



The University of Tehran Press

Application of Multi-Attribute Decision Making Method to Achieve Good Governance in Underground Dam Site Selection of the Amir Hazer Plain Watershed of Behbahan

Kamal Movahedi Asl¹ | Zohreh Khorsandi Kouhanestani^{2*}  | Somaieh Dehdari³

1. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Khatam Al-Anbia University of Behbahan, Khuzestan, Iran.

2. Corresponding Author, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. Email: khorsandi@asnrukhh.ir

3. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article History:

Received 28 September, 2024

Revised 13 October, 2024

Accepted 04 February, 2025

Published online 10 March 2025

Keywords:

Analytic Hierarchy Process,
Prioritization,
Site Selection
Underground Dam.

ABSTRACT

In response to the excessive and uncontrolled degradation of natural resources, several approaches have been proposed in the field of natural resources management, among which good governance stands out as one of the most important issues. Good governance of natural resources is an outcome of the interaction and emerges from the institutional-environmental and social actions and reactions of all stakeholders. One of the most significant aspects to consider in the field of natural resource governance is the actions and reactions related to water resources, including groundwater, which are vital to the utilizers. Given the limitations of water resources, the implementation of modern techniques for the management and utilization of groundwater resources are among the priorities for water resource development. Developing underground dams is a practical method for solving water shortage issue in Iran and especially in remote rural areas, and consequently improving the life stability in those areas. The first step in developing underground dam is locating a proper site. The decision-making methods such as TOPSIS and AHP were used in this study for finding an appropriate location for an underground dam in Amir Hazer watershed. Several criteria were used for dam locating such as slope, stream, geology, elevation class, land use, fault, and soil properties and Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied for weighing. For site selection of the underground dam, TOPSIS technique was implemented using ArcGIS and the results showed that about 11 percent of the watershed is appropriate for building the underground water reservoir and 23 percent of the area has suitable conditions, and more than half of this region (i.e. 52 percent) is inappropriate for building the underground water reservoir.

Cite this article: Movahedi Asl, K.; Khorsandi Kouhanestani, Z. & Dehdari, S. (2025). Application of Multi-Attribute Decision Making Method to Achieve Good Governance in Underground Dam Site Selection of the Amir Hazer Plain Watershed of Behbahan. *Natural Resources Governance*. 1 (3), 285-299. DOI: <http://doi.org/10.22059/jnrg.2025.382850.1019>



© Kamal Movahedi Asl, Zohreh Khorsandi Kouhanestani, Somaieh Dehdari

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jnrg.2025.382850.1019>



انتشارات دانشگاه تهران

نشریه حکمرانی منابع طبیعی

سایت نشریه: <https://jnrg.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی: ۷۱۸۳-۳۰۶۰

کاربرد روش تصمیم‌گیری چندشاخصه برای تحقق حکمرانی مطلوب در مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوزه آبخیز دشت امیرحاضر بهبهان

کمال موحدی اصل^۱ | زهره خورسندی کوهانستانی^۲ | سمیه دهداری^۳

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان، بهبهان، خوزستان، ایران.

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران. رایانامه: Khorsandi@asnruk.ac.ir

۳. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان، خوزستان، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

کلیدواژه:

تحلیل سلسله‌مراتبی،

اولویت‌بندی،

مکان‌یابی،

آب زیرزمینی.

در پاسخ به تخریب‌های افراطی و افسارگسیخته منابع طبیعی، رویکردهای متعددی در حوزه مدیریت منابع طبیعی مطرح شده که مهم‌ترین این رویکردها می‌توان به حکمرانی خوب اشاره کرد. حکمرانی خوب منابع طبیعی برابندی از تعامل و برخاسته از کنش‌ها و واکنش‌های اجتماعی نهادی- محیطی همه‌گروداران است. یکی از مهم‌ترین ابعاد قابل تأمل در بحث حکمرانی منابع طبیعی کنش‌ها و واکنش‌های مرتبط با بحث آب و منابع آبی مورد نیاز بهره‌برداران از جمله آب‌های زیرزمینی است. با توجه به محدودیت منابع آب، به‌کارگیری شیوه‌های نوین در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی از اولویت‌های توسعه منابع آب است. در این راستا احداث سدهای زیرزمینی در انواع مختلف در مناطق خشک کشور به حل مشکل کم‌آبی و بحران آب خصوصاً برای مناطق روستایی دورافتاده در مقیاس کوچک کمک می‌کند و سبب ثبات بیشتر زندگی در این مناطق می‌شود. اولین گام در احداث سدهای زیرزمینی مکان‌یابی است. در این تحقیق با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه TOPSIS و AHP به مکان‌یابی برای احداث سدهای زیرزمینی در حوزه آبخیز دشت امیرحاضر پرداخته شد. معیارهای شیب، آبراهه، زمین‌شناسی، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، گسل و خاک به‌عنوان شاخص‌های تعیین محل احداث سد در نظر گرفته شد. برای وزن‌دهی معیارها، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و برای تلفیق نقشه‌های معیار و مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی از تکنیک TOPSIS در کنار بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که حدود ۱۱ درصد مساحت حوضه دارای شرایط بسیار مناسب و ۲۳ درصد دارای شرایط مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی و بیش از نیمی از حوضه (۵۲ درصد) فاقد پتانسیل برای ایجاد سد زیرزمینی است.

