < n_1 \\ \frac{x-n_1}{n_2-n_1} & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x-n_3}{n_2-n_3} & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0 & x > n_3 \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

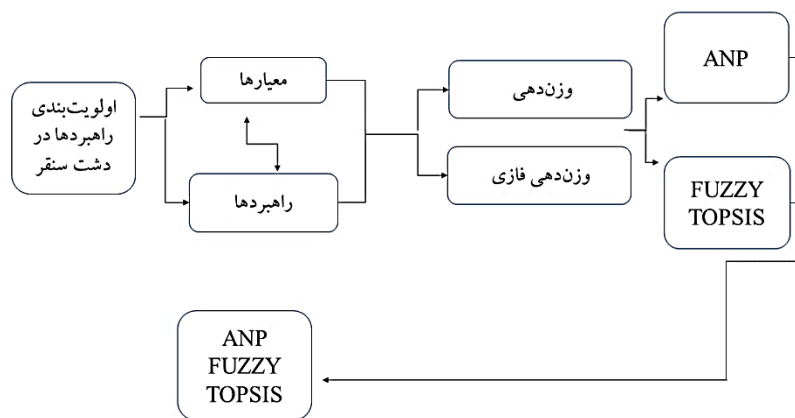
هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها هر یک از w_{ij} های این ماتریس بیانگر بردار وزن مقایسه زوجی است. از آنجا که امکان تأثیرپذیر بودن عوامل از یکدیگر در یک سطح نیز امکان‌پذیر است، جمع وزن‌ها در ستون‌ها برابر یک نخواهد شد. بدین منظور، باید ماتریس فوق را به صورت وزن‌دار شده درآورد (۱). ابرماتریس وزن‌دهی شده با ضرب درایه‌های ابرماتریس تشکیل شده در وزن‌های به دست آمده بر هر ستون، به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر با یک می‌باشد. سپس ابرماتریس وزن‌دهی شده را آن قدر به توان می‌رسانیم تا ماتریس احتمالاتی که تمام سطرهای آن با هم برابر باشند به دست آید. به این ماتریس، ماتریس حدی گفته می‌شود. مقادیر به دست آمده در این ماتریس، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها را مشخص می‌کند.



شکل ۱- عدد فازی مثلثی.

جدول (۲): تبدیل وزن معیارها به اعداد فازی مثلثی (۳).

وزن معیارها (اعداد فازی)	عبارت‌های بیانی	عبارت‌های کیفی
(0, 0, 0.1)	VL	خیلی کم
(0, 0.1, 0.3)	L	کم
(0.1, 0.3, 0.5)	ML	نسبتاً کم
(0.3, 0.5, 0.7)	M	متوسط
(0.5, 0.7, 0.9)	MH	نسبتاً زیاد
(0.7, 0.9, 1)	H	زیاد
(0.9, 1, 1)	VH	بسیار زیاد



شکل (۲): نموداری از گام‌های پژوهشی تحقیق حاضر

روش ترکیبی ANP و FUZZY-TOPSIS: در این روش، ابتدا وزن هر یک از راهبردها با استفاده از روش ANP محاسبه شده و سپس وزن‌های به دست آمده از روش ANP در روش FUZZY-TOPSIS استفاده می‌شوند. در شکل (۲)، مراحل تحقیق بصورت نموداری نشان داده شده است. ضمناً از نرم‌افزار SUPER DECISIONS جهت بررسی اطلاعات، نظر متخصصان و کارشناسان جهت ذریبط به منظور توسعه ابرماتریس و تحلیل‌های مربوطه استفاده گردید.

