



Feasibility study and integrated water resources management: Garmsar alluvial fan

Mehran Hosseini^{1*}, Javad Hosseini²

1. Master of Geography and Urban Planning, Garmsar Branch, and Expert of Garmsar Plain Water Resources and Drainage Company

2. PhD student in Geography and Urban Planning, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Corresponding Author email: mehra.h.ac.garmsar1357@gmail.com

© The Author(s) 2025

Received: 04 Dec 2024

Accepted: 09 Feb 2025

Published: 09 Feb 2025

Abstract

In regions where both groundwater and surface water resources are utilized, groundwater serves as a suitable option for water supply during periods of river water shortages. The purpose of the research is to study the feasibility and management of integrated water resources utilization in the Garmsar alluvial fan. The research adopts an applied-theoretical approach in terms of objectives and a descriptive-analytical method in terms of methodology. Information and data were collected through both library research and field studies. First, the research factors were identified and extracted, then weighting using the SECA method. The feasibility and management study of integrated water resource utilization in arid regions, especially in marginal areas of Iran such as the Garmsar alluvial fan, are of great importance. The results indicate that optimal utilization of water supplied by the Garmsar alluvial fan requires implementing integrated and sustainable management methods. This includes the optimal use of drip irrigation in agriculture and improved coordination between urban and rural water use to ensure sustainable resource management. Overall, this research underscores the need to develop comprehensive, evidence-based strategies for water resources management in the arid regions of Iran, balancing sustainable development with natural resource conservation. Accordingly, the climate criterion with a weight of 0.1817 was identified as the highest priority, followed by the water consumption rate criterion (0.1564) and the water resources quality criterion (0.1521). Among the evaluated options, efficiency and productivity of resource use ranked first, Sustainability of water resources ranked second, and management and policy-making systems ranked third.

Keywords: Feasibility study, Exploitation management, Water resources, Garmsar alluvial fan, SECA method



مطالعه امکان‌سنجی و مدیریت بهره‌برداری تلفیقی منابع آب: مخروطافکنه گرمسار

مهران حسینی^{۱*}، جواد حسینی^۲

۱. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری واحد گرمسار و کارشناس شرکت بهره‌برداری از منابع آب و زهکشی دشت گرمسار، ایران
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: mehra.h.ac.garmsar1357@gmail.com

© The Author(s) 2025

چاپ: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴

چکیده

در مناطقی که استفاده تلفیقی از سفره آب زیرزمینی و رودخانه انجام می‌گیرد، سفره آب زیرزمینی در مواقع کم‌آبی‌های رودخانه به عنوان گزینه مناسبی جهت بهره‌برداری از منابع آب محسوب می‌شود. مطالعه امکان‌سنجی و مدیریت بهره‌برداری تلفیقی از منابع آبی در مناطق کویری، به ویژه در نواحی حاشیه‌ای ایران مانند مخروطافکنه گرمسار، از اهمیت زیادی برخوردار است. این تحقیق بر لزوم تدوین راهبردهای جامع و مبتنی بر شواهد جهت مدیریت منابع آبی در مناطق حاشیه کویری ایران تأکید دارد که می‌تواند به حفظ تعادل بین توسعه پایدار و حفاظت از منابع طبیعی کمک کند. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی - نظری و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شدند. در این پژوهش ابتدا عوامل پژوهش شناسایی و استخراج شده سپس عوامل با روش SECA وزن‌دهی شدند. بر این اساس معیار آب و هوا با وزن ۰/۱۸۱۷ اولویت اول، معیار نرخ مصرف شده آب با وزن ۰/۱۵۶۴ اولویت دوم و معیار کیفیت منابع آب با وزن ۰/۱۵۲۱ اولویت سوم را کسب کردند. از بین گزینه‌ها نیز کارایی و بهره‌وری استفاده از منابع رتبه اول، پایداری منابع آبی رتبه دوم و نظام مدیریت و سیاستگذاری رتبه سوم را کسب کردند. نتایج نشان دادند رویکردهای نوین و تلفیقی در مدیریت منابع آب می‌توانند به بهبود وضعیت منابع آبی و توسعه پایدار کمک کنند و بهره‌برداری پایدار منابع آبی مستلزم اجرای روش‌های مدیریت یکپارچه و پایدار است.

واژه‌های کلیدی: مطالعه امکان‌سنجی، مدیریت بهره‌برداری، منابع آب، مخروطافکنه گرمسار، روش SECA

۱- مقدمه

۱-۱- بیان مساله

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت، تغییر و ارتقا استانداردهای زندگی و گسترش مناطق شهری و صنعتی سبب رشد روزافزون تقاضای آب در مناطق مختلف دنیا شده است. روند رو به رشد تقاضا در حالی است که محدودیت منابع آب به خصوص منابع آب شیرین به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا افزایش یافته است. با توجه به شناخت مناسب از منابع آب، آب سطحی و رودخانه‌ها که تمرکز و شدت جریان سطحی در آن‌ها بیش از سایر مناطق است، به عنوان اولین گزینه‌های مطرح جهت استحصال و مصرف در این مناطق می‌باشد (Sedghi et al., 2020). آب نیاز اولیه و اساسی برای حفظ بقا، توسعه صنایع و رونق اقتصادی می‌باشد. به عبارتی دیگر کلید توسعه در گرو گسترش منابع آب و استفاده بهینه از آن است. برای رسیدن به این مهم، مدیریت جامع منابع آب امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از جنبه‌های مدیریت جامع منابع آب، بحث بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی است (Shamsai & Forghani, 2011). منابع آب که از اجزای بنیادی در توسعه پایدار روستایی است باید ابعاد آنرا به دقت شناخت و امکان‌دستیابی به آن برای روستاییان فراهم شود. مدیریت تأمین و توسعه منابع آب به عنوان یک عامل پویا و موثر در جهت سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و ایجاد امکانات لازم برای بهره‌گیری از منابع آب، از سال‌ها پیش شکل گرفته و توجه عمده خود را به توسعه منابع آب، موضوعات محیط‌زیستی، سیاسی، حقوقی و سازمانی معطوف کرده است (Taleshi & Kaffash, 2019). لزوم استفاده بهینه از منابع آب در بهره‌برداری تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی، امری ضروری است. چگونگی تخصیص بهینه منابع آب به عواملی مانند خصوصیات آب‌شناسی، اقتصادی و محیط‌زیستی بستگی دارد (Taleb Bidukhti et al., 2020). از دیدگاه شورای جهانی آب، ایجاد تعادل بین منابع آب موجود و زمین‌های قابل کشت، استفاده مجدد از آب در تمامی بخش‌های صنعتی، اجرای شیوه‌های نو در پالایش کیفی منابع آب، تدوین استانداردها و ایجاد تعادل درازمدت بین عرضه و تقاضا از جمله مهم‌ترین شاخص‌های کمی و کیفی مدیریت پایدار منابع آب است (Ahmadi, 2021). بهبود منابع آب برای حفاظت از محیط زیست، توسعه اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی در یک کشور ضروری است. از طرفی در سال‌های اخیر، افزایش نیاز به آب و کاهش کیفیت و آلودگی منابع آب موجب بالا رفتن اهمیت بهره‌برداری مناسب از منابع آب زیرزمینی و سطحی شده است (Atashi Yazdi et al., 2023). یکی از راه‌های موثر برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب و کاربری اراضی است. وجود آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی در سطح زمین و نفوذ این آلاینده‌ها به آبخوان موجب کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شود. ارزیابی آسیب‌پذیری روشی کم‌هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است که در مدیریت منابع آب نقش اساسی دارد (Elzain et al., 2022). در مورد مدیریت بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی مطالعات مختلفی در سالهای گذشته انجام گرفته است:

