



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۱۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

صفحه‌های ۴۹۶-۴۸۳

DOI: 10.22059/jwim.2022.337823.960

مقاله پژوهشی:

### بررسی اثر بخشی طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی بر اساس روش فازی - تاپسیس (مطالعه موردی: دشت ارومیه)

اسماعیل اسدی<sup>۱\*</sup>، پریسا صادق‌زاده<sup>۲</sup>، ابوالفضل مجنونی<sup>۳</sup>، مرتضی صمدیان<sup>۴</sup>

۱. استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۰۲

#### چکیده

افت تراز آب زیرزمینی دشت ارومیه آذربایجان غربی سبب شده احیای آبخوان و برنامه‌ریزی برای جلوگیری از افت و افزایش تراز آن از اولویت‌های برنامه‌های اجرایی وزارت نیرو در این حوزه قرار گیرد. در این پژوهش در راستای احیای آبخوان و به موازات آن، اثر پارامترهای بارندگی سالیانه و کاهش برداشت از آب زیرزمینی، بر روی تغییرات تراز آبخوان دشت ارومیه با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا میزان تأثیرگذاری اقدامات انجام‌شده بر اساس چهار سناریوی مدیریتی، پرسشنامه‌ای با هجده گزینه در قالب سه معیار اقدامات اجراشده، اقدامات پیشنهادی کوتاه‌مدت و اقدامات پیشنهادی بلندمدت تهیه شد. با توجه به گستردگی و تعامل چندگانه میان معیارها و اقدامات پیشرو، از روش فازی به منظور بیان تأثیر هر یک از گزینه‌ها به صورت کمی و از روش آنالیز فازی تاپسیس جهت تحلیل نظرات خبرگان با هدف رتبه‌بندی گزینه‌های هر سناریو در حل مسئله استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که افزایش بارندگی و در نتیجه کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی هم‌چنان مؤثرترین عامل در بهبود نسبی وضعیت کمی آبخوان می‌باشد. در ضمن، با بررسی میزان بارش در چند سال اخیر در دشت ارومیه می‌توان اظهار داشت که علاوه بر تغییر میزان بارندگی به عنوان اصلی‌ترین عامل، گزینه‌های اثربخشی گروه‌های گشت و بازرسی (Ch6)، تغذیه آبخوان از طریق رهاسازی آب از سد شهرچای (Ch7) و انسداد انهار در فصول غیرزراعی و تغذیه آبخوان از طریق رودخانه اصلی (Ch4) از دسته اقدامات طرح احیا و تعادل بخشی (اجراشده) در بهبود تراز آب زیرزمینی مؤثر می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** آبخوان دشت ارومیه، احیا و تعادل بخشی، روش فازی - تاپسیس، سناریوهای مدیریتی.

### Evaluation of the effectiveness of groundwater reclamation and balancing plan based on fuzzy-TOPSIS method (Case study: Urmia plain)

Esmail Asadi<sup>1\*</sup>, Parisa Sadeghzade<sup>2</sup>, Abolfazl Majnoui Heris<sup>3</sup>, Morteza Samadian<sup>4</sup>

1. Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. M. Sc., Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4. Ph. D. Student, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: January 22, 2022

Accepted: July 19, 2022

#### Abstract

Put critical situations. Decline of groundwater level in Urmia plain and declaration of this plain as one of the forbidden plains of West Azerbaijan province; It has caused the rehabilitation of the aquifer and planning to prevent its decline and increase its level to be among the priorities of the executive plans of the Ministry of Energy in this area. In this study, in order to rehabilitate the aquifer and in parallel, the effect of annual rainfall parameters and reduction of groundwater abstraction on changes in the aquifer level of the Urmia plain was investigated using the fuzzy TOPSIS technique. In this regard, the effectiveness of the measures taken based on 4 management scenarios, a questionnaire with 18 options in the form of three criteria of implemented measures, short-term proposed measures and long-term proposed measures were prepared. Given the breadth and multiple interactions between the criteria and the leading measures, the fuzzy method to express the effect of each option quantitatively and the TOPSIS fuzzy analysis method to analyze the opinions of experts with the aim of ranking the options of each scenario in Problem solving was used. The results indicate that increasing rainfall and consequently decreasing groundwater abstraction is still the most effective factor in the relative improvement of the quantitative status of the aquifer. Meanwhile, by examining the amount of rainfall in the last few years in the Urmia plain, it can be stated that in addition to changing the amount of rainfall as the main factor, the effectiveness options of patrol and inspection groups (Ch6), feeding the aquifer by releasing water from the dam Tea city (Ch7) and river blockage in non-crop seasons and feeding the aquifer through the main river (Ch4) are among the measures of the rehabilitation and balancing plan (implemented) in improving the groundwater level.

**Keywords:** Fuzzy-TOPSIS Method, Management Scenarios, Rehabilitation and Balancing, Urmia Plain Aquifer.

## مقدمه

برداشت بی‌رویه، خشک‌سالی‌های متوالی، حفر چاه‌های غیرمجاز و نبود قوانین بازدارنده، منابع آب زیرزمینی کشور را در برخی مناطق، با بحران مواجه نموده و تشدید افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها، بیش از نیمی از دشت‌های کشور را در زمره دشت‌های ممنوعه قرار داده است. به عبارتی دیگر، افزایش جمعیت کشور محدودیت منابع آب‌های سطحی و نیاز روزافزون به منابع آب از یک طرف و وضعیت اقلیمی و جغرافیایی ایران و همچنین وقوع پدیده خشک‌سالی در سال‌های اخیر از طرف دیگر سبب بهره‌برداری بیش از اندازه از آبخوان‌ها و بروز اثراتی هم‌چون افت سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش کیفی آب آبخوان‌های زیرزمینی، ایجاد فرونشست‌های مخرب در دشت‌ها و آبخوان‌ها و کوتاه‌شدن عمر آبخوان‌های مهم ایران شده است. یکی از طرح‌های ملی و راهبردی بخش آب ایران، طرح احیا و تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی است. در همین ارتباط و برای چاره‌اندیشی و کنترل افت و کسری مخزن حادث شده در آبخوان‌ها، وزارت نیرو با تعریف طرح تعادل‌بخشی، تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب در سال ۸۴ برنامه‌های خود در زمینه بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی را تدوین نمود.