پس از اینکه نرمال‌سازی و وزن‌دهی ماتریس تصمیم صورت گرفت، فاصله هر یک از راهبردها از ایده آل مثبت و منفی به دست می‌آید و ضریب نزدیکی هر یک از راهبردها با استفاده از رابطه (۴) مشخص می‌شود. d_i^+ و d_i^- به ترتیب نشان‌دهنده فاصله از ایده آل منفی و مثبت می‌باشند. گزینه‌ای که دارای ضریب نزدیکی بیشتری باشد، در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد.

$$i = 1, 2, \dots$$

رابطه (۴)

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} m$$



نتایج و بحث

روش تحلیل شبکه:

تعیین راهبردها: جهت رفع بحران آبی توسط گروه کارشناسی به شرح زیر تدوین گردید:

راهبرد اول: ترویج فرهنگ صحیح مصرف آب.

راهبرد دوم: اصلاح الگوی کشت منطقه با کشت گیاهان با نیاز آبی کم تر و متناسب با توان هیدرو-اکولوژیکی منطقه.

راهبرد سوم: تقویت بخش‌های گردشگری، صنعت و دامپروری جهت اشتغال‌زایی با هدف کاهش مصارف آب کشاورزی.

راهبرد چهارم: محاسبه ارزش واقعی آب و فروش آب به بهره‌برداران با هدف ایجاد انگیزه اقتصادی در کاهش مصرف آب.

راهبرد پنجم: استفاده از آب‌های سطحی در تأمین نیازهای آبی و جلوگیری از برداشت منابع آب زیرزمینی.

راهبرد ششم: تشکیل کارگروهی از مسئولان مرتبط جهت تدوین قوانین جامع و به‌روز از جمله اصلاح نظام مالیاتی، توجه جدی به تولیدات بومی و معیشت مردم و اجرای سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف جهت حل بحران آبی.

راهبرد هفتم: نصب کنتور حجمی بر روی تمامی منابع آبی و جیره‌بندی بین تمام بخش‌های مصرفی.

راهبرد هشتم: مکانیزه کردن کشاورزی و آبیاری.

معیارها: برای هر دسته معیار شاخص‌هایی جهت ارزیابی پروژه‌ها تعریف می‌شوند. در این پژوهش از شش

معیار جهت سنجش پایداری استفاده گردید. برای اینکه از این معیارها تعاریف و برداشت‌های متفاوت صورت نگیرد، به شرح ذیل تعریف شده‌اند:

اقتصادی بودن: مقرون به صرفه بودن راهبردها از دیدگاه اقتصادی و مالی.

امکان‌پذیری: قابلیت اجرای راهبرد با توجه به ظرفیت‌های موجود منطقه‌ی مورد مطالعه.

حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست: هر راهبرد به چه میزان در جهت حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست مؤثر است.

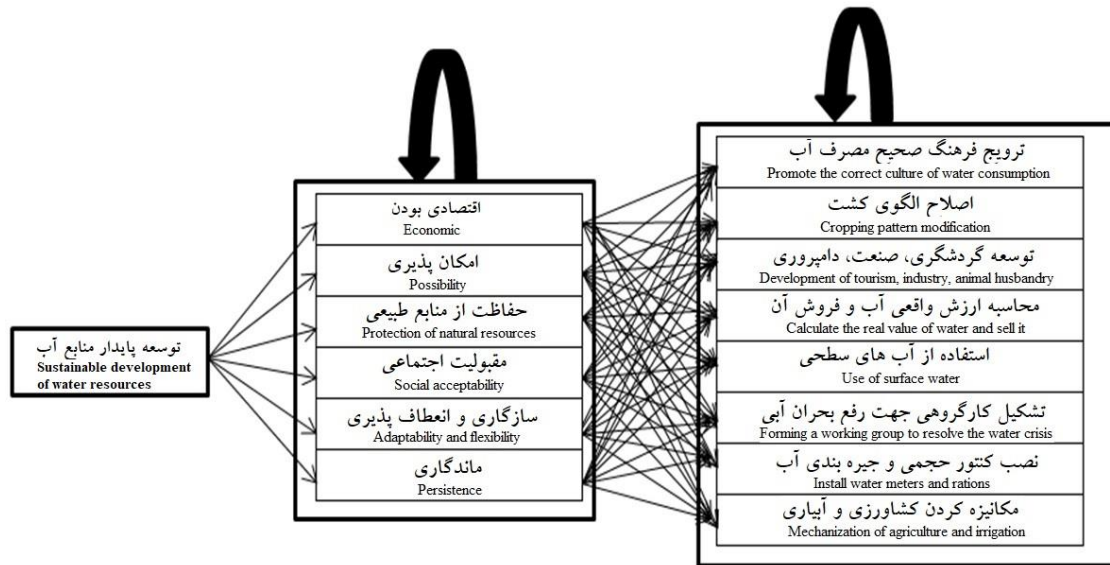
مقبولیت اجتماعی: میزان پذیرش راهبرد توسط کلیه ذینفعان و تمایل آنان جهت اجرایی کردن آن.