استناد: موحدی اصل، کمال؛ خورسندی کوهانستانی، زهره و دهداری، سمیه (۱۴۰۳). کاربرد روش تصمیم‌گیری چندشاخصه برای تحقق حکمرانی مطلوب در مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوزه آبخیز دشت امیرحاضر بهبهان. *نشریه حکمرانی منابع طبیعی*، ۱ (۳) ۲۸۵-۲۹۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jnrg.2025.382850.1019>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© کمال موحدی اصل، زهره خورسندی کوهانستانی، سمیه دهداری

DOI: <http://doi.org/10.22059/jnrg.2025.382850.1019>



۱. مقدمه

با توجه به پیچیده‌تر شدن مسائل و مشکلات منابع طبیعی، مدیریت آن به شکل سنتی جوابگوی چالش‌های موجود نیست؛ به همین دلیل در سال‌های اخیر رویکردهای متعددی در حوزه مدیریت منابع طبیعی مطرح شده که از مهم‌ترین این رویکردها می‌توان به حکمرانی خوب اشاره کرد. حکمرانی خوب منابع طبیعی برآیندی از تعامل و برخاسته از کنش و واکنش‌های اجتماعی نهادی-محیطی یکایک گردوداران است (محمدی استادکلایه و همکاران، ۲۰۲۴). یکی از مهم‌ترین ابعاد شایان تأمل در بحث حکمرانی منابع طبیعی، کنش‌ها و واکنش‌های مرتبط با بحث آب و منابع آبی مورد نیاز بهره‌برداران است. نظام فعلی مدیریت منابع آب ایران از ۷۰ سال پیش آغاز شده و در بستر شرایط خاص تاریخی و اجتماعی کشور تکامل یافته است. قبل از دهه پنجاه هیچ اقدامی در کشور درباره تدوین برنامه جامع آب که افق درازمدت را در توسعه و حکمرانی آب ترسیم و ارائه کند صورت نگرفته بود و برنامه‌های توسعه منابع آب در قالب برنامه‌های هفت‌ساله و سپس برنامه‌های پنج‌ساله تهیه می‌شد که منحصر به تعدادی از طرح‌های توسعه بود، این در حالی است که منابع آب کافی یکی از ارکان اصلی توسعه و پیشرفت هر منطقه است و همواره توسط سازمان‌های مسئول برای بهبود وضعیت و مدیریت بهینه آن تلاش می‌شود (رضایی و همکاران، ۲۰۱۴). ایران سرزمینی خشک با نزولات جوی بسیار کم است، به طوری که اگر میانگین بارندگی سالانه در سطح خشکی‌های کره زمین با متوسط بارندگی سالانه در ایران مقایسه شود، بارندگی در ایران حتی کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی در جهان است. افزون‌بر این، زمان ریزش نزولات جوی و محل ریزش آنها نیز با نیاز بخش کشاورزی که مصرف‌کننده اصلی آب در کشور است مطابقت ندارد (علیزاده، ۲۰۰۷). راهکارهای مقابله با کم‌آبی در دو راهبرد مدیریت صحیح منابع آب و استحصال آب از منابع جدید خلاصه می‌شود. در ایران به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص، بهبود مدیریت منابع آبی موجود، نتایج بهتر و سریع‌تری خواهد داشت. در بیشتر نقاط ایران، به علت بارندگی کم و توزیع زمانی نامناسب آن، منابع آب زیرزمینی و مدیریت آن از اولویت خاصی برخوردار است (داوودی، ۲۰۰۴). سد کردن آب زیرزمینی برای حفاظت از منابع آب یکی از راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی است. سدهای زیرزمینی سازه‌هایی هستند که توانایی مسدود کردن آب زیرقشری، نگهداری آب در سفره‌های محلی یا منحرف کردن آب به سفره‌های مجاور، بالا بردن تراز آب زیرزمینی، ذخیره و در دسترس قرار دادن آب زیرزمینی را دارا هستند. این نوع سدها به طور معمول در بستر رودخانه‌های فصلی که زه‌آب زیادی دارند ساخته می‌شوند. این سازه‌ها مفهومی جدید در مدیریت منابع آب نیستند، بلکه در گذشته نیز مدنظر بودند (حاج سیدعلی خانی، ۲۰۲۴). امروزه ساخت سدهای زیرزمینی برای مدیریت آب زیرزمینی و برون‌رفت از چالش کم‌آبی کانون توجه قرار گرفته است (زارعی و کردی، ۲۰۲۳). مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد سد زیرزمینی، پیچیدگی در تعیین مناطق مناسب برای احداث سد است. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که معیارها و عوامل زیادی همانند معیارهای فیزیکی و هیدرولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی دخیل‌اند (Nilsson, 1988). پژوهش‌هایی در زمینه تعیین شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی در دنیا صورت گرفته است (بیرجندی، ۲۰۱۱؛ چزگی و همکاران، ۲۰۱۰؛ رنگزن و همکاران، ۲۰۱۳). در مکان‌یابی محل‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی که با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با تأکید بر منابع آب را در غرب استان تهران انجام گرفت، معیارهای شیب زمین و زمین‌شناسی، مهم‌ترین عوامل در نظر گرفته شد (چزگی و همکاران، ۲۰۱۰). به منظور مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوضه آبخیز منطقه به کار گرفته شد (بیرجندی، ۲۰۱۱).