(Dashti et al., 2007) در مطالعه‌ای با عنوان مدیریت بهره‌برداری تلفیقی از سیستم منابع آب سطحی و زیرزمینی در مواقع کم آبی مدلی ارائه دادند که بتواند با تلفیق بهینه از آب سطحی و زیرزمینی به خصوص در شرایط کم‌آبی‌ها، الگوی مناسبی را جهت بهره‌برداری ارائه کند. در گام اول شبیه‌سازی سیستم رودخانه و سفره به صورت عددی انجام گردید. پس از مرحله کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، بهره‌برداری بهینه از سفره و منابع آب سطحی توسط مدل بهینه‌سازی و با استفاده از نتایج مدل شبیه‌سازی و با پیشینه در نظر گرفتن برداشت از آبخوان و رودخانه در مقیاس سالانه و ماهانه و برای شرایط معمول و کم آبی صورت گرفت. نتایجی که از این تحقیق به دست آمد عبارت بود از مشاهده رابطه خطی بین برداشت از آبخوان و افت سطح آب توسط مدل شبیه‌سازی، افت شدید سطح آب با توجه به آرایش فعلی چاه‌های بهره‌برداری در منطقه، امکان استفاده بیشتر از آبخوان با توجه به آرایش جدید چاه‌ها، ارائه دو نمونه آرایش پیشنهادی چاه‌های بهره‌برداری در قسمت‌های مختلف دشت برای شرایط کم آبی‌ها و تعیین مقادیر بهینه برداشت از رودخانه و آبخوان برای شرایط مختلف آبدهی رودخانه.

(Shamsai & Forghani, 2011) در پژوهشی با عنوان بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در مناطق خشک به این نتیجه رسیدند که یکی از جنبه‌های مدیریت جامع منابع آب، بحث بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی است. در این پژوهش موضوع بهره‌برداری تلفیقی در مناطق خشکی که فقط دارای منبع آب سطحی انتقالی بوده و فاقد دیگر منابع آب سطحی می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور ابتدا آب زیرزمینی منطقه توسط مدل Modflow-Pmwin شبیه سازی شد. از نتایج حاصل از مدل شبیه‌سازی، در تدوین مدل بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک استفاده گردید و گزینه‌های مختلف در جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب بررسی شدند.

(Zibae et al., 2013) پژوهشی با عنوان ارزیابی سناریوهای استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت فیروزآباد فارس انجام دادند. برای ارزیابی سناریوهای مختلف استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت فیروزآباد فارس یک مدل ریاضی ارائه شد که در آن محدودیت‌های هیدرولوژیکی و مدیریتی برای رسیدن به الگوهای کشت بهینه به منظور استفاده‌ی بهینه از منابع آب در راستای حداکثر کردن بازده برنامه‌ای لحاظ شد. نتایج نشان داد که استفاده‌ی توامان آب سطحی و زیرزمینی اطمینان نسبت به منابع آب را بهبود می‌بخشد که می‌تواند زیان ناشی از عدم حتمیت مربوط به آب را کاهش دهد و بنابراین همچون یک سیستم مدیریت ریسک علیه عدم حتمیت آب عمل کند. همچنین نتایج نشان داد که بازده برنامه‌ای فراهم آمده از سیستم استفاده تلفیقی پیشنهادی در سطح دشت تقریباً دو برابر مقدار قبلی است یعنی از ۱۸۹ میلیارد به ۳۷۲ میلیارد ریال خواهد رسید و بهره‌وری آب به میزان ۱۳ درصد افزایش می‌یابد.

(Sajjadi et al., 2018) در پژوهشی با عنوان استخراج قوانین جیره‌بندی تلفیقی برای مدیریت بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی از مدل WEAP به عنوان شبیه‌ساز و از الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)، به عنوان بهینه‌ساز استفاده کردند و با توجه به لزوم اجرای شبیه‌سازی‌های متعدد در فرایند بهینه‌سازی جهت رسیدن به پاسخ بهینه، اتصال برنامه‌های مذکور در محیط نرم‌افزار Matlab انجام شد. به منظور بررسی عملکرد، سیاست‌های جیره‌بندی به دست آمده در دوره پایه، برای دوره آینده تحت تأثیر تغییرات اقلیمی بررسی شد. نتایج حاصل از اعمال سیاست جیره‌بندی تلفیقی نشان‌دهنده افزایش شاخص پایداری گروهی در تأمین نیازها، به میزان ۱۱ درصد نسبت به سیاست روند است، همچنین براساس شاخص پایداری گروهی در بخش منابع استفاده از سیاست جیره‌بندی تلفیقی پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی را به ترتیب به میزان ۵/۲ و ۶ درصد نسبت به سناریوی روند افزایش می‌دهد و این نشان‌دهنده عملکرد مناسب این سیاست، در مقایسه با سیاست بهره‌برداری روند بود.