سازگاری و انعطاف‌پذیری: واکنش به فشارها و ضربه‌های ناگهانی یا به عبارت دیگر قابلیت ترمیم و تغییر راهبردها در شرایط مختلف.

ماندگاری: راهبردها با توجه به تغییر شرایط زمانی تا چه میزان ثبات و دوام خواهند داشت.

ساخت مدل تحلیل شبکه‌ای: ساختار روش تحلیل

شبکه‌ای منابع آب دشت سنقر از ۶ معیار و ۸ راهبرد تشکیل گردید که به صورت شکل (۳) مشخص شد. در این مرحله ارجحیت هریک از راهکارها در ارتباط با هریک از معیارها مورد بررسی و قضاوت قرار می‌گیرد، که مبنای این قضاوت همان مقیاس کمیته ساعتی است (جدول - ۱)؛ و نیز اهمیت معیارها نسبت به هم نیز سنجیده می‌شود. بنابر نظر ساعتی میزان نرخ سازگاری جهت سازگار بودن سیستم، باید کمتر از ۰/۱ باشد (۱۵)، که در این بررسی کمتر از ۰/۰۱ شد که نشان از دقت بررسی دارد.

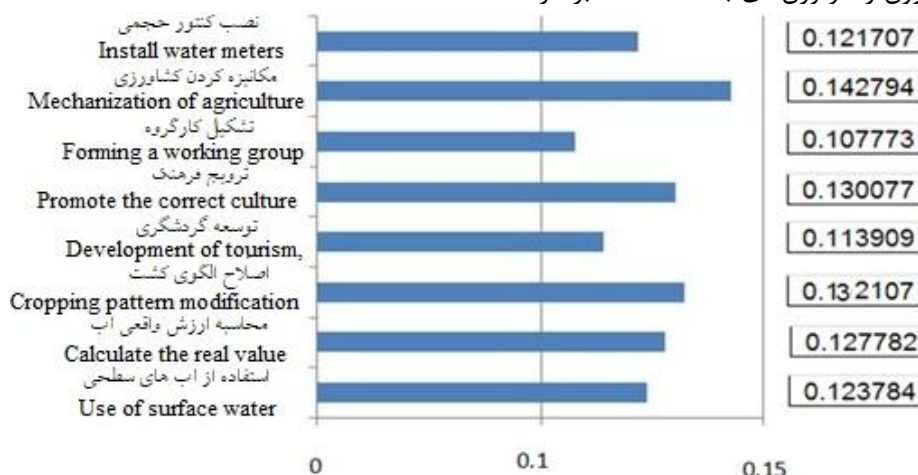


شکل (۳): مدل تحلیل شبکه‌ای برای تعیین راهبردهای توسعه پایدار منابع آب.

ستون ضرب نمود. جهت محاسبه ابر ماتریس حد، ماتریس وزن دار را آن قدر به توان می‌رسانیم تا اینکه همه عناصر ابر ماتریس با هم برابر شوند. مقادیر به دست آمده در این ماتریس، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها را مشخص می‌کند، شکل (۴). که راهبرد مکانیزه کردن کشاورزی و آبیاری با وزن نسبی ۰/۱۴۳ به عنوان مهم‌ترین راهبرد تشخیص داده شد.