در دشت بتوند استان خوزستان برای شناسایی مکان‌های مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی از فاکتورهای شیب، محیط غیراشباع، هدایت هیدرولیکی، شوری آب زیرزمینی، عمق سطح ایستابی، ضخامت آبرفت، چاه‌ها و گسل استفاده شد. با استفاده از عملگر جمع فازی نقشه معیارها با هم تلفیق و مکان‌های مناسب برای احداث سد به دست آمد. در نهایت برای اولویت‌بندی مناطق به دست آمده از روش تاپسیس استفاده شد (رنگزن و همکاران، ۲۰۱۳).

مناطق دارای پتانسیل برای احداث سد زیرزمینی در منطقه مهران استان ایلام با استفاده از لایه‌های گسل، شیب، زمین‌شناسی ژئومورفولوژی، بارش، دما و کاربری اراضی تعیین شد (کردی و همکاران، ۲۰۱۶). در حوضه آبخیز رودان نیز از پارامترهای مدل

رقومی ارتفاع، خصوصیات توپوگرافی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی برای انتخاب مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی استفاده شد (تشکری و همکاران، ۲۰۲۳).

مناطق مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی به‌منظور تأمین آب معدن سنگ آهن خواف با کمک لایه‌های سنگ‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، محدوده شهر و فاصله از روستا، گسل، جاده و نهر مشخص شد (دشتی برمکی و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج تحقیقی در زمینه مکان‌یابی برای احداث سد زیرزمینی در شهرستان رفسنجان نشان داد که روش AHP در محیط فازی با استفاده از در نظر گرفتن عوامل مهم در تصمیم‌گیری می‌تواند تصمیم‌گیری را بهبود بخشد (رضایی و همکاران، ۲۰۱۳). در منطقه اندیکا برای بررسی مناطق مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی از روش AHP و GIS بهره گرفته شده و ۲۷ مکان برای بررسی از لحاظ مناسب بودن برای طراحی سد زیرزمینی مورد بررسی شد که در نهایت ۱۵ مکان مناسب شناخته شد. مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در حوضه آبخیز دشت کویر انجام گرفت. با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی، شش مکان مناسب برای احداث سد زیرزمینی در مرحله دوم مکان‌یابی مشخص شد. در مرحله پایانی به‌علت نظرها و عقاید مختلف کارشناسان و برای تأمین نظر همه گروه‌های دخیل در این زمینه، پنج سناریو برای وزن‌دهی و ارزشگذاری معیارهای اصلی تعریف شده و وزن نهایی برای هر یک از شش محور محاسبه شد. نتایج نشان داد که مناطق جنوبی دشت پتانسیل خوبی برای احداث سدهای زیرزمینی دارند (خرازی و همکاران، ۲۰۱۷).

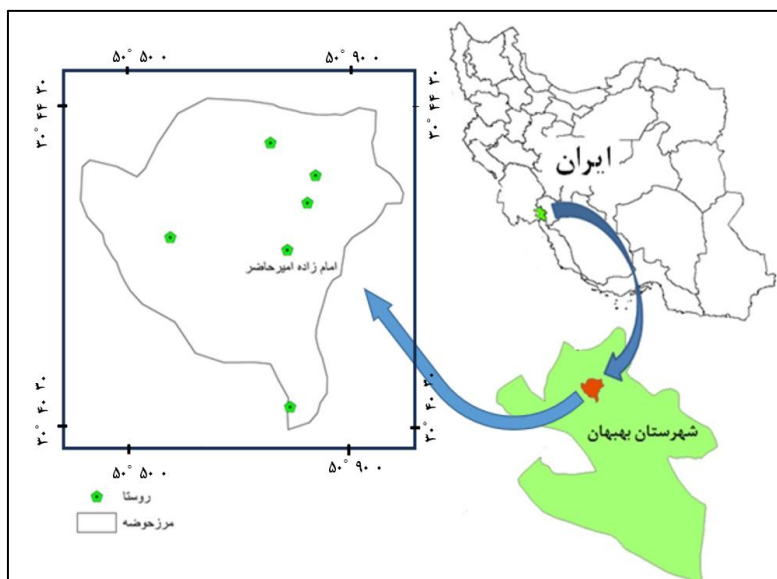
در شهرستان اردستان استان اصفهان، با در نظر گرفتن معیارهای زمین‌شناسی مهندسی، عوامل مؤثر گزینه‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی مشخص شدند. سپس براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به قضاوت کارشناسی، درجه اهمیت هر یک از معیارها و طبقات محاسبه شد. نتایج نشان داد که مخروط‌افکنه‌های واقع در قسمت‌های غربی، شمالی و مرکزی اردستان برای احداث سدهای زیرزمینی مناسب‌اند (عرب‌عامری و همکاران، ۲۰۱۸).