لذا هدف از این پژوهش ارزیابی اثرات اجرای طرح‌های احیا، تعادل‌بخشی و تغذیه مصنوعی مرتبط با طرح‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه در حوضه فعالیت سازمان جهاد کشاورزی، با استفاده از برخی شاخص‌های مبتنی بر مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه<sup>۱</sup> خواهد بود. آنچه از تصمیم‌گیری‌ها برمی‌آید آن است که تصمیم‌گیرندگان در انتخاب گزینه برتر از بین گزینه‌های متعدد، اغلب چندین معیار را هم‌زمان در نظر می‌گیرند که در بیش‌تر موارد، این معیارها با یکدیگر در تضاد می‌باشند و در یک راستا قرار ندارند. از این‌رو، با توجه به

پیچیدگی تصمیم‌گیری در حضور معیارهای مختلف کمی و کیفی، شاخه خاصی از علم پژوهش در عملیات به نام تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌وجود آمده است که طی چند سال اخیر رشد قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۲</sup> یکی از شاخه‌های شناخته‌شده پژوهش در عملیات است که مسائل تصمیم‌گیری را تحت تعدادی از معیارهای تصمیم بررسی می‌کند. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار برای سنجش استفاده می‌شود. از طرف دیگر، در دنیای واقعی عدم قطعیت وجود دارد، به‌طوربه‌طوری‌که انسان همواره در قضاوت‌های خود از داده‌های نادقیق و مبهم به جای داده‌های قطعی استفاده می‌کند. بنابراین با بهره‌گیری از تئوری مجموعه‌های فازی، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی پا به عرصه وجود گذاشتند. به عبارتی دیگر این پژوهش به‌منظور توسعه چهارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره با اولویت‌بندی راهکارهای بیان شده که با هدف غلبه بر عدم قطعیت‌ها و محدودیت‌های موجود از نظر بیان هر یک از عوامل مؤثر بر تراز آب زیرزمینی دشت به‌کار گرفته شده است. با توجه به موارد ذکرشده نگاهی به برخی پژوهش‌های انجام‌شده درخصوص موضوع‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه ارائه شده است.

در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره Scotte (1995) یک چهارچوب مبتنی بر سناریوهای مدیریتی در محوریت برنامه‌ریزی منابع آب در آفریقای جنوبی ارائه نمود که این چهارچوب کلی قابلیت غالب‌آمدن بر تعدادی از مشکلاتی که در زمان استفاده از استانداردهای موجود در ابزار و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌وجود می‌آید را دارد. در بررسی گزینه‌های مدیریت آب در کشاورزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی<sup>۳</sup> توسط Quaddusa & Siddique (2001) که بر مبنای شاخص‌های توسعه پایدار

وزن‌های برابر به کار گرفته شد. Hafez Parast & Araghi (2010) Neghad، در پژوهشی به بیان مفهوم توسعه پایدار که سه عنصر اجتماع، اقتصاد و محیط زیست را مورد توجه قرار می‌دهد به معرفی مهم‌ترین شاخص‌های توسعه پایدار پرداخته و سپس براساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، هیدرولوژیکی از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده نموده‌اند و نتایج رتبه‌بندی را برای حوضه‌های آبریز اترک، گرگان رود، قره‌سو، نکا و خلیج گرگان ارائه کرده‌اند. Azghadi et al. (2010) به ارزیابی حاصلخیزی خاک با استفاده از مدل FAHP پرداختند. آن‌ها از معادلات خطی در نوع تابع عضویت فازی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که FAHP روش مناسبی برای پهنه‌بندی پارامترهای حاصلخیزی خاک است. آن‌ها تفاوت این مدل با مدل کلاسیک AHP را بررسی نکردند. Afshar (2011) و Mian Abadi (2010) با بهره‌گیری از روش مفید تصمیم‌گیری گروهی فازی به منظور انتخاب بهترین گزینه توسعه منابع آب زیرزمینی پرداختند که کاربرد الگوریتم مزبور در اولویت‌بندی ۱۳ گزینه استحصال آب زیرزمینی نشان داد که با تعامل بین تصمیم‌گیران و بازنگری تصمیم‌گیران با کم‌ترین درجه توافق، می‌توان به یک تصمیم جمعی با درجه توافق معقول و از پیش تعیین شده دست یافت. در ضمن، Afshar et al. (2011) به منظور ارزیابی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یعنی روش شباهت به گزینه ایده‌آل (Topsis) در دو حالت قطعی و فازی به بررسی گزینه‌های مختلف طرح‌های رودخانه کارون با توجه به معیارهای مختلف اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی پرداخته‌اند. در پژوهشی به منظور بررسی تعادل بخشی آبخوان‌ها، Kalender & Tomas (2011) با ارزیابی اثربخشی برنامه‌های حفاظت و احیای آبخوان‌ها به این نتیجه رسیدند که برنامه‌های حفاظتی که از سال ۱۹۹۰ در

انجام گرفت، نتایج بیانگر این واقعیت بود که مدل‌های چندمعیاره پیچیدگی طرح‌های توسعه پایدار را حل می‌کنند. Fernandez & Selma (2004) مدل پویایی برای تحلیل توزیع مکانی تغییرات کاربری و فاکتورهای کلیدی زیست محیطی اسپانیا ارائه نمودند. این پژوهش‌گران نشان دادند که کاهش زمین‌های تحت آبیاری به منظور تعادل تقاضا و منابع آب نه تنها باعث از بین رفتن مشکل کمبود آب می‌شود، بلکه موجب بهبود مشکلات محیط زیستی که در اثر آبیاری اراضی کشاورزی به وجود آمده نیز می‌شود. هم‌چنین در مورد فنون تصمیم‌گیری نوین و استفاده از آن‌ها در مدیریت منابع آب، مطالعات مختلفی صورت گرفته است. Khan & Xev (2005) در مطالعه‌ای به بررسی مدیریت منابع آب در استرالیا، با استفاده از بهینه‌سازی چندهدفه پرداختند. در این پژوهش مسائل اقتصادی و زیست محیطی با استفاده از توابع هدف حداکثرسازی سود، حداقل کردن هزینه‌های متغیر تولید و هم‌چنین حداقل‌سازی میزان آب پمپاژ شده از سفره آب زیرزمینی مدنظر قرار گرفت. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در این مطالعه به دلیل وجود تضاد میان اهداف چنگانه و رقابت بر سر تقاضای آب، به منظور تحلیل اهداف تولید با وجود محدودیت‌های فیزیکی، زیستی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده شده بود. درخصوص مسائل مدیریت منابع آب زیرزمینی؛ Bogardi et al. (2006) موارد را با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندهدفه<sup>۴</sup> تعاملی تحلیل کردند. این مطالعه با اهداف حداکثر کردن بازده کل، حداقل‌سازی بیشینه تراکم در چاه‌های انتخاب شده و کاهش هزینه پمپاژ کل انجام گرفته است. Hajkovicz & Higgins (2008) شبیه‌سازی مونت کارلو را برای برآورد تجارت مقادیر آب تخصیص داده شده در قالب مسئله چندهدفه به کار برده‌اند و رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسائل چندهدفه با

میشیگان به انتخاب سناریوی برتر کشاورزی با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر ریسک پرداختند. *Banihabib et al.* (2017) از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره هیبریدی برای رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی استفاده شده و نتایج نشان داد که تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی به‌عنوان راهبرد برتر جهت مدیریت پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین *Sardar Shahraki et al.* (2018) در مطالعه‌ای با استفاده از روش فازی تاپسیس به توسعه منابع آب حوضه آبریز پیشین با داشتن شش گزینه و در نظر داشتن پنج شاخص مدیریتی مورد ارزیابی قرار گرفت و راه‌حل کاهش تبخیر و تعرق به‌عنوان بهترین گزینه پیشنهاد شد. در پژوهشی به‌منظور بررسی نتایج طرح احیا و تعادل‌بخشی دشت رفسنجان، *Farzaneh et al.* (2019) به این نتیجه رسیدند که کاهش سطح درآمد نتیجه اجرای طرح مذکور بوده، لذا تا زمانی که برنامه‌ریزی‌هایی برای جایگزینی معیشت بهره‌برداران پیش‌بینی نشود نمی‌توان انتظار داشت اهداف طرح مزبور در عرصه عمل به‌قاعده جاری تبدیل شود و این نگرانی وجود دارد که مقاومت‌ها و پس‌زدگی اجتماعی پیشروی این‌گونه طرح‌ها باعث شکست آن خواهد شد. در مطالعه‌ای *Ketabchi & Ghadimi* (2019) به ارزیابی آثار اعمال سیاست‌های مختلف مدیریتی بر روی آبخوان نمدان استان فارس با استفاده از شبیه‌سازی عددی پرداختند. وضعیت آبخوان محدوده مطالعاتی، در شرایط غیر ماندگار در دوره شبیه‌سازی ۳۰ ساله، تحت هفت سناریوی مختلف از قبیل شاخص‌های اقلیمی، برداشت، الگوی کشت و طرح ملی احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی در ایران، مورد بررسی قرار گرفت. با کاهش ۱۰ درصدی بارش سالانه و افزایش ۲۰ درصدی برداشت، تراز سطح آب