مقایسه دودویی ارجحیت معیارها و راهبردها

محاسبه ابرماتریس حدی: پس از اینکه ماتریس‌های مقایسه‌ای محاسبه شد، می‌توان با جایگزین کردن این ماتریس‌ها در ابرماتریس اولیه، ابرماتریس بی‌وزن را به دست آورد. حال ابرماتریس بی‌وزن باید به ابر ماتریس وزن دار، یعنی ماتریسی که جمع اجزای ستون آن یک است تبدیل شود. برای تبدیل ابرماتریس بی‌وزن به ابر ماتریس وزن دار باید ابرماتریس بی‌وزن را در وزن‌های به دست آمده بر هر



شکل (۴): اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب بر اساس مدل ANP.

کارشناسان و متخصصین ذی‌ربط اولویت‌بندی گردید. سپس مفاهیم توصیفی مربوطه، با توجه به جدول ۲ به اعداد

روش **FUZZY-TOPSIS**: وزن‌دهی شش معیار و هشت مرتبط با راهبرد توسعه پایدار، توسط چهارده نفر از

فازی مثلثی تبدیل گردید و ماتریس‌های تصمیم‌گیری و وزن‌های مربوطه مطابق جداول ۳ و ۴ تدوین شدند.

جدول (۳): ماتریس تصمیم‌گیری فازی.

ماندگاری	سازگاری و انعطاف پذیری	مقبولیت اجتماعی	حفاظت از منابع طبیعی	امکان‌پذیری	اقتصادی	راهبردها/معیارها
(0, 0.78, 1)	(0, 0.72, 1)	(0, 0.62, 1)	(0, 0.85, 1)	(0, 0.73, 1)	(0, 0.73, 1)	ترویج فرهنگ
(0, 0.85, 1)	(0, 0.71, 1)	(0, 0.54, 1)	(0, 0.81, 1)	(0, 0.6, 1)	(0, 0.79, 1)	اصلاح الگوی کشت
(0, 0.61, 1)	(0, 0.66, 1)	(0, 0.67, 1)	(0, 0.64, 1)	(0, 0.59, 1)	(0, 0.81, 1)	توسعه گردشگری
(0, 0.52, 1)	(0, 0.49, 1)	(0, 0.36, 1)	(0.3, 0.76, 1)	(0, 0.6, 1)	(0, 0.74, 1)	محاسبه ارزش آب
(0, 0.48, 1)	(0, 0.47, 1)	(0, 0.44, 1)	(0, 0.73, 1)	(0, 0.51, 1)	(0, 0.72, 1)	استفاده از آب سطحی
(0, 0.46, 1)	(0, 0.5, 1)	(0, 0.68, 1)	(0, 0.76, 1)	(0, 0.74, 1)	(0, 0.62, 1)	تشکیل کارگروه
(0, 0.44, 1)	(0, 0.6, 1)	(0, 0.49, 1)	(0.3, 0.74, 1)	(0, 0.74, 1)	(0, 0.61, 1)	نصب کنتور حجمی
(0, 0.73, 1)	(0, 0.64, 1)	(0, 0.71, 1)	(0, 0.65, 1)	(0, 0.64, 1)	(0.7, 0.95, 1)	مکانیزه کردن کشاورزی

جدول (۴): تشکیل ماتریس وزن‌ها.

وزن	معیار
(0.3, 0.79, 1)	اقتصادی بودن
(0.3, 0.89, 1)	امکان‌پذیری
(0.3, 0.92, 1)	حفاظت از منابع طبیعی
(0, 0.63, 1)	مقبولیت اجتماعی
(0, 0.74, 1)	سازگاری و انعطاف‌پذیری
(0, 0.8, 1)	ماندگاری

وزن‌دار ایجاد گردید. با توجه به فاصله این ماتریس از گزینه ایده آل (مثبت و منفی)، شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها مطابق جدول ۵ به دست آمد.