با توجه به منابع بررسی‌شده می‌توان دریافت که مهم‌ترین معیارهای مدنظر در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی، ویژگی‌های زمین‌شناسی (جنس لایه‌ها و گسل)، شیب زمین، کاربری اراضی و ویژگی‌های آبخوان است. همچنین به‌منظور انتخاب بهترین محل احداث سد زیرزمینی و اولویت‌بندی مناطق و تعیین مهم‌ترین عوامل اثرگذار، از روش‌های TOPSIS و AHP استفاده شد. این روش‌ها در حل مشکلات تصمیم‌گیری در مواردی که به تحلیل همزمان چند متغیر نیاز است توانایی زیادی دارند. افزون بر این استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در این‌گونه پژوهش‌های بسیار کمک‌کننده است. با توجه به قرار گرفتن حوضه آبخیز امیرحاضر در منطقه خشک و نبود دسترسی به رودخانه دائمی، نیاز آبی منطقه از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. مدیریت منابع آب زیرزمینی برای بهره‌برداری پایدار از این منبع در این منطقه برای ادامه فعالیت ساکنان از اهمیت زیادی برخوردار است. ایجاد سد زیرزمینی به‌منظور کنترل آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از انتقال آنها به خارج از حوضه می‌تواند تا حدودی مشکلات مربوط به تأمین آب در این منطقه را مرتفع کند. تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی به روش‌های سنتی مستلزم صرف هزینه و وقت زیاد است. در این پژوهش با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و معیارهای مختلف قابلیت مناطق برای ایجاد سد زیرزمینی در حوضه آبخیز امیرحاضر به‌بهان تعیین شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی منطقه

حوضه آبخیز دشت امیرحاضر در شمال غربی شهرستان بهبهان، در استان خوزستان در طول $30^{\circ} 45' 50''$ تا $30^{\circ} 49' 50''$ شرقی و عرض $45^{\circ} 40' 30''$ تا $30^{\circ} 45' 00''$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). با توجه به داده‌های ایستگاه هواشناسی شهر بهبهان، متوسط بارندگی سالانه منطقه در طی دوره ۱۳۷۹-۱۴۰۲ برابر ۳۴۵ میلی‌متر، متوسط حداکثر درجه حرارت $36/5$ درجه سانتی‌گراد در تیرماه و متوسط حداقل درجه حرارت $11/8$ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه گزارش شده است. متوسط حداکثر رطوبت نسبی برابر ۷۶ درصد و در دی‌ماه است. تبخیر متوسط سالانه ۲۰۰۸ میلی‌متر است. با توجه به طبقه‌بندی دمارتن این منطقه دارای اقلیم خشک است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز دشت امیرحاضر در شهرستان بهبهان

۲-۲. روش پژوهش

برای تعیین معیارهای انتخاب مناطق مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی از پژوهش‌های گذشته استفاده شده است. با مرور منابع معیارهایی انتخاب شد که ضمن کارایی، دسترسی به آن اطلاعات آسان باشد. معیارهای استفاده‌شده در این پژوهش شامل شیب، شبکه آبراهه، سنگ‌شناسی، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، گسل و بافت خاک است (چزگی و همکاران، ۲۰۱۰). همه معیارهای انتخاب‌شده برای هدف مورد نظر اهمیت یکسان ندارند و از این‌رو باید حد اهمیت و به عبارتی وزن این معیارها را تعیین کرد. بدین منظور در روش AHP، تصمیم‌گیرنده هر زوج از معیارهای تصمیم‌گیری را با هم مقایسه می‌کند و مقایسه اهمیت نسبی هر زوج معیار نسبت به یکدیگر، در مقیاس عددی ۱ تا ۹ کمی می‌شود. عدد ۱ نشان‌دهنده ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان دو معیار مقایسه‌شده با هم و عدد ۹ نشان‌دهنده کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر بودن یک معیار نسبت به معیار دیگر است. سپس با تشکیل ماتریسی که نشان‌دهنده آرای بیان‌شده در خصوص مقایسه هر زوج معیار تصمیم‌گیری است، وزن نسبی هر معیار تعیین شد (علیزاده، ۲۰۰۷). با مراجعه به ۱۵ نفر از متخصصان، پرسشنامه‌ای طراحی شد و از آنها خواسته شد هر یک از معیارهای اولویت‌بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی را بررسی کنند. سپس با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP وزن هر یک از معیارها استخراج شد.

بعد از مشخص شدن معیارها و وزن آنها، برای ارزیابی واحدهای مکانی، هر معیار به صورت یک لایه در پایگاه داده آماده‌سازی شد. برای تهیه لایه سنگ‌شناسی منطقه از نقشه زمین‌شناسی رقومی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور برگه بهبهان استفاده شد. ویژگی‌های زمین‌شناسی یک منطقه یکی از مهم‌ترین و اولین معیارها در انتخاب محل احداث سد زیرزمینی است. مناطق دارای رسوبات نفوذپذیر که توانایی ایجاد یک مخزن ذخیره زیرزمینی را دارند از جمله سازندهای آبرفتی کواترنر بهترین مناطق برای ایجاد سدهای زیرزمین هستند. همچنین با استفاده از همین نقشه، موقعیت گسل‌های منطقه نیز مشخص شد. لایه گسل با توجه به فاصله نقاط مختلف از گسل‌ها تهیه شد. وجود گسل در منطقه می‌تواند به نشت یا فرار آب از مخزن منجر شود؛ بنابراین اراضی مجاور گسل‌ها برای احداث سد زیرزمینی مناسب نیست. مناطق دارای فاصله ۵۰۰ متر از گسل جزء مناطق مستعد برای ایجاد سد زیرزمینی در نظر گرفته شدند. لایه جاده‌ها نیز با استفاده از نقشه توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی تهیه شد و مناطق با فاصله حداقل ۱۰۰ متر از جاده به عنوان منطقه مناسب از نظر لایه جاده تعریف شد.