نیوزیلند انجام شده بود، توانسته تا حد زیادی به پایداری آبخوان‌ها کمک نماید در مطالعه‌ای را با هدف توسعه تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌عنوان ابزاری مناسب در مدیریت زیرساخت‌های حوضه آب؛ *Ehsani & Zarghami* (2011) با مطالعه موردی بر روی دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند که روش‌های میانگین وزنی ساده و عملگر میانگین وزنی مرتب برای تصمیم‌گیری چندمعیاره زیرساخت‌های توسعه منابع آب کارایی مؤثری دارند. هم‌چنین در پژوهشی دیگر در رابطه با حوضه آبریز دریاچه ارومیه، *Zarghami & Safari* (2014) با استفاده از روش‌های تحلیل چندمعیاره میزان تخصیص آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با در نظر داشتن حداقل نیاز اکولوژیک دریاچه ارومیه و تخصیص آب بین استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان را بررسی کردند. *Aher et al.* (2013) در پژوهش خود با عنوان اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز با استفاده از ارزیابی چند معیار از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، ویژگی‌های مورفولوژیکی هشت زیرحوضه حوضه آبریزی در نزدیکی روستای پیمپالگائون در غرب هندوستان را به لحاظ میزان آسیب‌پذیری، اولویت‌بندی کرده و به این نتیجه رسیدند که ۶۰/۸۵ درصد از مساحت حوضه (پنج زیرحوضه) جزو مناطق حساس متوسط به بالا هستند. در پژوهشی *RazaviToosi & Samani* (2016) روش جدید ترکیبی فازی فرایند تحلیل شبکه‌ای<sup>۵</sup> را به‌منظور مدیریت حوضه آبریز ارائه کرده‌اند. در این مطالعه با در نظر گرفتن پنج حوضه آبریز ارومیه، اترک، سفیدرود، نمک و زاینده‌رود را به‌عنوان گزینه‌هایی در نظر گرفتند و براساس اهداف توسعه‌ای بلندمدت ۳۸ استراتژی مدیریت آب را به‌عنوان معیار فرعی در ۱۰ گروه، دسته‌بندی نموده و مدنظر قرار دادند. هم‌چنین *Sabbaghian et al.* (2016) به‌منظور اعمال مدیریت مؤثر در سطح حوضه هانویوی

گزینه‌ها و تأثیر هم‌زمان گزینه‌ها بر یکدیگر در قالب یک مدل ارائه داد، لذا روش فازی تاپسیس و نظرات کارشناسان خیره سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی به‌عنوان ابزاری جهت ارزیابی اقدامات انجام‌شده و اولویت‌بندی گزینه‌های پیشنهادی کوتاه‌مدت و بلندمدت انتخاب شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت ارومیه در استان آذربایجان غربی و در سمت غربی دریاچه ارومیه بین طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۰۶ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه واقع شده است که از سمت شمال به حوضه آبریز زولاچای و خرخره‌چای، از شرق به دریاچه ارومیه، از جنوب به حوضه آبریز گدارچای و از غرب به مرز ایران و ترکیه محدود می‌شود. شهر ارومیه در داخل دشت ارومیه و در مجاورت رودخانه شهرچای بنا شده است. وسعت محدوده مطالعاتی ارومیه بالغ بر ۴۶۸۲ کیلومترمربع است که ۹۶۲ کیلومترمربع آن را دشت ارومیه و ۳۷۲۰ کیلومترمربع آن را بخش کوهستانی حوضه‌های آبریز رودخانه‌های تغذیه‌کننده دشت ارومیه تشکیل می‌دهد. پست‌ترین منطقه محدوده، حاشیه دریاچه ارومیه با ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریا و بلندترین نقطه آن کوه برده‌رش با ارتفاع ۳۶۰۸ متر از سطح دریا می‌باشد. از مهم‌ترین رودخانه‌های دشت ارومیه، نازلوچای، شهرچای و باراندوزچای می‌باشند و رژیم آن‌ها تحت تأثیر ذوب برف می‌باشد. تمامی این رودخانه‌ها از ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه سرچشمه می‌گیرند و سرانجام پس از آبیاری و تغذیه قسمتی از دشت ارومیه، به دریاچه ارومیه می‌ریزند (Jonoubi, 2011).

زیرزمینی تا پایان دوره شبیه‌سازی نسبت به ادامه وضع موجود، به ترتیب ۰/۹ و ۶/۱ متر افت پیدا می‌کند. تغییر الگوی کشت با تغییر نوع محصول از گندم به محصولی با نیاز آبی کم مانند جو باعث می‌شود تا تراز سطح آب تا پایان دوره شبیه‌سازی، ۴/۴ متر افزایش پیدا کند. در سناریوی حذف چاه‌های غیرمجاز بهره‌برداری در کل محدوده، به‌طور میانگین در هر سال، تراز سطح آب زیرزمینی ۰/۴۵ متر افزایش می‌یابد. تحت سناریوی انسداد کامل چاه‌های غیرمجاز در کل منطقه، تراز آب زیرزمینی بیش‌ترین تغییرات را در بین سناریوها داشته و تا پایان دوره شبیه‌سازی، ۱۹/۶ متر افزایش پیش‌بینی می‌شود. این امر لزوم توجه به تعیین تکلیف چاه‌های غیرمجاز در طرح ملی احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در ایران را بیش از پیش نمایان می‌کند. Hashemi Shahdani & Hasani (2020) در پژوهشی به بررسی تعیین قیمت مناسب آب آبیاری مطابق با عکس‌العمل احتمالی کشاورزان و اثرات بین بخشی آن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش قیمت آب در نهایت باعث کاهش سطح زیر کشت، افزایش نارضایتی اجتماعی و افزایش شاخص‌های زیست‌محیطی می‌شود که در نهایت با در نظر گرفتن درجه اهمیت و رتبه‌بندی آثار بین‌بخشی سناریوهای قیمتی، متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت شبکه آبیاری موردنظر (۱۵۴۰ ریال بر مترمکعب) به‌عنوان قیمت مناسب آب آبیاری انتخاب شد.