(Valizadegan & Yazdanpanah, 2019) در پژوهشی با عنوان مدل کمی بهره‌برداری تلفیقی بهینه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت مهاباد یک مدل مدیریتی بر مبنای تکنیک‌های مؤثر بهینه‌سازی و شبیه‌سازی برای حل مسئله بهینه‌سازی توسعه دادند. ابتدا تغییرات سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت مهاباد با استفاده از نرم‌افزار GMS شبیه‌سازی شد. سپس بر اساس نتایج بدست آمده از این شبیه‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی آموزش داده شد تا در سیستم شبیه‌سازی - بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گیرد. جهت حل مسئله بهینه‌سازی نیز از الگوریتم ژنتیک استفاده گردید. نتایج بدست آمده حاکی از قدرت و کارایی مدل در حل مسائل بزرگ مقیاس و بهره‌برداری تلفیقی بهینه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت مهاباد است. بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق و اجرای مدل کمی بهره‌برداری تلفیقی بهینه، سهم تقریبی آب تأمین از منابع آب، به ترتیب ۵/۱۳ درصد مربوط به آب‌های سطحی و ۵/۸۶ درصد مربوط به آب‌های زیرزمینی است. بنابراین نیاز آبی منطقه باید بر اساس این درصدها تأمین گردد، تا منابع آب در حالت تعادل قرار گیرد.

(Saheb Jami et al., 2019) در پژوهشی با عنوان ارزیابی کارایی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی با لحاظ شاخص‌های اطمینان پذیری به این نتیجه رسیدند که بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی دارای چالش‌های متعدد و در عین حال پیچیده‌ای است زیرا با تنوع مصرف و نیز تعدد مصرف کنندگان مواجه است. زمانی که تعداد سدها و مخازن

سطحی در منطقه مورد مطالعاتی بیشتر شود بهره‌برداری نیز سخت‌تر می‌شود. در این مطالعه بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت اردبیل بررسی شده است. علاوه بر نیازهای شرب، صنعت و کشاورزی، تامین نیازهای زیست محیطی نیز مدنظر قرار گرفت. دو شاخص اطمینان‌پذیری زمانی و اطمینان‌پذیری حجمی نیز به عنوان شاخص‌های ارزیابی کارایی بهره‌برداری از منابع آب سطحی مورد استفاده قرار گرفتند. نتیجه مطالعه نشان داد که با آمار ۴۰ ساله و با شرایط مصرف موجود، کمبود آب در اغلب بخش‌های مصرفی فراتر از حد استاندارد است و باید برای کاهش مصارف آبی تمهیدات جدی اندیشیده شود.

(Safavi et al., 2020) در پژوهشی با عنوان مدیریت تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنیورعسل ضمن اتصال مدل‌های بهینه‌ساز و شبیه‌ساز به یکدیگر، به ارائه‌ی سیاست بهره‌برداری بهینه در ۳ دوره‌ی خشک، نرمال و ترسالی پرداختند. با توجه به نتایج حاصل، مدل شبکه‌ی عصبی منتخب با مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۹ و خطای کمتر از ۱۶٪ در بخش اعتبارسنجی توانست، عملکرد سطح ایستابی آبخوان را به خوبی شبیه‌سازی کند. در بخش بهره‌برداری تلفیقی، مدل توانست میانگین سطح ایستابی در آبخوان را به ترتیب در ۳ دوره‌ی ترسالی، نرمال و خشکسالی در منطقه‌ی چپ زیرحوضه‌ی نجف‌آباد که یکی از مهم‌ترین محدوده‌های مطالعاتی در حوضه‌ی آبریز گاوخونی است به میزان ۲/۳، ۰/۷۵ و ۱/۳۶ متر و در منطقه‌ی راست مطالعاتی به میزان ۲/۱۴، ۱/۱۴ و ۰/۸ متر بهبود بخشد.

(Moradi et al., 2022) پژوهشی با عنوان نقش دانش بومی در مدیریت منابع آب دهستان شاسکوه شهرستان زیرکوه انجام دادند. در این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی مبتنی بر اسناد، تهیه پرسشنامه محقق ساخته، بازدید میدانی و مصاحبه‌های عمیق منطبق با تجربیات، دانش‌ها و بینش افراد مورد مصاحبه در ارتباط با ناشناخته‌ها و نایافته‌های دانش بومی در حوزه مدیریت منابع آب جوامع روستایی دهستان شاسکوه انجام شد. نتایج این پژوهش بیانگر کارآمدی رویکردهای سنتی و نظام مدیریت بومی منابع آب است و نشان داد که بهره‌برداران محلی در مقوله‌های آبیاری، مدیریت ذخیره، مصرف و توزیع آب از شیوه‌های مختلف زیست بوم سازگار بهره می‌گیرند.

(Hosseini, 2024) پژوهشی با عنوان ارزیابی مدیریت و بهره‌برداری تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی در مناطق مرکزی ایران انجام داد. در این پژوهش ابتدا عوامل پژوهش شناسایی و استخراج و توسط روش DANP فازی وزن‌دهی شدند. نتایج نشان داد در مناطقی که استفاده تلفیقی از سفره آب زیرزمینی و رودخانه انجام می‌گیرد، سفره آب زیرزمینی در مواقع کم‌آبی‌های رودخانه به عنوان گزینه مناسبی جهت بهره‌برداری از منابع آب محسوب می‌شود. در این راستا آگاهی از روش‌های مدیریت و بهره‌برداری تلفیقی بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی به عنوان یکی از جنبه‌های مدیریت جامع منابع آب و عملکرد آنها در تدوین برنامه‌های مختلف مدیریت بحران، حفاظت منابع آب و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز امری ضروری به نظر می‌رسد.

در طول دهه‌های اخیر، مدیریت منابع آبی به یکی از چالش‌های حیاتی و ضروری در مناطق کویری ایران تبدیل شده است. این مسئله به ویژه در مناطق حاشیه‌ای نظیر مخروط‌افکنه گرمسار اهمیت بیشتری یافته است، جایی که کمبود طبیعی منابع آبی و توسعه روزافزون شهری و کشاورزی، نیاز به راهکارهای جدید و کارآمد در بهره‌برداری از این منابع را بیش از پیش آشکار کرده است. مناطق کویری ایران به دلیل داشتن اقلیمی خشک و بارش‌های محدود، با چالش‌های جدی در تأمین و مدیریت منابع آب روبرو هستند. در چنین شرایطی، رویکردهای سنتی در مدیریت منابع آب ناکافی به نظر می‌رسند و نیاز به ایجاد راهکارهای نوآورانه و تلفیقی برای بهره‌برداری از منابع آب، ضروری است. مخروط افکنه گرمسار به عنوان یکی از مناطق مهم و استراتژیک در حاشیه کویر، نمونه‌ای بارز از مناطقی است که برای حفظ تعادل اکولوژیکی و توسعه پایدار نیازمند مدیریت دقیق و کارآمد منابع آبی است. این پژوهش با هدف مطالعه امکان‌سنجی و مدیریت بهره‌برداری تلفیقی منابع آب مخروط‌افکنه گرمسار انجام شده است. همچنین بر آن است تا با پرداختن به چالش‌ها و فرصت‌های موجود، نقشی فعال در ارتقای آگاهی و توسعه سیاست‌های مناسب جهت مدیریت پایدار منابع آب در سطح ملی و منطقه‌ای ایفا کند. نتایج این تحقیق می‌تواند راهگشای دستیابی به