به طور معمول سدهای زیرزمینی در بستر آبراهه‌ها و خشک‌رودها احداث می‌شوند. به طور کلی ایجاد سد زیرزمینی در آبراهه‌های رتبه ۳ و به بعد آن انجام می‌گیرد. با استفاده نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه آبراهه‌های رتبه ۳ و بزرگ‌تر به صورت یک لایه برای استفاده در پژوهش حاضر تهیه شد. ویژگی‌های توپوگرافی نیز بر انتخاب محل سد مؤثر است، زیرا شیب سطح

ایستایی و در نتیجه سرعت جریان تابع شیب توپوگرافی است. اراضی دارای شیب کم به دلیل سرعت کم آب و فرصت کافی برای نفوذ آب و همچنین ایجاد مخازن مناسب برای احداث سد زیرزمین پیشنهاد می‌شوند. لایه شیب زمین نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی منطقه استخراج شد و طبقه‌بندی لایه شیب نیز با در نظر گرفتن این نکته که مناسب‌ترین شیب برای احداث سد زیرزمینی بین ۲ تا ۸ درصد است (عشقی زاده و نورا، ۲۰۰۹) انجام گرفت. با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی، لایه طبقات ارتفاعی نیز تهیه شد.

نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از پیمایش‌های زمینی و تصاویر گوگل ارث تهیه شد و بدین ترتیب لایه معیار کاربری اراضی به دست آمد. مناطق دارای کاربری شهری به دلیل احتمال آلوده شدن آب مخزن به دلیل شدت آلودگی‌ها در مناطق مسکونی و همچنین احتمال آسیب به سازه‌های مناطق شهری و ساختمان‌ها در اثر افزایش سطح آب زیرزمینی و نفوذپذیری کم این مناطق برای احداث سد زیرزمینی مناسب نیستند. مناطق بایر یا برون‌زدگی‌های سنگی نیز به دلیل نفوذ کم آب در اولویت قرار نمی‌گیرند. اما اراضی مرتعی و جنگلی و کشاورزی برای احداث سد زیرزمینی متناسب هستند. نقشه واحد اراضی تهیه شد و در هر واحد اراضی نمونه خاک سطحی برداشت شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و نقشه بافت خاک سطحی به عنوان معیار دیگر تهیه شد. خاک‌های درشت‌بافت دارای نفوذپذیری بیشتری نسبت به خاک‌های ریزبافت هستند و برای احداث سد زیرزمینی در اولویت قرار می‌گیرند.

همان‌طور که گفته شد هر کدام از معیارها دارای طبقات یا زیرمعیارهایی است که دارای ارزش و مطلوبیت متفاوتی برای دستیابی به هدف است. با ارائه پرسشنامه و نظرسنجی از متخصصان، به هر کدام از زیرمعیارها، ارزشی به صورت عددی تعلق گرفت تا ویژگی‌های کیفی هر طبقه به صورت کمی درآید و در نهایت به گونه‌ای ارزش‌ها تعیین شد که مجموع ارزش‌های متعلق به زیرمعیارهای هر معیار برابر ۱ باشد. یکی از مزیت‌های روش AHP بررسی سازگاری تصمیم‌های اتخاذ شده است. محاسبه نرخ سازگاری با هدف سنجش میزان صحت اولویت‌بندی‌های انجام گرفته درباره زیرمعیارها و معیارها انجام گرفت. بدین منظور از رابطه ۱ استفاده شد (Saaty, 1980). در این رابطه CR ضریب سازگاری، CI شاخص سازگاری و RI شاخص تصادفی بودن است.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه ۲}$$

که $\lambda_{\max}$ بیشترین مقدار ویژه ماتریس و n مجموع مقادیر ویژه ماتریس زوجی است. اگر ضریب سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، ارزش‌دهی به معیارها و زیرمعیارها پذیرفتنی است (Saaty, 1980).