پژوهش حاضر به ارزیابی سایر اقدام‌های تأثیرگذار بر تراز سطح آب زیرزمینی دشت ارومیه از حیثه مسئولیت‌های سه ارگان مهم وزارت نیرو، ستاد احیای دریاچه ارومیه و سازمان جهاد کشاورزی انجام گرفته است. از آنجایی که نمی‌توان هر یک اقدامات را به‌صورت عددی، وجود عدم قطعیت در هر یک از

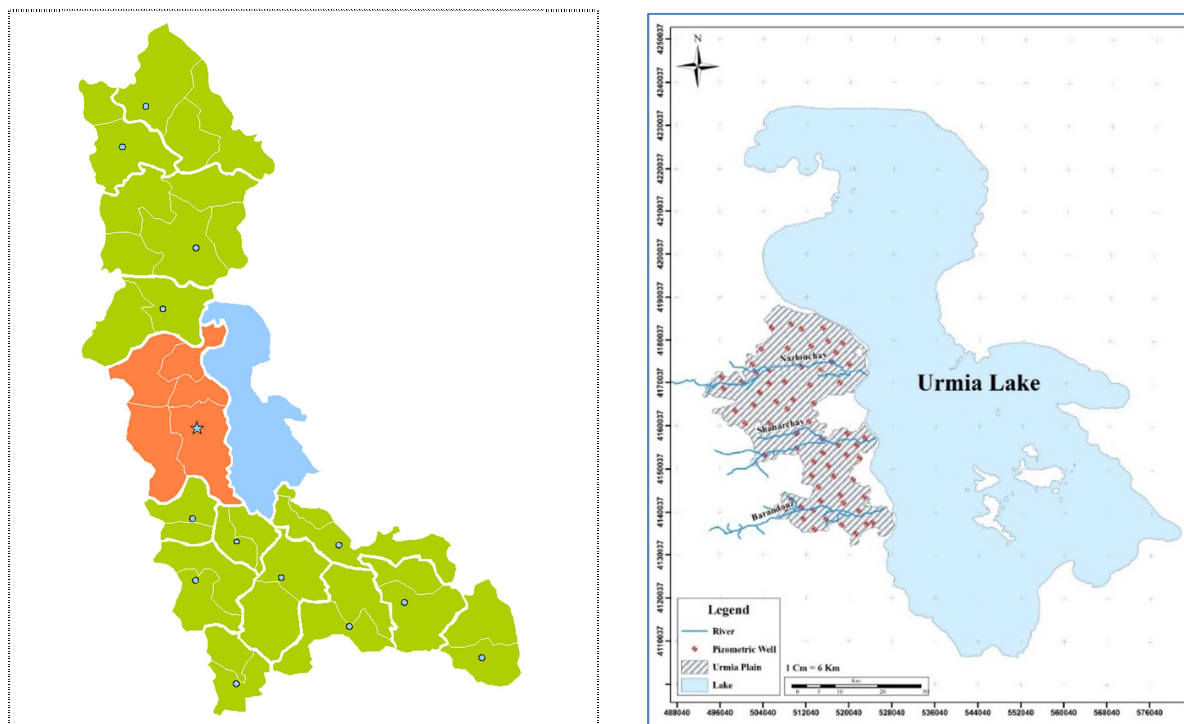


Figure 1. Location of Urmia plain in relation to Lake Urmia and West Azerbaijan province

تصمیم‌گیری چندمعیاره،  $n$  معیار و  $m$  گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش تاپسیس، مراحل به شرح ذیل می‌باشند:

الف) تشکیل ماتریس تصمیم: با توجه به تعداد معیارها و گزینه‌ها و ارزیابی گزینه‌ها با توجه به معیارها، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود (Ataie, 2016):

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

در صورتی از اعداد فازی مثلثی استفاده شود، در  $\tilde{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$   $i$  گزینه  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) در رابطه با معیار  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) می‌باشد. اگر کمینه تصمیم‌گیرنده دارای  $k$  عضو باشد و رتبه‌بندی فازی  $k$  امین تصمیم‌گیرنده  $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$  (عدد فازی مثلثی) به ازای  $i=1, 2, \dots, m$  و  $j=1, 2, \dots, n$  با توجه به

## روش تاپسیس<sup>۶</sup>

تاپسیس به معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. منطق زیربنایی این روش، راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه‌حل ایده‌آل (مثبت) راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. روش تاپسیس یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای انتخاب بهترین گزینه براساس تعداد معیار استفاده می‌شود. این روش توسط Hwang & Yoon (1981) ارائه شد که مورد استقبال پژوهش‌گران و کاربران مختلف واقع شد. روش تاپسیس بر این اصل استوار است که گزینه انتخابی (برتر)، باید کم‌ترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال، بیش‌ترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (Ataie, 2016). اگر در یک مسئله

ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی به روش زیر صورت می-گیرد:

$$A^* = \{\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*\} \quad (5)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\} \quad (6)$$

که در آن،  $\tilde{v}_i^*$  بهترین مقدار  $i$  از بین تمامی گزینه‌ها و  $\tilde{v}_i^-$  بدترین مقدار معیار  $i$  از بین تمام گزینه‌ها می‌باشند. این مقادیر از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$\tilde{v}_j^* = \text{Max}_i \{\tilde{v}_{ij}^*\} \quad i=1,2,\dots,m-j=1,2,\dots,n \quad (7)$$

$$\tilde{v}_j^- = \text{Min}_i \{\tilde{v}_{ij}^-\} \quad i=1,2,\dots,m-j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

گزینه‌هایی که در  $A^*$  و  $A^-$  قرار می‌گیرند به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌هایی کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

ه) محاسبه فاصله از راه‌حل ایده آل مثبت و راه‌حل ایده آل منفی: فاصله هر گزینه ایده آل و ضد ایده آل فازی به ترتیب از روابط زیر قابل محاسبه است (Ataie, 2016):

$$S_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad i=1,2,\dots,m \quad (9)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i=1,2,\dots,m \quad (10)$$

$d(\dots)$  فاصله بین دو عدد فازی است که اگر  $(a_1 \cdot b_1 \cdot c_1)$  و  $(a_2 \cdot b_2 \cdot c_2)$  دو عدد فازی مثلثی باشد، فاصله دو عدد برابر است با:

$$d_i(\tilde{M}_1, \tilde{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}((a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2)} \quad (11)$$

و) محاسبه شاخص شباهت: شاخص شباهت از رابطه زیر به دست می‌آید (Ataie, 2016):

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \quad (12)$$

## منطق فازی<sup>۲</sup>

منطق فازی روش جدیدی است که شیوه‌هایی را که برای طراح و مدل‌سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین می‌سازد و یا تا حدود زیادی آن را تکمیل

معیارهایی رتبه‌بندی فازی ترکیبی  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij} \cdot b_{ij} \cdot c_{ij})$  گزینه‌ها را می‌توان براساس روابط زیر به دست آورد:

$$a_{ij} = \text{Min}_k \{a_{ijk}\} \\ b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k b_{ijk}}{k} \\ c_{ij} = \text{Max}_k \{c_{ijk}\} \quad (2)$$

ب) بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم: زمانی  $\tilde{x}_{ij}$ ها به صورت فازی هستند، مسلماً  $\tilde{x}_{ij}$ ها نیز فازی خواهند بود. برای بی‌مقیاس کردن به جای محاسبات پیچیده در روش شباهت به گزینه ایده آل کلاسیک، در این مرحله از تغییر مقیاس خطی برای تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود.