راه‌حل‌های کارآمدتر و توسعه‌یادارتر برای بهره‌برداری از منابع آب در محیط‌های مشابه شود و به بهبود کیفیت زندگی ساکنان شهرها و روستاهای حاشیه کویر کمک کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان گرمسار که از نظر جغرافیایی غربی‌ترین شهرستان استان سمنان است. از شمال به شهرستان داموند از غرب به شهرستان ورامین از شرق به شهرستان آران و از جنوب به کویر مرکزی و در نهایت به شهرستان نائین استان اصفهان محدود می‌شود. گرمسار در طول جغرافیایی بین ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی بین ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه واقع شده است. ارتفاع متوسط گرمسار از سطح دریا ۸۵۶ متر است فاصله شهر گرمسار تا مرکز استان ۱۱۰ کیلومتر و تا تهران ۹۵ کیلومتر است. مساحت شهرستان گرمسار ۵۱۸۲ کیلومتر مربع است (Aghvami & Kamyabi, 2023). مخروط افکنه گرمسار در غرب استان سمنان و بین ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی، در دامنه جنوبی رشته کوه البرز، حبله‌رود هم‌زمان با حفر و ایجاد دره، مخروط‌افکنه گرمسار را در پای این رشته کوه و شمال دشت ایجاد کرده است. قبل از احداث بند انحرافی بن‌کوه در ابتدای مخروط‌افکنه، پنج آبراهه وجود داشت که در فاصله کمی از آبراهه‌ها، نهشته‌گذاری نسبتاً مهمی از مواد درشت دانه صورت گرفته است. در حال حاضر، بقایای پنج مسیل اصلی که از منطقه رأس مخروط‌افکنه عبور کرده است، دیده می‌شود (Shayan et al., 2013) (شکل ۱).

شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

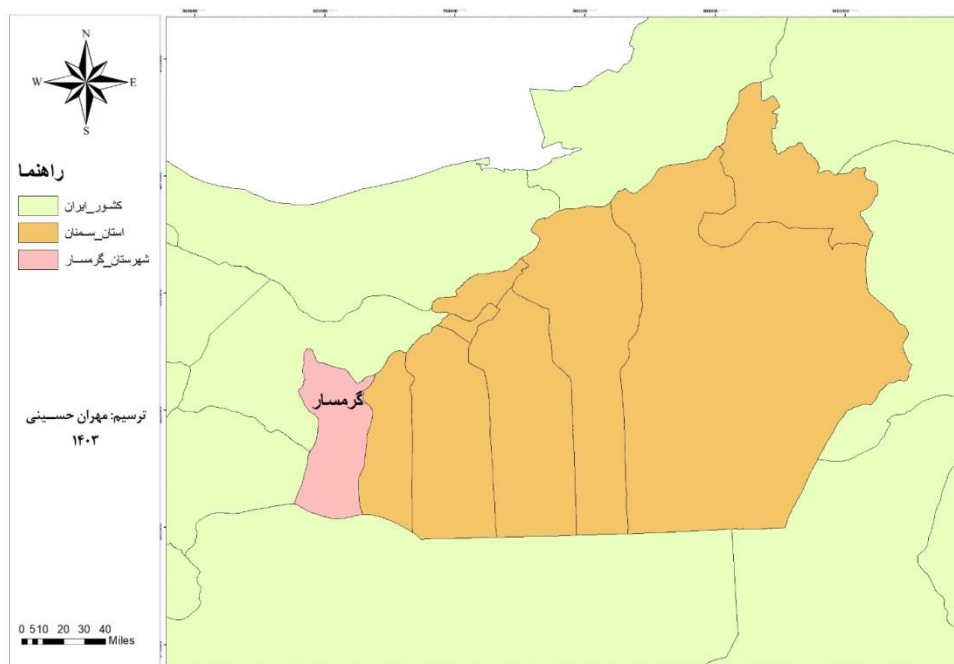


Fig. 1 Study area

۲-۲- روش پژوهش

تحقیق حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی پیمایشی می‌باشد. اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. در شیوه کتابخانه‌ای ابتدا به منظور بررسی سوابق و پیشینه

موضوع و تبیین چارچوب نظری - مفهومی پژوهش، کتب، مقالات و پایان‌نامه‌های موجود مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعات میدانی نیز با استفاده از مشاهده، مراجعه به سازمان‌ها و ادارات، داده‌های موردنیاز تحقیق جمع‌آوری شد. در تنظیم اطلاعات و محاسبات در این پژوهش از ابزارها و تکنیک‌های جغرافیایی، نرم‌افزار GIS و مدل SECA¹ استفاده شده است. روش SECA از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش است. تفاوت آن با بقیه روش‌ها این است که در روش‌های مشابه که رتبه‌بندی گزینه انجام می‌دهند وزن معیارها با روش ثانویه دیگری اول محاسبه شده و سپس به‌عنوان ورودی به این روش‌ها داده می‌شود اما در روش SECA هم وزن معیار و هم رتبه‌بندی گزینه‌ها با هم صورت می‌گیرد که این باعث ایجاد دقت بیشتر و نتایج بهتر در محاسبات می‌شود. از طرفی ورودی این روش هم معیارهای کیفی و هم کمی را شامل می‌شود که این مورد نیز انعطاف‌پذیری این روش را افزایش می‌دهد. عوامل پژوهش در قالب ۳ متغیر بر اساس ۷ معیار تعریف شدند که مدل سلسله مراتبی آنها در شکل (۲) آورده شده است.