ماتریس تصمیم‌گیری فازی وزن‌دار و تعیین گزینه‌های ایده آل و ضد ایده آل فازی: از حاصل ضرب ماتریس وزن‌ها در ماتریس تصمیم‌گیری فازی، ماتریس تصمیم‌گیری فازی

جدول (۵): امتیاز نهایی گزینه‌ها از روش FUZZY-TOPSIS

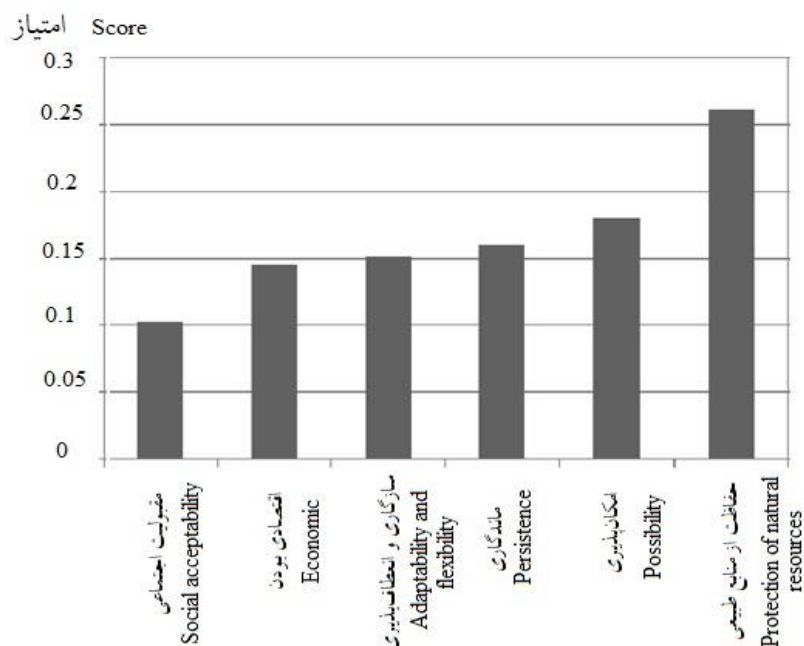
رتبه	راهبرد	امتیاز FUZZY-TOPSIS	نهایی
۱	ترویج فرهنگ	۰/۶۵۴۸	۱
۲	اصلاح الگوی کشت	۰/۶۲۷۱	۰/۹۷۲۳
۳	مکانیزه کردن کشاورزی	۰/۶۲۰۵	۰/۹۶۵۷
۴	توسعه گردشگری	۰/۵۴۴۹	۰/۸۹۰۱
۵	تشکیل کارگروه	۰/۴۹۴۸	۰/۸۴
۶	نصب کنتور حجمی	۰/۴۷۳۹	۰/۸۱۹۱
۷	محاسبه ارزش آب	۰/۴۵۳۸	۰/۷۹۸۹
۸	استفاده از آب سطحی	۰/۴۱۱۲	۰/۷۵۶۲

در جدول ۶ ارائه شده‌اند. مطابق آنچه که در قسمت FUZZY-TOPSIS ذکر گردید، ماتریس فازی وزن دار و فاصله از ایده آل (مثبت و منفی) نیز در این قسمت محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب دشت سنقر با استفاده از سه روش ANP، FUZZY-TOPSIS و روش ترکیبی ANP-FUZZY-TOPSIS صورت گرفت که نتایج سه روش در شکل (۶) نشان داده شده است.