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شود (Ataie, 2016):

$$\tilde{r}_{ij}^+ = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \\ \tilde{r}_{ij}^- = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad (2)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij}$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij}$$

ج) تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار: در ابتدا با توجه به ضریب اهمیت شاخص‌های مختلف در تصمیم‌گیری، بردار وزن معیارها به صورت زیر تعریف می‌شود (Atai, 2016):

$$W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n] \quad (3)$$

از ضرب بردار وزن معیارها در ماتریس تصمیم بی‌مقیاس، ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار به صورت زیر به دست می‌آید (Ataie, 2016):

$$V = W.R \quad (4)$$

د): یافتن حل ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی: حل

شایان ذکر است یکی از مشکلات اساسی در روش معمول فرایند تحلیلی سلسله مراتبی اعتماد کامل به نظر کارشناسی می‌باشد. از این‌رو، در این روش به نظر کارشناسان یک عدد اختصاص داده می‌شود. در صورتی که در روش فازی این مشکل رفع شده و نظر کارشناسان به صورت بازه‌ای از اعداد، که نشانگر عدم اعتماد کامل به نظر کارشناسی می‌باشد، وارد فرایند وزن‌دهی می‌شود که از آن‌ها به عنوان اعداد فازی مثلثی یاد می‌شود که شامل سه عدد وزن متوالی می‌باشند. در این روش بردار وزن با استفاده از رابطه (۱۴) قابل محاسبه می‌باشد.

$$\left\{ \begin{array}{l} (m_{ij} - l_{ij}) \times \lambda \times w_j - w_i + l_{ij} \times w_j \leq 0, i=1, \dots, n-1; j=1, \dots, n-1: j > i \\ (u_{ij} - m_{ij}) \times \lambda \times w_j - w_i + u_{ij} \times w_j \leq 0, i=1, \dots, n-1; j=1, \dots, n-1: j > i \\ \sum_{w_i=1, w_i > 0, i=1, \dots, n} \end{array} \right\} \quad (14)$$

در رابطه بالا،  $w_i$  و  $w_j$  وزن‌های محاسبه شده برای دو پارامتر  $I, j$  هستند.

با جمع‌بندی موارد فوق؛ از مزایای روش تاپسیس فازی می‌توان به تعیین بهترین گزینه با وجود تعداد قابل توجه معیارها اشاره کرد. همچنین جهت تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به صورت عددی بیان می‌شود. این مقدار عددی همان نزدیکی نسبی است که اساس قوت این روش را بیان می‌کند. علاوه بر آن، این‌کها این امکان وجود دارد که تأثیر ضریب اهمیت معیارها بر روی رتبه‌بندی گزینه‌ها را بتوان به صورت عددی مشاهده کرد.

### پرسشنامه پژوهش

**انتخاب گزینه:** نحوه معرفی گزینه‌ها با بررسی اولویت‌های پژوهشی شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۳۹۸، موافقت‌نامه‌های طرح تعادل بخشی وزارت نیرو، طرح‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه و همچنین با مشورت از کارشناسان و صاحب‌نظران تهیه و تنظیم شده است. در مرحله بعد پرسشنامه تکمیل شده ۱۸ گزینه‌ای (مطابق جدول ۱) توسط ۳۲ کارشناسان حوزه ستادی در

می‌کند. در واقع در منطق فازی می‌توان نتایج دقیق را با استفاده از مجموعه‌ای از معلومات نادقیق که با الفاظ و مقادیر کلامی تعریف شده‌اند، استخراج کرد. منطق فازی یک منطق چند ارزشی است. در این منطق به جای منطق سیاه یا سفید، درست یا نادرست، طیف نامحدودی از خاکستری بین سیاه و سفید وجود دارد. لذا منطق فازی را می‌توان منطق خاکستری نیز نامید (Ataie, 2016).

همچنین مجموعه‌های فازی در ریاضیات جدید به مجموعه‌هایی اطلاق می‌شود که عضویت بعضی یا تمام اعضا کاملاً روشن و مشخص نیست و عناصر آن به طور نسبی متعلق به آن مجموعه هستند. یک مجموعه فازی یک مجموعه کلاسیک است که اجازه می‌دهد تا تعلق هر مقدار را در بازه صفر تا یک اختیار کند (Ataie, 2016).

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_A(x_2)}{x_2}, \frac{\mu_A(x_3)}{x_3}, \dots, \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} \quad (13)$$

که در آن،  $\mu_A(x_1)$  در عضویت در مجموعه  $A$  می‌باشد که بین صفر تا یک تغییر می‌یابد.

معقوله قطعی برای تعیین تابع عضویت وجود ندارد و معمولاً برای تعیین این تابع از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- استفاده از دانش خبرگان
- استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده

### فازی‌سازی

مرحله تعریف مجموعه‌های فازی برای متغیرهای ورودی و خروجی، فازی‌سازی نامیده می‌شود. برای تعریف این مجموعه‌های فازی باید دانش اولیه‌ای از دامنه تعریف هر کدام از این متغیرها وجود داشته باشد. در طبقه‌بندی توابع عضویت، داده‌های ورودی به صورت مجموعه‌های فازی مثل بالا، متوسط، پایین و ... تقسیم می‌شود که دامنه تمام داده‌های ورودی به وسیله چنین متغیرهایی با نسبت دادن درجه عضویت تقسیم‌بندی می‌شود (Ataie, 2016).



تعریف سناریوهای مدیریتی: نظر به این که در این پژوهش محور اصلی؛ تحلیل راه حل های احیای آبخوان دشت ارومیه با استفاده از رویکردها و دیدگاه های مدیریتی- تجربه بوده است. لذا استفاده از روش تاپسیس فازی جهت امتیازدهی و رتبه بندی گزینه ها مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ارزیابی گزینه ها در سه دسته اجرا شده و پیشنهادی کوتاه مدت و پیشنهادی بلندمدت برای هر معیار، ضریبی مطابق جدول (۲) ارائه شد تا بر آن اساس تحلیلی از دیدگاه مدیریتی به منظور ارزیابی اقدامات انجام شده و انتخاب گزینه های پیشنهادی بلندمدت و کوتاه مدت به دست آید.

معاونت حفاظت و بهره برداری از منابع آب و دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه ای استان آذربایجان غربی به عنوان یکی از مهم ترین بازوهای اجرای مصوبات ستاد احیا و ارگان متولی حفاظت از منابع آب سطحی جمع آوری شد.

معیار: در این پژوهش مجموعه یا دسته گزینه های پیش رو جهت احیای آبخوان دشت ارومیه به سه قسمت "اجرا شده" و "پیشنهادی کوتاه مدت" و "پیشنهادی بلندمدت" دسته بندی شده که به عنوان معیارهای روش تاپسیس فازی در نظر گرفته شده است. ضریب این دو معیار با توجه به گزینه موجود در پرسشنامه و نظر خبرگان تحت سناریوهای مختلف مدیریتی در سطوح مختلف دسته بندی شد.