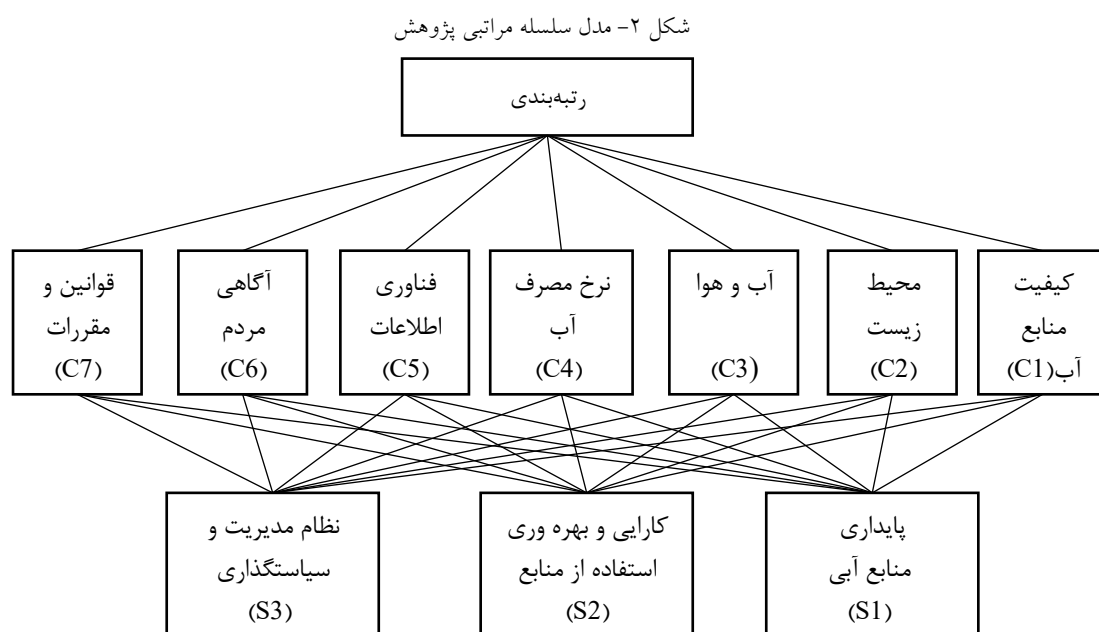


Fig 2. Research hierarchical model

۳- نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از روش SECA شامل موارد ذیل است:

۳-۱- تشکیل ماتریس تصمیم

اولین گام در روش SECA تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم این روش یک ماتریس سطری-ستونی می‌باشد که سطرها را ۳ گزینه پژوهش و ستون‌ها را ۷ معیار تشکیل می‌دهند. این ماتریس تصمیم توسط ۱۳ خبره بر اساس طیف ۱ تا ۵ لیکرت (۱=اهمیت خیلی کم، ۲=اهمیت کم، ۳=اهمیت متوسط، ۴=اهمیت زیاد، ۵=اهمیت خیلی زیاد) تکمیل شدند. سپس امتیازها با روش میانگین حسابی ادغام و تحت عنوان ماتریس تصمیم در جدول (۱) آورده شده است.

¹ Simultaneous Evaluation of Criteria and Alternatives

جدول ۱- ماتریس تصمیم

Table 1. Decision matrix

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
S1	۳/۰۷۷	۲/۸۴۶	۳/۶۱۵	۲/۳۰۸	۳/۰۷۷	۳/۴۶۲	۳/۳۰۸
S2	۳/۱۵۴	۳/۶۱۵	۳/۳۰۸	۲/۸۴۶	۴/۰۰۰	۳/۸۴۶	۳/۷۶۹
S3	۲/۱۵۴	۲/۰۷۷	۲/۰۷۷	۳/۱۵۴	۲/۸۴۶	۳/۹۲۳	۴/۰۰۰

۳-۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

این بخش برای نرمال‌سازی استفاده می‌شود. در این پژوهش تمامی معیارها جنبه مثبت دارند. ماتریس نرمال در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- ماتریس نرمال

Table 2. Normal matrix

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
S1	۰/۹۷۶	۰/۷۸۷	۱/۰۰۰	۰/۷۳۲	۰/۷۶۹	۰/۸۸۲	۰/۸۲۷
S2	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۱۵	۰/۹۰۲	۱/۰۰۰	۰/۹۸۰	۰/۹۴۲
S3	۰/۶۸۳	۰/۵۷۴	۰/۵۷۴	۱/۰۰۰	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

۳-۳- تعیین مقدار π_j

در این بخش میزان اختلاف همبستگی یک معیار با دیگر معیارها محاسبه می‌شود. بر این اساس ابتدا باید r_{jl} که همبستگی بین معیارها می‌باشد محاسبه گردد و بر اساس مقدار همبستگی هر معیار از عدد ۱ کم شود سپس به صورت سطری جمع - شوند که نتایج در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- مقادیر π_j Table 3. π_j values

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	π_j
C1	۰	۰/۱۰۱	۰/۰۳۳	۱/۷۳۲	۰/۲۹۵	۱/۵۷۳	۱/۷۰۹	۵/۴۴۴
C2	۰/۱۰۱	۰	۰/۲۴۴	۱/۳۵۹	۰/۰۵۵	۱/۱۵۶	۱/۳۲۷	۴/۲۴۳
C3	۰/۰۳۳	۰/۲۴۴	۰	۱/۸۸۲	۰/۵۰۰	۱/۷۶۴	۱/۸۶۶	۶/۲۹۰
C4	۱/۷۳۲	۱/۳۵۹	۱/۸۸۲	۰	۱/۰۳۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۶/۰۳۱
C5	۰/۲۹۵	۰/۰۵۵	۰/۵۰۰	۱/۰۳۴	۰	۰/۸۲۴	۱/۰۰۰	۳/۷۰۷
C6	۱/۵۷۳	۱/۱۵۶	۱/۷۶۴	۰/۰۲۲	۰/۸۲۴	۰	۰/۰۱۶	۵/۳۵۵
C7	۱/۷۰۹	۱/۳۲۷	۱/۸۶۶	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰	۵/۹۱۸

۳-۴- تعیین مقادیر نرمال π_j و σ_j

در این بخش با استفاده از مقادیر نرمال، π_j و σ_j محاسبه می‌شود مقدار π_j در مرحله قبل محاسبه شد که برای نرمال‌سازی آن باید هر π_j را بر جمع کل π_j ها تقسیم کرد تا مقادیر نرمال حاصل شود. برای مقدار نرمال σ_j نیز باید ابتدا مقدار σ_j که همان

انحراف معیار است را محاسبه کرد جهت نرمال‌سازی هر σ_j بر جمع کل σ_j ها تقسیم می‌شود. نتایج در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴- مقادیر π_j و σ_j نرمال