روش تلفیقی تحلیل شبکه و FUZZY-TOPSIS

در این روش، ابتدا وزن همه معیارها که از روش ANP به دست آمده بود (شکل ۴) را به اعداد فازی مثلثی تبدیل گردید، سپس اهمیت معیارها نیز با توجه به هدف طرح که توسعه پایدار منابع آب می‌باشد، مشخص شد (شکل ۵). جهت دستیابی به مبانی عددی-فازی معیارهای مورد بررسی از جدول ۲ استفاده گردید که نتایج مربوطه



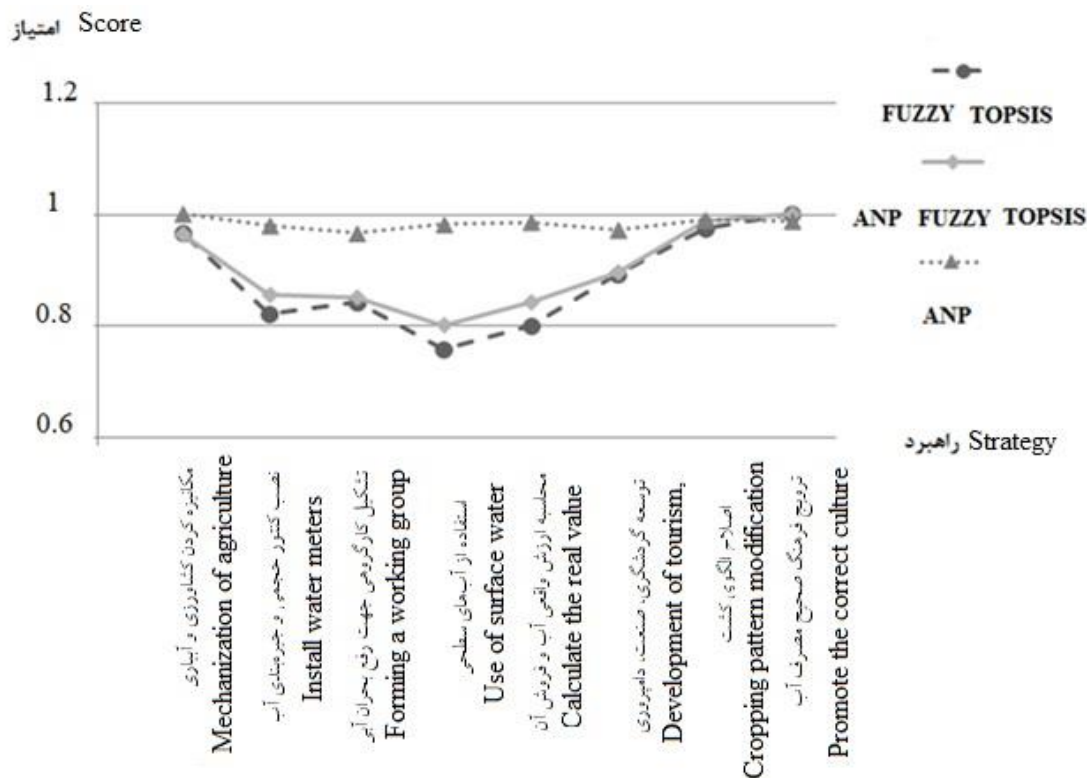
شکل (۵): اهمیت معیارهای توسعه پایدار.

جدول (۶): تبدیل وزن‌های به دست آمده از روش ANP به اعداد فازی بیانی

ماندگاری	سازگاری و انعطاف پذیری	مقبولیت اجتماعی	حفاظت از منابع طبیعی	امکان- پذیری	اقتصادی بودن	معیار عبارات
M	M	L	VH	MH	M	

جدول (۷): امتیاز نهایی گزینه‌ها از روش ANP-FUZZY-TOPSIS

راهبرد	ANP-FUZZY-TOPSIS	نهایی
ترویج فرهنگ	0.5584	1
اصلاح الگوی کشت	0.5455	0.9871
مکانیزه کردن کشاورزی	0.5222	0.9637
توسعه گردشگری	0.454	0.8956
نصب کنتور حجمی	0.4136	0.8552
تشکیل کارگروه	0.4087	0.8503
محاسبه ارزش آب	0.4003	0.8419
استفاده از آب سطحی	0.3594	0.8009



شکل (۶): اولویت‌بندی راهبردهای منابع آب با استفاده از روش‌های مختلف.