Table 1. Quasion Mark

Rate	Option	Option Type
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	40% reduction policy of agricultural water volume	Ch1
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Use and replacement of urban and industrial wastewater for agricultural water supply	Ch2
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	installation of smart water contour	Ch3
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Traditional canal blockage for supply plain demand by river	Ch4
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Patrol group effective for blockage nonlicensed well	Ch5
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Patrol group effective for block removal from river	Ch6
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	supply palin demand by release water from shaharchay demand	Ch7
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Flood spreading for artificial recharge	Ch8
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Build Nazlou and Barandouz dam for flood spreading for artifitial recharge	Ch9
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Complete irrigation and dranaige network for reduce agriculture wastet water	Ch10
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Climate change adaptation with changing Dominate cultivate and planet less water demand	Ch11
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Well collective and reduce licenced weel destiny for protect of plain	Ch12
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	perform of presure and low pressure irrigation in irrigation network	Ch13
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Perform wter delivery poin plan according to the duminante cultivate and area under cover	Ch14
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Perform water agents plan in wter delivery point	Ch15
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Vitual water plan	Ch16
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Create employment by industry deveopment without depent of agriculture	Ch17
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Build greenhouse	Ch18

Table 2. Analysis of Options for Management Aspect

Goal	Criteria Coefficient			Scenarios
	Suggested Option (Long Time)	Suggested Option (Short Time)	Completed Option	
Total Evaluation	1/3	1/3	1/3	S1
Evaluation of Done Options	0	0	1	S2
Evaluation of Suggested Option (Short Time)	0	1	0	S3
Evaluation of Suggested Option (Long Time)	1	0	0	S4

## نتایج و بحث

با توجه به محدودیت و شرایط حاضر رتبه‌بندی و پیشنهاد شد. در جدول (۳) نتایج تحلیل گزینه‌های حل مسئله تحت سناریوهای مختلف مدیریتی ارائه شده است.

### اعمال سناریوی مدیریتی و تشکیل ماتریس فازی

در این بخش براساس فرمول‌ها و روابط اشاره‌شده در بخش مواد و روش‌ها مراحل شامل ۱- اعمال ضرایب وزنی برای هر یک از معیارهای (اجراشده، پیشنهادی کوتاه‌مدت و پیشنهادی بلندمدت) برای هر یک از سناریوهای S1-S2-S3 و S4 می‌باشد، ۲- تشکیل ماتریس میانگین برای هر یک از سناریوها به منظور تشکیل اعداد فازی در بازه حد بالا، وسط و پایین، ۳- تشکیل ماتریس تصمیم بی‌مقیاس یا نرمال شده برای هر یک از سناریوها، ۴- تشکیل ماتریس وزنی به منظور حل مسئله تصمیم به روش تاپسیس فازی که از ضرب ضریب معیارها (گام اول) برای هر سناریوی تعریف شده در ماتریس بی‌مقیاس یا نرمال شده (گام سوم) به دست می‌آید، ۵- یکی از اهداف تشکیل ماتریس تصمیم و حل آن به روش تاپسیس فازی ارزیابی گزینه‌ها و سنجش میزان فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل است. لذا در این مرحله تشکیل ماتریس راه‌حل ایده‌آل برای هر یک از سناریوها مدنظر است، ۶- تشکیل ماتریس راه‌حل عکس ایده‌آل برای هر یک از سناریوها می‌باشد.

سناریوی اول (S1): هدف از این سناریو ارزیابی کلی گزینه‌های موجود از نظر کارشناسان خبره بوده و این‌که آیا چه تعداد از اقدامات یا تصمیمات اجراشده در

در این بخش به ارائه نتایج حاصل از بررسی‌های انجام‌شده با استفاده از روش فازی تاپسیس پرداخته می‌شود. راه‌حل مسئله پیش‌رو با مشورت خبرگان و بررسی محورهای اجرایی طرح‌ها گردآوری و در سه بخش اقدامات اجراشده و پیشنهادی بلندمدت و کوتاه‌مدت ارائه شده است. براساس مطالعات انجام‌شده، مشاهده وضعیت موجود سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت ارومیه حاکی از روند نزولی آن در طی چند سال اخیر داشته است. به‌کارگیری روش چندشاخصه در این پژوهش با توجه به گزینه‌ها و محدودیت‌های موجود (من جمله عدم استفاده از روش AHP فازی به دلیل تعدد بالای پرسش‌ها و عدم همکاری کارشناس خبره با هدف مقایسه نتیجه این روش با روش معمول و عدم تحلیل کمی هر یک از گزینه‌های مؤثر بر احیای آبخوان دشت ارومیه) و استفاده از نظریه کارشناسان خبره و به‌کارگیری روش تاپسیس فازی از نوآوری‌های این پژوهش به‌شمار می‌رود. با پژوهش و مشورت از کارشناسان، موافقت‌نامه‌های طرح تعادل‌بخشی، طرح‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه و سازگاری با کم‌آبی و بررسی اولویت‌های شرکت مدیریت منابع آب، ۱۸ گزینه با هدف احیای آبخوان دشت ارومیه در سه دسته معیار، گردآوری و پرسشنامه‌های مربوطه تهیه شد. پس از گردآوری پاسخ ۳۲ کارشناس خبره در موضوع پژوهش نتایج در چهار سناریوی مدیریتی تحلیل و گزینه‌های طرح‌شده، هر یک

تشکیل ماتریس راه حل ایده آل برای هر سناریو در جدول (۴) ماتریس راه حل سناریوی S2 ارائه شده است.

**Table 4. The results of the ideal matrix of scenario S2**

Rank	Rating	Options
1	0.817	Ch6
2	0.7583	Ch4
3	0.7233	Ch7
4	0.7082	Ch2
5	0.6423	Ch3
6	0.6192	Ch5
7	0.5418	Ch1

اولین گزینه در این سناریو از نظر کارشناسان خیره، جلوگیری از برداشت های غیرمجاز از رودخانه (Ch6)، انسداد انهار در فصول غیر زراعی و تغذیه آبخوان از طریق رودخانه اصلی (Ch4)، تغذیه آبخوان از طریق رهاسازی آب از سد شهرچای (Ch7)، استفاده و جایگزینی پساب شهری و صنعتی به منظور تأمین آب کشاورزی (Ch2)، تهیه و نصب کنتور هوشمند آب و برق (Ch3) مطرح می باشد. در بررسی سناریوی دوم (S2) اقدامات اجرا شده عملکرد و اثربخشی گروه های گشت و بازرسی در جلوگیری از برداشت های غیرمجاز از رودخانه با بیش ترین امتیاز و رتبه نسبت به سایر گزینه ها ارزیابی شده است. طبق بررسی های میدانی و مباحثه با کارشناسان دفتر استانی ستاد احیای دریاچه ارومیه با وجود این که یکی از مؤثرترین راه های احیای آبخوان، کاهش آب مصرفی بخش کشاورزی عنوان شده اما با بررسی پرسشنامه تکمیل شده، این گزینه به عنوان آخرین راه کار و با کسب کم ترین رتبه از بین تمام گزینه های اجرایی، توسط کارشناسان خبره ارزیابی شده است. با نگاه ژرف تر به وضعیت موجود، نظر به این که الگوی کشت باغی در سال های اخیر افزایش یافته و از طرفی کشاورزی به عنوان اولین فرصت شغلی در شهرستان ارومیه که بیش ترین شاغلین را نه تنها در شهرستان بلکه در استان به خود اختصاص داده است، بنابراین کشاورزان در این حوضه برای تأمین امرار و معاش زندگی خود دست به هر کاری زده تا

رتبه های برتر قرار داشته و امتیاز این اقدامات و رتبه آن ها نسبت به سایر گزینه چه مقدار خواهد بود.