Table 4 . Normalized π_j and σ_j values

	σ_j نرمال	π_j نرمال
C1	۰/۱۶۷۴	۰/۱۴۷۲
C2	۰/۲۰۱۹	۰/۱۱۴۷
C3	۰/۲۱۳۶	۰/۱۷۰۱
C4	۰/۱۲۸۸	۰/۱۶۳۰
C5	۰/۱۴۴۸	۰/۱۰۰۲
C6	۰/۰۵۹۸	۰/۱۴۴۸
C7	۰/۰۸۳۶	۰/۱۶۰۰

۳-۵- تشکیل مدل بهینه‌سازی و حل آن

در این بخش در واقع یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی تشکیل و توسط نرم افزار Lingo حل گردید. در این مدل به ازای مقادیر β از ۰/۱ تا ۷ مدل اجرا شده است و در هر بار اجرا وزن معیارها و امتیاز گزینه‌ها حاصل شده است که مقادیر وزن معیارها (W) و امتیاز گزینه‌ها (A) به ترتیب در جداول ۵ و ۶ به ازای مقادیر مختلف β آورده شده است.

جدول ۵- وزن معیارها به ازای مقادیر مختلف β

Table 5. Weights of criteria for different values of β

	β										
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶
C1	۰/۱۸۰۰	۰/۱۷۰۷	۰/۱۵۰۶	۰/۱۳۷۵	۰/۱۳۱۳	۰/۱۳۰۱	۰/۱۴۳۷	۰/۱۴۸۲	۰/۱۵۱۵	۰/۱۵۲۱	۰/۱۵۳۰
C2	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۱۸	۰/۰۵۵۱	۰/۰۶۸۰	۰/۱۰۳۹	۰/۱۳۱۱	۰/۱۴۰۱	۰/۱۴۵۸	۰/۱۴۷۷	۰/۱۴۹۵
C3	۰/۱۳۹۸	۰/۱۵۶۳	۰/۱۴۲۶	۰/۱۳۶۱	۰/۱۲۷۷	۰/۱۳۷۶	۰/۱۶۴۶	۰/۱۷۳۷	۰/۱۸۱۷	۰/۱۸۱۷	۰/۱۸۳۵
C4	۰/۱۲۷۲	۰/۱۸۷۳	۰/۱۹۹۸	۰/۲۱۱۳	۰/۲۰۹۶	۰/۱۹۸۰	۰/۱۷۱۹	۰/۱۶۳۲	۰/۱۵۹۱	۰/۱۵۶۴	۰/۱۵۴۶
C5	۰/۰۰۱۰	۰/۰۱۷۲	۰/۰۵۴۴	۰/۰۶۸۵	۰/۰۸۱۸	۰/۱۰۲۵	۰/۱۱۲۵	۰/۱۱۵۹	۰/۱۱۶۱	۰/۱۱۸۲	۰/۱۱۸۹
C6	۰/۳۰۶۶	۰/۲۴۲۱	۰/۲۱۰۶	۰/۱۸۹۷	۰/۱۸۴۳	۰/۱۵۴۲	۰/۱۲۸۳	۰/۱۱۹۷	۰/۱۱۲۴	۰/۱۱۲۱	۰/۱۱۰۴
C7	۰/۲۴۴۴	۰/۲۲۵۵	۰/۲۱۰۲	۰/۲۰۱۷	۰/۱۹۷۱	۰/۱۷۳۸	۰/۱۴۷۸	۰/۱۳۹۱	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۰۲

جدول ۶- امتیاز گزینه‌ها به ازای مقادیر مختلف β

Table 6. Option scores for different β values

	β										
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶
S1	۰/۸۸۳	۰/۸۷۴	۰/۸۶۲	۰/۸۵۵	۰/۸۵۱	۰/۸۵۰	۰/۸۵۶	۰/۸۵۸	۰/۸۶۰	۰/۸۶۰	۰/۸۶۰
S2	۰/۹۵۵	۰/۹۵۰	۰/۹۵۲	۰/۹۵۲	۰/۹۵۳	۰/۹۵۶	۰/۹۵۸	۰/۹۵۹	۰/۹۵۹	۰/۹۵۹	۰/۹۵۹
S3	۰/۸۸۳	۰/۸۷۴	۰/۸۶۲	۰/۸۵۵	۰/۸۵۱	۰/۸۲۶	۰/۷۹۶	۰/۷۸۶	۰/۷۷۹	۰/۷۷۷	۰/۷۷۵

به صورت شماتیک نیز در شکل‌های ۳ و ۴ وزن معیارها و امتیاز گزینه‌ها آورده شده است. همانطور که هم جدول و هم نمودارها نشان می‌دهد از مقادیر $\beta > 5$ نمودارها همگرا شده‌اند و تغییرات زیادی ندارند پس می‌توان $\beta = 5$ را مقدار همگرا شده در نظر گرفت که وزن معیارها و امتیاز گزینه‌ها در این مقدار برای مساله ثابت می‌باشد.