اکنون برای ترکیب لایه‌های معیارها باید لایه‌های مختلف را استاندارد کرد. برای این منظور مقدار وزن اختصاص یافته به هر معیار در ارزش زیرمعیارهای مختلف آن معیار ضرب شد و سپس لایه معیار استاندارد شده وزنی تهیه شد. برای مکان‌یابی مناطق مناسب سد زیرزمینی لایه استاندارد شده وزنی معیارهای مختلف با استفاده از روش TOPSIS تلفیق شدند. روش TOPSIS تعداد m گزینه را با توجه به n معیار ارزیابی می‌کند و هر مسئله را به عنوان یک ماتریس شامل $m \times n$ در نظر می‌گیرد. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که بهترین منطقه برای ایجاد سد زیرزمینی، همزمان باید کمترین فاصله را با بهترین حالت ممکن یا منطقه ایدئال مثبت و بیشترین فاصله را با بدترین حالت ممکن یا منطقه ایدئال منفی داشته باشد. منطقه ایدئال معرف گزینه فرضی است که مطلوب‌ترین سطح استاندارد شده وزنی از هر معیار در میان گزینه‌های مورد نظر را دارد و منطقه ایدئال منفی شامل بدترین سطح استاندارد شده وزنی در میان گزینه‌هاست. بدین منظور ابتدا به تعیین ارزش حداکثر و حداقل در رابطه با هر یک از لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی براساس رابطه‌های ۳ و ۴ پرداخته شد. به نحوی که V_{ij} نشان‌دهنده ماتریس وزن‌دهی بی‌مقیاس شده است.

واحد ایدئال مثبت

$$A_i^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = A^+ = \{(\max_{ij} v_{ij} \mid j \in J_1), (\min_{ij} v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1, 2, \dots, m\} \quad \text{رابطه ۳}$$

واحد ایدئال منفی

$$A_i^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1, 2, \dots, m\} \quad \text{رابطه ۴}$$

به‌طوری که

$$J_1 = \{1, 2, \dots, n \mid \text{عناصر مثبت شاخص‌ها}\}$$

$$J_2 = \{1, 2, \dots, n \mid \text{عناصر منفی شاخص‌ها}\}$$

سپس محاسبه فاصله براساس نرم اقلیدسی به‌ازای نقطه ایدئال منفی و گزینه مثبت و همین فاصله به‌ازای نقطه ایدئال مثبت و گزینه منفی با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ برآورد شد.

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \text{رابطه ۵}$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \text{رابطه ۶}$$

در نهایت میزان نزدیکی نسبی به نقطه ایدئال با استفاده از رابطه ۷ برآورد شد.

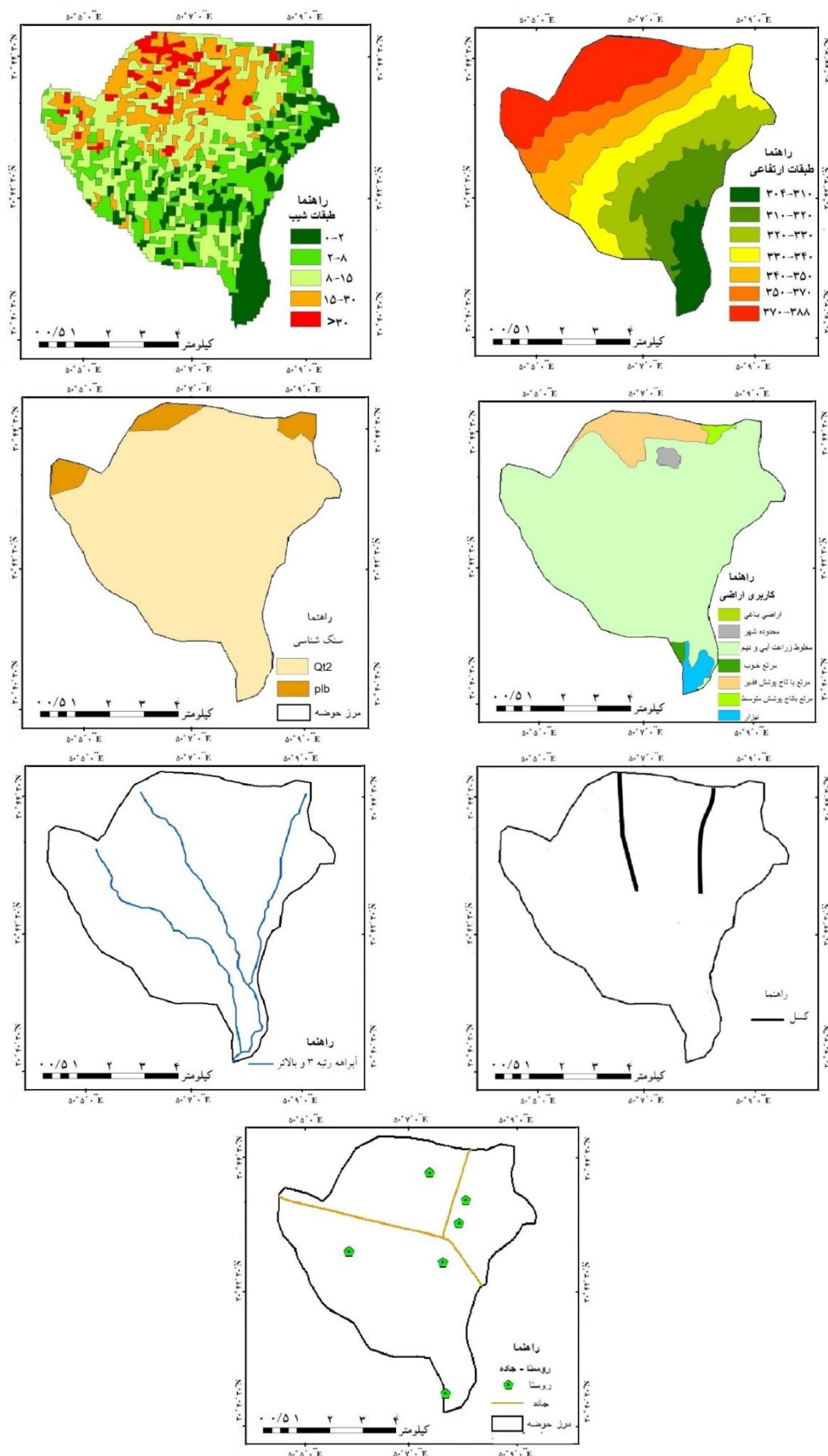
$$C_{i+} = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \text{رابطه ۷}$$