براساس توضیحات ارائه شده در خصوص گام های تشکیل ماتریس راه حل ایده آل برای هر سناریو در جدول (۳) ماتریس راه حل سناریوی S1 ارائه شده است.

**Table 3. The results of the ideal matrix of scenario S1**

Rank	Rating	Options	Rank	Rating	Options
10	0.306	Ch8	1	0.3351	Ch18
11	0.3054	Ch4	2	0.3333	Ch10
12	0.2882	Ch7	3	0.3262	Ch14
13	0.2828	Ch2	4	0.3217	Ch6
14	0.2789	Ch15	5	0.3213	Ch13
15	0.2601	Ch3	6	0.3134	Ch17
16	0.2521	Ch5	7	0.313	Ch14
17	0.2497	Ch9	8	0.3119	Ch12
18	0.2263	Ch1	9	0.3093	Ch11

بر این اساس اولین گزینه در احیای آبخوان، احداث گلخانه (Ch18)، تکمیل شبکه های آبیاری و زهکشی شهرچای، نازلو و باراندوز (Ch10)، اجرای طرح های آبیاری تحت فشار و کم فشار در شبکه های آبیاری و زهکشی توسط جهاد کشاورزی (Ch14)، اثربخشی گروه های گشت و بازرسی به منظور جلوگیری برداشت از رودخانه (Ch6) و اجرای طرح آبیاری تجمیعی تحت فشار و کم فشار در سطح شبکه های کشاورزی (Ch13) رتبه بندی شده است. در بررسی سناریوی اول (S1)؛ تنها یک گزینه از پنج گزینه اول این سناریو از دسته اقدامات انجام شده می باشد. این بدان معنی است که از نظر کارشناسان خبره هنوز اقدام مؤثری در خصوص احیای آبخوان دشت ارومیه صورت نگرفته و نیازمند اقدامات تکمیلی در جهت احیای آبخوان دشت می باشد.

سناریوی دوم (S2)؛ هدف از این سناریو تحلیل اقدامات انجام شده بوده تا نتیجه هر یک از اقدامات انجام شده در راستای مصوبات ستاد احیا و موافقت نامه های طرح احیا و تعادل بخشی از نظر کارشناسان خبره رتبه بندی شود. براساس توضیحات ارائه شده در خصوص گام های

شده است. براساس توضیحات ارائه‌شده در خصوص گام‌های تشکیل ماتریس راه‌حل ایده‌آل برای هر سناریو در جدول (۶) ماتریس راه‌حل سناریوی S4 ارائه شده است.

**Table 6. The results of the ideal matrix of scenario S4**

Rank	Rating	Options
1	0.844	Ch10
2	0.8251	Ch14
3	0.7899	Ch17
4	0.7882	Ch15
5	0.7778	Ch11

گزینه‌های اول مطرح از بین گزینه‌های پیشنهادی بلندمدت، تکمیل شبکه‌های آبیاری و زهکشی شهرچای، نازلو و باراندوز (Ch10)، اجرای طرح تحویل حجمی آب در نقاط تحویل آب با توجه به الگوی کشت و مساحت زیردست نقطه تحویل (Ch14)، ایجاد اشتغال با توسعه طرح‌های صنعتی و ایجاد رونق تولید بدون وابستگی به بخش کشاورزی (Ch17)، اجرای طرح شکل‌ها و نمایندگان آب بران در نقاط تحویل آب توسط جهاد کشاورزی (Ch15) و سازگاری با تغییر اقلیم با اجرای طرح‌هایی چون تغییر الگوی کشت و استفاده از محصولات کم‌آب بر (Ch11) می‌باشد. در بررسی سناریوی چهارم (S4)، نتایج نشان داد که به‌منظور اجرای طرح‌های بلندمدت طراحی‌شده علاوه بر اختصاص اعتبار کافی بایستی استقبال عمومی و اجتماعی جهت اجرای گزینه‌های مطرح‌شده وجود داشته باشد؛ بنابراین اجرای آن‌ها مستلزم زمان و فرهنگ‌سازی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش میزان تأثیرگذاری اقدامات انجام‌شده در راستای احیای آبخوان و به موازات آن، اثر پارامترهای بارندگی سالیانه و کاهش برداشت از آب زیرزمینی، بر روی تغییرات تراز آبخوان دشت ارومیه با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که

نیاز آبی محصولات باغی و زراعی خود را تأمین کنند. پس در این شرایط عملکرد گروه‌های گشت و بازرسی به‌عنوان مهم‌ترین عامل احیای آبخوان انتخاب شده است.

سناریوی سوم (S3): هدف از این سناریو تحلیل و رتبه‌بندی گزینه‌هایی است که در کوتاه‌مدت بر احیای آبخوان تأثیرگذار خواهد بود. براساس توضیحات ارائه‌شده در خصوص گام‌های تشکیل ماتریس راه‌حل ایده‌آل برای هر سناریو در جدول (۵) ماتریس راه‌حل سناریوی S3 ارائه شده است.

**Table 5. The results of the ideal matrix of scenario S3**

Rank	Rating	Options
1	0.8486	Ch18
2	0.811	Ch13
3	0.7843	Ch12
4	0.7672	Ch8

گزینه اول پیشنهادی به‌منظور احیای آبخوان در کوتاه‌مدت، احداث گلخانه (Ch18)، اجرای طرح‌های آبیاری تجمیعی تحت فشار و کم‌فشار توسط سازمان جهاد کشاورزی (Ch13)، اجرای طرح چاه‌های تجمیعی و کاهش تراکم چاه‌های مجاز به‌منظور حفظ آبخوان (Ch12) و تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب (Ch8) مطرح می‌باشند. در بررسی سناریوی سوم (S3)، نشان داد که می‌توان با اختصاص اعتبار مالی کافی و ایجاد توجیه اقتصادی، کشاورزان را به احداث گلخانه تشویق کرد. همچنین با اجرای طرح‌های تجمیعی چاه‌های مجاز کشاورزی، اجرای طرح‌های تجمیعی آبیاری تحت فشار و کم‌فشار و تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب می‌توان به احیای آبخوان دشت ارومیه کمک کرد. از ویژگی مثبت طرح‌های پیشنهادی مذکور این است که هر کدام به لحاظ اجتماعی، آمادگی و پذیرش عمومی دارد.