شکل ۳- تغییرات وزن معیارها به ازای مقادیر مختلف β

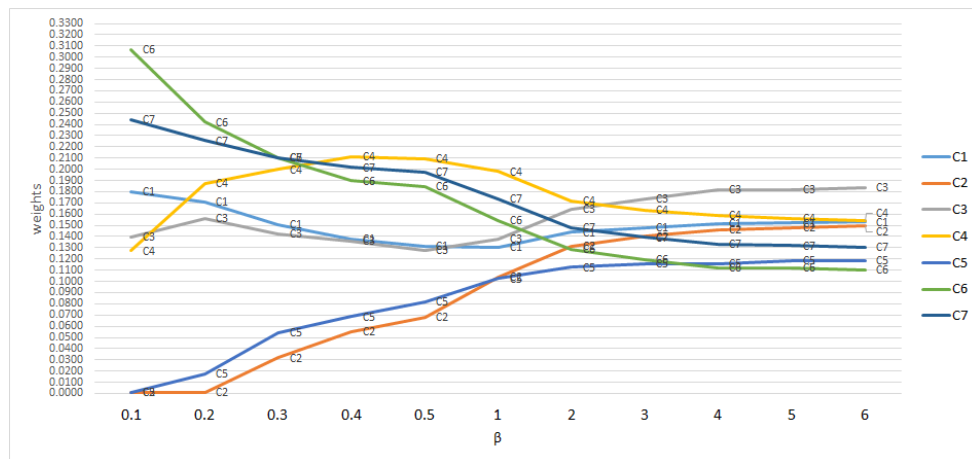


Fig 3. Variations in criteria weights for different β values

شکل ۴- تغییرات امتیاز گزینه‌ها به ازای مقادیر مختلف β

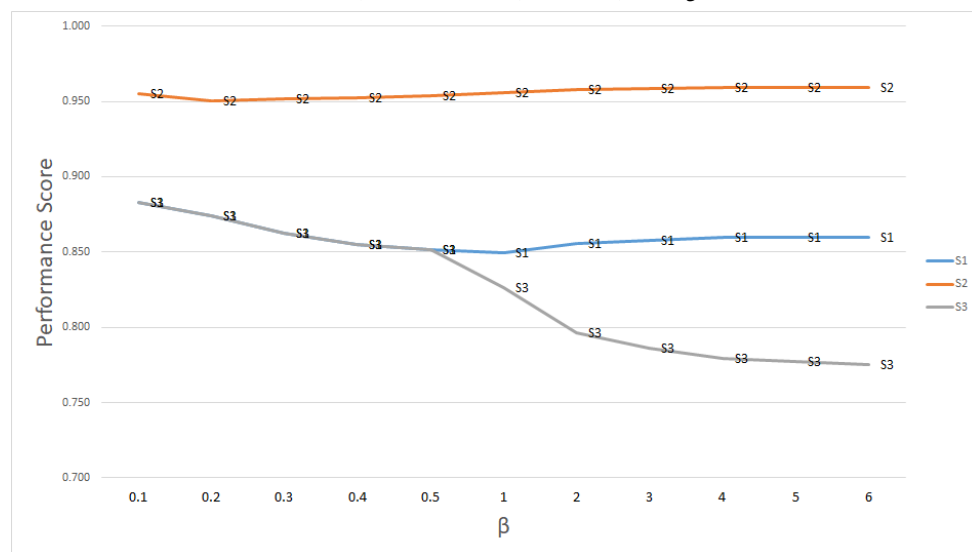


Fig 4. Variations in option scores for different β values

همانطور که از نتایج روش SECA مشخص شد در $\beta = 5$ وزن معیارها و امتیاز گزینه‌ها محاسبه شده است که در جدول (۷) آورده شده است. بر این اساس معیار آب و هوا با وزن $0/1817$ اولویت اول، معیار نرخ مصرف شده آب با وزن $0/1564$ اولویت دوم و معیار کیفیت منابع آب با وزن $0/1521$ اولویت سوم را کسب کردند. از بین گزینه‌ها نیز کارایی و بهره‌وری استفاده از منابع رتبه اول، پایداری منابع آبی رتبه دوم و نظام مدیریت و سیاستگذاری رتبه سوم را کسب کرده‌اند.

جدول ۷- وزن معیارها و امتیاز گزینه‌ها

Table 7. Criteria weights and option scores

کد معیار	نام معیار	وزن معیار	کد گزینه	نام گزینه	امتیاز گزینه
C1	کیفیت منابع آب	۰/۱۵۲۱	S1	پایداری منابع آبی	۰/۸۶۰
C2	محیط زیست	۰/۱۴۷۷	S2	کارایی و بهره‌وری استفاده از منابع	۰/۹۵۹
C3	آب و هوا	۰/۱۸۱۷	S3	نظام مدیریت و سیاستگذاری	۰/۷۷۷
C4	نرخ مصرف شده آب	۰/۱۵۶۴			
C5	فناوری اطلاعات	۰/۱۱۸۲			
C6	آگاهی مردم	۰/۱۱۲۱			
C7	قوانین و مقررات	۰/۱۳۱۹			

۴- نتیجه‌گیری

در بعضی از مناطقی که آب سطحی و زیرزمینی به صورت توأمان وجود دارد ممکن است در سال‌های پربابی منابع آب سطحی نیاز را برطرف نماید و برداشت از منابع آب زیرزمینی ناچیز باشد اما در سال‌های کم آبی به ناچار می‌بایست از منابع آب زیرزمینی استفاده گردد. حال اینکه ممکن است برداشت بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی و مدیریت از سفره‌های آب زیرزمینی باعث خسارات جبران‌ناپذیری به منابع طبیعی شود. آن چه که در این برنامه‌ریزی و مدیریت می‌بایست مد نظر قرار گیرد این است که تغییرات سطح آب زیرزمینی در یک منطقه تابعی از میزان نفوذ آب‌های سطحی و نیز مقدار برداشت از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. همچنین وضعیت آب‌های سطحی، ارتباط مستقیم با میزان نفوذ، بارندگی و تبخیر دارد. به عبارتی آب‌های سطحی و زیرزمینی با یکدیگر تداخل هیدرولیکی دارند، همین مسئله باعث می‌شود تا مدیریت بهره‌برداری از سیستم‌های مرکب آب سطحی و زیرزمینی از پیچیدگی خاصی برخوردار باشد. مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی نیاز به شناخت عملکرد سفره و رودخانه در شرایط طبیعی در وهله اول و سپس پیش‌بینی اثرات برداشت و یا تغذیه دارد. با روش‌هایی مانند شبیه‌سازی می‌توان با دقت قابل قبولی شرایط مشابه آنچه در طبیعت موجود است به وجود آورد و به نتایج رضایت‌بخشی دست یافت. این پژوهش نیز با هدف مطالعه امکان‌سنجی و مدیریت بهره‌برداری تلفیقی منابع آب، مخروط‌افکنه گرمسار انجام شد. در این پژوهش ابتدا عوامل پژوهش شناسایی و استخراج شدند سپس با روش SECA وزن‌دهی عوامل انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که به ترتیب معیار آب و هوا، نرخ مصرف شده آب و کیفیت منابع آب مهم‌ترین معیارها در بررسی هستند. از بین گزینه‌ها نیز به ترتیب کارایی و بهره‌وری استفاده از منابع، پایداری منابع آبی و نظام مدیریت و سیاستگذاری به عنوان مهم‌ترین گزینه‌ها در بررسی مورد نظر تعیین شدند. از آنجایی که رویکردهای نوین و تلفیقی در مدیریت منابع آب می‌توانند به بهبود وضعیت منابع آبی و توسعه پایدار کمک کنند. در جریان این تحقیق، ابعاد مختلفی از چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو در بهره‌برداری از منابع آب در این منطقه پیشنهاد شدند:

۱- بهره‌برداری تلفیقی مؤثر: استفاده همزمان از منابع آب سطحی، زیرزمینی، و بازچرخانی آب می‌تواند با کاهش فشار بر منابع موجود، به دستیابی به یک الگوی پایدار در مصرف آب منجر شود. این رویکرد نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و همکاری گسترده بین نهادهای مختلف است.