به‌طوری که $0 \leq C_{i+} \leq 1$ است و هر اندازه یک گزینه به نقطه ایدئال نزدیک‌تر باشد C_{i+} به سمت ۱ میل می‌کند. در نهایت لایه ایدئال مثبت و منفی تهیه شد و با توجه به این لایه مناطق مختلف حوضه دشت امیرحاضر بهبهان از نظر استعداد برای ایجاد سد زیرزمینی اولویت‌بندی شد.

۳. نتایج

در این پژوهش از هفت لایه اطلاعاتی برای تعیین مناطق مناسب سد زیرزمینی استفاده شد که در شکل ۲ آورده شده است. همچنین لایه جاده‌ها نیز تهیه شد که نقشه آن نیز ارائه شده است.

وزن هر معیار با توجه به مقایسه زوجی معیارها با توجه به نظر کارشناسان به دست آمد که نتایج حاصل از مقایسه زوجی و وزن استخراج‌شده هر معیار در جدول ۱ آمده است. معیارهای شیب با وزن ۰/۲۶۸۳ و سنگ‌شناسی با وزن ۰/۱۹۷۳ بیشترین وزن و معیارهای طبقات ارتفاعی و بافت خاک سطحی با ۰/۰۵۹۹ و ۰/۰۶ کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که در نقشه طبقات شیب مشخص است بخش‌های جنوبی، شرقی و غربی حوضه دارای شیب کمتر از ۸ درصد هستند و از نظر این معیار، این مناطق مستعد برای احداث سد زیرزمینی هستند. به‌جز دو محدوده کوچک در شمال منطقه، بقیه بخش‌ها در رسوبات کواترنر قرار دارند که برای احداث سد مناسب است. از نظر کاربری اراضی نیز بخش عمده دشت توسط اراضی زراعی پوشیده شده است که فاقد محدودیت برای احداث سد زیرزمین است.



شکل ۲. نقشه لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر

جدول ۱. مقدار وزن استخراج شده برای معیارهای ارزیابی با استفاده از روش AHP

معیارهای ارزیابی	شیب	زمین‌شناسی	گسل	کاربری اراضی	آبراهه	بافت خاک	طبقات ارتفاعی	وزن معیارها
شیب	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۸	۰/۲۶
زمین‌شناسی		۱	۲	۴	۵	۶	۷	۰/۱۹
گسل			۱	۳	۴	۵	۶	۰/۱۶
کاربری اراضی				۱	۳	۴	۵	۰/۱۳
آبراهه					۱	۲	۳	۰/۰۹
بافت خاک						۱	۲	۰/۰۶
طبقات ارتفاعی							۱	۰/۰۵

با توجه به اینکه نرخ سازگاری مقایسه‌ها کمتر از ۰/۱ و برابر ۰/۰۴ است، می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت (جدول ۲). پس از مشخص شدن وزن هر معیار، وزن زیرمعیارها نیز باید مشخص شود. با توجه به نظر کارشناسان وزن زیرمعیارها مشخص شد. نتایج دو زیرمعیار زمین‌شناسی و شیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. برای رعایت اختصار از ارائه نتایج زیرمعیارهای دیگر خودداری شد.

جدول ۲. وزن نسبی سطوح سازگاری و نرخ سازگاری (C.R.)

وزن نسبی	مجموع وزنی (WSV)	بردار سازگاری (C.V.)	میانگین C.V.	شاخص سازگاری (C.I)	نرخ سازگاری (C.R.)
۰/۲۶	۲/۷۳	۵/۳۰			
۰/۱۹	۱/۳۳	۵/۲۴			
۰/۱۶	۰/۶۰	۵/۱۰	۵/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۴
۰/۱۳	۰/۳۸	۵/۰۳			
۰/۰۹	۰/۱۸	۵/۰۵			
۰/۰۶	۰/۱۴	۵/۰۴			
۰/۰۵	۰/۱۰	۵/۰۸			