نتیجه‌گیری

در برهه حساس کنونی، مدیریت منابع آبی به یک ضرورت ملی و فراگیر در کشور تبدیل شده است. در این پژوهش از سه مدل تحلیل شبکه‌ای، FUZZY-TOPSIS و ANP-FUZZY-TOPSIS جهت اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب دشت سنقر استفاده گردید. جهت این کار، ابتدا شش معیار و هشت راهبرد تعیین شد و اولویت‌بندی راهبردها از طریق مدل تحلیل شبکه‌ای صورت گرفت. بر اساس ابرماتریس بی‌وزن، وزن‌دار و حدی محاسبه شده، در نهایت راهبرد مکانیزه کردن کشاورزی و آبیاری و اصلاح الگوی کشت منطقه با کشت گیاهان با نیاز آبی کم‌تر و متناسب با توان هیدرو-اکولوژیکی منطقه به ترتیب مهم‌ترین راهبردها جهت بهبود وضعیت کنونی مشخص شدند. محاسبات روش Topsis-FUZZY و ANP-FUZZY-TOPSIS نیز برای اولویت‌بندی انجام شد که راهبردهای ترویج فرهنگ صحیح مصرف آب و اصلاح الگوی کشت منطقه رتبه‌های برتر این روش‌ها شدند. بر اساس مقایسه سه روش مذکور، روش ANP-FUZZY-TOPSIS که با در نظر گرفتن ارتباطات شبکه‌ای بین معیارها و واضح‌تر نشان دادن اختلافات امتیاز راهبردها، نتایج کلی‌تر و قابل قبول‌تری را ارائه می‌دهد.

بر اساس نتایج به دست آمده از روش Topsis-FUZZY و ANP-FUZZY-TOPSIS، راهبرد ترویج فرهنگ صحیح مصرف آب و اصلاح الگوی کشت منطقه با کشت گیاهان با نیاز آبی کم‌تر و متناسب با توان هیدرو-اکولوژیکی منطقه رتبه‌های برتر جهت بهبود وضعیت کنونی می‌باشند؛ اما در روش ANP راهبرد مکانیزه کردن کشاورزی و آبیاری به عنوان اولویت نخست معرفی شد. با توجه به شکل (۵) مشخص می‌شود که روش Topsis-FUZZY و ANP-FUZZY-TOPSIS در مقایسه با روش ANP، اختلاف بین گزینه‌ها را بهتر نشان می‌دهد. دو راهبرد محاسبه ارزش واقعی آب و استفاده از آب‌های سطحی در روش ANP در سطح و امتیاز بالاتری قرار دارند که بیانگر ارتباط شبکه‌ای بین راهبردها و معیارها در سطوح مختلف تصمیم‌گیری است در حالی که در روش Topsis-FUZZY وزن معیارها فقط بر اساس نظر تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود.

نتایج روش ANP-FUZZY-TOPSIS که با در نظر گرفتن ارتباطات شبکه‌ای بین معیارها می‌باشد و تفاوت امتیاز راهبردها را بهتر نشان می‌دهد، جهت بهبود وضعیت کنونی منابع آب دشت سنقر پیشنهاد می‌گردد.

منابع

Ataei, M. 2016. Decision making and information management. SHahrood University of Technology. Press, 264p. (In Persian)

Awhab yazdi, S., and Ahmadi, A. 2016. An overview of agency-based models in water resources management. 8 PCS. 6th Iranian National Water Resources Management Conference. (In Persian)

Chen, T. 2000. Extensions of the Topsis for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems. 114 (2000): 1-9.

. Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Ronagh, Z., Sharifi, A., Blaschke, T. and Lakes, T. 2021. A scenario-based approach for urban water management in the context of the COVID-19 pandemic and a case study for the Tabriz metropolitan area, Iran. Science of the Total Environment. 790 (2021) 148272. 19 PCS.



Garai, T., and Garg, H. 2022. Multi-criteria decision making of water resource management problem (in Agriculture field, Purulia district) based on possibility measures under generalized single valued non-linear bipolar neutrosophic environment. *Expert Systems With Applications*. 205:1, 117715.

Gebre, S.L., Cattrysse, D., and Van Orshoven, J. 2021. Multi-Criteria Decision-Making Methods to Address Water Allocation Problems: A Systematic Review. *Water*, 13(2), 125.

Haji Elyasi, A. 2021. Evaluation of the Fuzzy and Classical Methods of Hierarchical Analysis in Prioritizing the Sub-basins of the 22nd District of Tehran from Watershed Management Perspectives, Extension and Development of Watershed Management. 9:32. 19-32. (In Persian)

Khashei-Siuki, A., keshavarz, A., and Sharifan, H. 2020. Comparison of AHP and FAHP methods in determining suitable areas for drinking water harvesting in Birjand aquifer. *Iran. Groundwater for Sustainable Development*. 10:100328.

Mian abadi, H., and Afshar, A. 2012. Heterogeneous FUZZY group decision making in integrated water resources management. *Journal Sharif Civil Engineering*. 2:27. 123-131. (In Persian)

Naseri-Rad, M., Berndtsson. R., Persson, K., and Nakagawa, K. 2020. INSIDE: An efficient guide for sustainable remediation practice in addressing contaminated soil and groundwater. *Science of the Total Environment*. 740 (2020) 139879. 14 PCS.

Quaddusa, M.A., and Siddique, M.A.B. 2011. Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach. *Environment International* 27(2-3):89-95.

Radmehr, A., Omid Bozorg-Haddad, O., and Loáicig, H.A. 2022. Integrated strategic planning and multi-criteria decision-making framework with its application to agricultural water management. *Nature*, 12:8406.

Rahmati pour, A., and Marofi, S. 2015. Planning water resources management of Sanghar plain according to the network model. 19 pcs. 1st national conference on agricultural management using crop pattern. (In Persian)

Rahmati pour, A., and Marofi, S. 2017. Planning and prioritizing sustainable development strategy for the water resource of Songor plain using SWOT model and QSPM matrix. *Journal of irrigation and water engineering*. 8:1.72-83. (In Persian)

Razavi toosi, S.L., Mohammad Vali Samani, J., and Koorehpazan Dezfuli, A. 2011. Comparison of Fuzzy Multiple Attribute Group Decision Making Methods for Ranking Water Transfer Projects. *Iran-Water Resources Research*. 7:3. 1-12. (In Persian)

Razavi toosi, S.L., and Mohammad Vali Samani, J. 2014. Watersheds management ranking using Analytical Network Process (ANP) and a hybrid algorithm based on ANP- fuzzy TOPSIS methods. *Journal of water and irrigation management*. 3:2. 75-90. (In Persian)

Roozbahani, A., Ghased, H., and Hashemy Shahedany, M. 2020. Inter-basin water transfer planning with grey COPRAS and fuzzy COPRAS techniques: A case study in Iranian Central Plateau. *Science of the Total Environment*. 726. 138499.



Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. 1996. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications. Pittsburgh. 356 PP.

Safavi, S. 2016. The way out of the water crisis: Simultaneous management of water supply and consumption. 14 PCS. 6th Iranian National Water Resources Management Conference. (In Persian).

Soori, S., Baharvand, S., and Amiri, V. 2017. Delineation of groundwater potential using AHP Fuzzy (A Case Study: Romeshgan plain). Journal of Environmental Geology. 11:40. 11-26. . (In Persian)

Zadeh, L. 1965. Fuzzy sets. Information and Control. 8. Pp: 338-353