سناریوی چهارم (S4): هدف از این سناریو تحلیل و اولویت‌بندی در انتخاب گزینه‌هایی است که اجرا و تأثیرگذاری آن‌ها نیازمند زمان بیش‌تری بوده، در نظر گرفته

### تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

### منابع

- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications, Springer, Berlin.
- Chang, Ni-Bin., Wen, C.G., & Chen, Y.L. (1997). Theory and Methodology a fuzzy multi-objective programming approach for optimal management of the reservoir watershed, *European Journal of Operational Research*, 99, 289-302.
- Cieniawski, S.E., Wayland Eheart, J., & Ranjithan, S. (1995). Using genetic algorithms to solve a multiobjective groundwater-monitoring problem. *Water Resources Research*, 31(2), 399-409.
- Farzaneh, M.R., Bagheri, A., & Moemeni, F. (2019). A criticism to framework of groundwater resources reclamation and suggesting alternative method to the implement in Rafsanjan region. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(1), 169-185. (In Persian)
- Fernández, J.M., & Selma, M.A.E. (2004). The dynamics of water scarcity on irrigated landscapes: Mazarrón and Aguilas in south-eastern Spain. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 20(2), 1-117.
- Ghadimi, S., & Ketabchi, H. (2019). Impact assessment of different management strategies implementation on the aquifer using numerical simulation (Case study: Namdan aquifer, Fars province, Iran). *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(6), 1-23. (In Persian)
- Hafez Parast, M., & Araghi Neghad, Sh. (2010). MCDM for Sustainable Development of the Watershed Using Sustainable Indices of Water Resources, 1st Iranian National Conference on Applied Research in Ware Resources. University of Kermanshah, Kermanshah, Iran. (In Persian)
- Hagos Subagadis, Y. (2015). A New Integrated Modeling Approach to Support Management Decisions of Water Resources Systems under Multiple, Faculty of Environmental Sciences, Technische Universität Dresden, Ph.D. Thesis.
- Hassani, Y., & Hashemi Shahdani, S.M. (2020). Assigning appropriate irrigation water price based on probable reaction of farmers and inter-sectorial effects of the price (Case Study: Roodasht Irrigation District). *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(5), 169-164. (In Persian)

افزایش بارندگی و در نتیجه کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی هم چنان مؤثرترین عامل در بهبود نسبی وضعیت کمی آبخوان می باشد. در ضمن با بررسی میزان بارش در چند سال اخیر در دشت ارومیه می توان اظهار داشت که علاوه بر تغییر میزان بارندگی به عنوان اصلی ترین عامل، گزینه های Ch6، Ch7 و Ch4 از دسته اقدامات طرح احیا و تعادل بخشی (اجرا شده) در بهبود تراز آب زیرزمینی مؤثر می باشد. در نهایت در جدول (7) نتایج تحلیل گزینه های حل مسئله تحت سناریوهای مختلف مدیریتی ارائه شده است.

**Table 7. Result of Options Analysis for Management Aspects**

Options	Rank	Rating	Scenarios	Options	Rank	Rating	Scenarios
Ch18	1	0.8486	S3	Ch18	1	0.3351	S1
Ch13	2	0.811		Ch10	2	0.3333	
Ch12	3	0.7843		Ch14	3	0.3262	
Ch8	4	0.7672		Ch6	4	0.3217	
Ch10	1	0.844	S4	Ch6	5	0.3213	S2
Ch14	2	0.8251		Ch6	1	0.817	
Ch17	3	0.7899		Ch4	2	0.7583	
Ch15	4	0.7882		Ch7	3	0.7233	
Ch11	5	0.7778		Ch2	4	0.7082	
				Ch3	5	0.6423	

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با همکاری بی دریغ و حمایت معنوی شرکت آب منطقه ای آذربایجان غربی و دفتر استانی ستاد احیای دریاچه ارومیه انجام شده، که بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی می گردد.

### بی نوشت ها

- Multiple Attribute Decision Making (MADM)
- Multi Criteria Decision Making (MDCM)
- Analytical Hierarchy Process (AHP)
- Multi-Objective
- Hybrid Fuzzy Analytical Network Process methods (FANP)
- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
- Fuzzy Logic

10. Higgins, A., Archer, A., & Hajkowicz, S. (2008). A Stochastic Non-linear Programming Model for a Multi-period Water Resource Allocation with Multiple Objectives. *Journal of Water Resources Management*, 22, 1445-1460.
11. Javidi Sabbaghian, R., Zarghami, M., Nejadhashemi, A. Pouyan., Sharifi, M. B., Herman, M. R., & Daneshvar, F. (2016). Application of risk-based multiple criteria decision analysis for selection of the best agricultural scenario for effective watershed management. *Journal of Environmental Management*, 168, 260-272.
12. Jonoubi, R. (2011). Investigation of Modern Irrigation and Drainage Networks on Groundwater Resource Model (Case Study: Urmia Plain), West Azerbaijan United, Thesis, Urmia University, Iran. 140p. (In Persian)
13. Kamab Co. (2010). Studies of Review and Balance of Urmia Plain Water Balance, West Azerbaijan Regional Water Co. Technical Report. (In Persian)
14. Kardan Moghadam, H., Banihabib, M.E., & Javadi, S. (2018). Evaluation of the effect of artificial nutrition on aquifer balance using stability index. *Eco-Hydrology*, 4(4), 1241-1253. (In Persian)
15. McPhee, J., W.-G Yeh, W., & Hon. M. (2004). Multi-objective Optimization for Sustainable Groundwater Management in Semiarid Regions. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(6), 490-497.
16. Mian Abadi, H., & Afshar, A. (2010). Making Decision by Heterogeneous Fuzzy for Integrated Water Resource Management. *Journal of Civil Engineering Sharif University*, 27-2(4), 123-131. (In Persian).
17. Moradi, M., & Akhtar Kavan, M. (2010). Methodology of Multi Criteria Decision Making (MCDM). *Journal of ARMANSHAHR*, 2(2), 113-125. (In Persian)
18. Pietersen, K. (2006). Multiple criteria decision analysis (MCDA): A tool to support sustainable management of groundwater resources in South Africa. *Water SA.*, 32(2), 119-128.
19. Quaddusa, M.A., & Siddique, M.A.B. (2001). Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach. *Journal of Environment International*, 27, 89-95.
20. Rahmani, H. (2017). Necessities of Implementation of the Plan for Restoration and Balancing of Groundwater Resources of the Country, 6th Iranian National Water Resources Management Conference, Kordestan University, Kordestan. (In Persian)
21. RazaviToosi, S.L., & Samani, J.M.V. (2016). Evaluating water management strategies in watersheds by new hybrid Fuzzy Analytical Network Process (FANP) Methods. *Journal of Hydrology*, 534, 364-376.
22. Rikhtegar, N., Mansouri, N., Ahadi Oroumieh, A., & Yazdani-Chamzini, A. (2014). Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects. *Economic Research- Ekonomiska Istraživanja*, 27 (1), 378-392.
23. Safari, N., & Zarghami, M. (2014). Allocating the Surface Water Resources of the Urmia Lake Basin to the Stakeholder Provinces by Distance Based Decision Making Methods. *Water and Soil Science*, 23(1), pp. 135-149. (In Persian)
24. Shahraki, A.S., Shahraki, J., & Hashemi Monfared, S.A. (2018). Application of Fuzzy Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS) to Prioritize Water Resource Development Economic Scenarios in Pishin Catchment. *International Journal of Business and Development Studies*, 10(1), 77-94.
25. Stewart, Theodor J., Scott, Leanne. (1995). A scenario-based framework for multicriteria decision analysis in water resources planning. *Journal of water resources research*, 31(11), 2835-2843.
26. Xevi, E., & Khan, S. (2005). A multi-objective optimisation approach to water management. *Journal of Environmental Management*, 77, 269-277.
27. Zarghami, M., & Ehsani, A. (2011). Evaluation of different Group Multi-Criteria Decision Making Methods in Selection of Water Transfer Projects to Urmia Lake Basin. *Iran-Water Resources Research*, 7(2), 1-14. (In Persian)