۲- ارتقای بهره‌وری آب در کشاورزی: اجرای سیستم‌های آبیاری پیشرفته نظیر آبیاری قطره‌ای و توسعه فناوری‌های هوشمند می‌تواند بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی را به طور قابل توجهی افزایش دهد.

۳- پایش و مدیریت هوشمند: استفاده از فناوری‌های مدرن مانند سنسور از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، امکان پایش مستمر و دقیق منابع آبی را فراهم کرده و به بهبود تصمیم‌گیری‌ها در حوزه مدیریت آب کمک می‌کند.

با اینکه نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت رویکردهای تلفیقی در مدیریت منابع آب است، چالش‌هایی همچون کمبود سرمایه‌گذاری، عدم هماهنگی بین نهادها، و محدودیت‌های فرهنگی و اجتماعی همچنان وجود دارد. بر این اساس، توسعه طرح‌های جامع مدیریتی که شامل آموزش و آگاهی‌رسانی عمومی، ارتقای زیرساخت‌ها، و تشویق به همکاری‌های بین‌بخشی است، می‌تواند به غلبه بر این چالش‌ها کمک کند. اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت تلفیقی منابع آب در منطقه گرمسار نه تنها می‌تواند به بهبود وضعیت آب در این منطقه منجر شود، بلکه می‌تواند به عنوان یک مدل قابل اجرا برای سایر مناطق کویری و حاشیه‌ای در ایران و حتی مناطق مشابه در سراسر جهان مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهند که با اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه و مبتنی بر داده، می‌توان با چالش‌های جدی مرتبط با مدیریت منابع آبی در مناطق خشک روبرو شد و به توسعه‌ای پایدار و هماهنگ در این نواحی دست یافت.

۵- تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

۶- منابع

- Aghvami, F., & Kamyabi, S. (2023). Survey of land tourism desert and desert city of Garmsar. *Journal of Application of Geographic Information Systems and Remote Sensing in Planning*, 13(1), 50-70.
- Ahmadi, M. (2021). Role of agriculture water resource management in development of rural regions: a case study Ghani Beiglou County (Zanjan township). Serd, *Quarterly Journal of Spatial Economics and Rural Development*, 10(35), 137-154.
- Atashi Yazdi, S. S., Motamedvaziri, B., Hosseini, S. Z., & Ahmadi, H. (2023). Reciprocal analysis of groundwater potentiality and vulnerability modeling in the Bahabad Plain, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 39586–39604. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24810-y>
- Dashti, S., Kahrakboudi, R. & Khayat Khalghi, M. (2007). Integrated management of surface and groundwater resource systems during water shortages. The first regional water conference, Islamic Azad University, Behbahan Branch, Iran.
- Elzain, H. E., Chung, S. Y., Senapathi, V., Sekar, S., Lee, S. Y., Roy, P. D., Hassan, A., & Sabarathinam, C. (2022). Comparative study of machine learning models for evaluating groundwater vulnerability to nitrate contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 229, 113061. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113061>
- Hosseini, M. (2024). Evaluation of integrated management and exploitation of surface and groundwater in central regions of Iran (Case study: Garmsar County). First National Conference on Engineering and Management Strategies in Water Systems. Islamic Azad University, Isfahan Branch, Iran.
- Moradi, F., Shateri, M., & Mekaniki, J. (2022). The role of indigenous knowledge in the management of water resources studied in Shaskoh village, Zirkoh city. *Indigenous Knowledge*, 9(18), 235-273. <https://doi.org/10.22054/qjik.2023.71493.1350>
- Safavi, H.R., Kalantari, M., & Bozorg Haddad, O. (2019). Conjunctive management of groundwater and surface water using honey-bee mating algorithm, 2(35), 11-122. <https://doi.org/10.24200/J30.2018.2188.2130>
- Saheb Jami, Y., Emami Skardi, M. J., & Safari, N. (2019). Evaluating the efficiency of integrated exploitation of surface and groundwater resources considering reliability indicators. The 8th National Conference on Water Resources Management, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Sajjadi S. M, Safavi H. R., & Haddad, O. (2018). Extraction of conjunctive hedging rules for the operation management of surface and groundwater resources. *Soil and Water Sciences-Agricultural Sciences and Technologies and Natural Resources* 22(3), 1-16. <https://doi.org/10.29252/jstnar.22.3.1>
- Sedghi, H., Alaviany, F., Asghari Moghaddam, A., & Babazadeh, H. (2020). Optimization of conjunctive use of surface water, groundwater and wastewater resources in Hashtgerd plain. *Hydrogeology*, 4(2), 48-62. <https://doi.org/10.22034/HYDRO.2020.10436>

Shamsai, A., & Forghani, A. (2011). Conjunctive use of surface and ground water resources in arid regions. *Journal of Iran-Water Resources Research (IWRR)*, 7(2), 26-36.

Shayan, S., Sharifikia, M.R., & Zare G.H. (2013). Neotectonic, morphoclimatic and anthropogenic agents in appearance and genesis of alluvial fans (Case study: Garmsar alluvial fan). *Geography and Environmental Planning Journal*, 50(2), 17-20.

Taleb Bidukhti, N., Sadegh Khorshidi Alikordi, M., Haghghat, M., & Nikoo, M.R. (2020). Multi-objective conflict resolution model for conjunctive operation from surface and groundwater based on goal programming approach. *Water Resources Engineering Journal*, 4(12), 131-152. <https://doi.org/20.1001.1.20086377.1398.12.43.11.3>

Taleshi M., & Kaffash, H. (2019). Compilation and validation of the fundamental criteria for the integrated management of water resources in dry and semi-arid regions. *Geographical Explorations of Desert Areas*, 6(2), 81-108. <https://doi.org/10.29252/grd.2018.1474>

Valizadegan, E., & Yazdanpanah, S. (2017). Quantitative model of optimal conjunctive use of Mahabad plain's surface and underground water resources. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 50(4), 631-640. <https://doi.org/10.22060/CEEJ.2017.12739.5266>

Zibae, M.H., Zibae, M., & Ardokhani, K. (2013). Assessment of conjunctive use of surface and groundwater scenarios in Firouzabad plain. 5(1), 157-181. <https://doi.org/20.1001.1.20086407.1392.5.17.9.4>