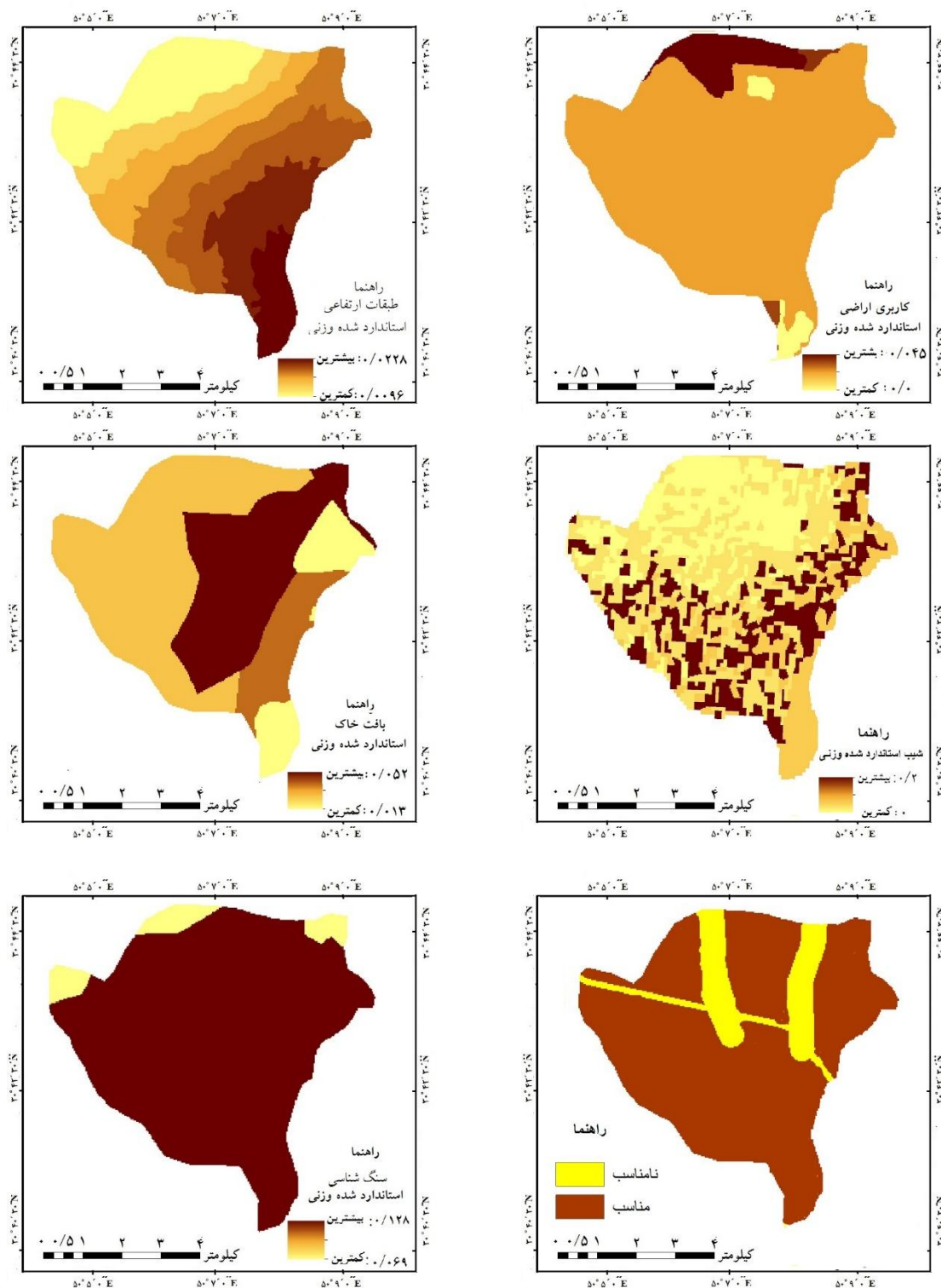
لایه‌های استاندارد شده وزنی همه معیارها برای مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر شهرستان بهبهان تهیه شد، در شکل ۳ این لایه‌ها آورده شده‌اند. همان‌طور که در این نقشه‌ها نیز آورده شده است در نقشه کاربری اراضی استاندارد شده مناسب‌ترین منطقه دارای وزنی معادل ۰/۰۵ و مناسب‌ترین منطقه دارای وزن صفر است. همچنین در معیار خاک‌شناسی امتیاز زیر معیارها از ۰/۱۳ تا ۰/۱۵ متغیر است که مناسب‌ترین محل بیشترین امتیاز را در هر زیرمعیار به دست آورده است. وزن معیار شیب ۰/۲۶ به دست آمد و بر اساس نظر کارشناسان طبقه شیب ۸-۲ درصد بیشترین امتیاز را در این معیار به خود اختصاص داد. وزن زیرمعیار زمین‌شناسی رسوبات آبرفتی کواترنر بیشترین ارزش را در این معیار به خود اختصاص داد.

جدول ۳. مقدار استاندارد وزنی استخراج شده برای زیرمعیارهای شیب با استفاده از روش AHP

ردیف	طبقات	ارزش زیرمعیار	وزن معیار	استاندارد وزنی
۱	۰-۲	۰/۱۸۹	۰/۲۶	۰/۰۵
۲	۲-۸	۰/۷۵۵	۰/۲۶	۰/۲۰
۳	۸-۱۵	۰/۰۵۶	۰/۲۶	۰/۰۱
۴	۱۵-۳۰	.	۰/۲۶	.
۵	>۳۰	.	۰/۲۶	.

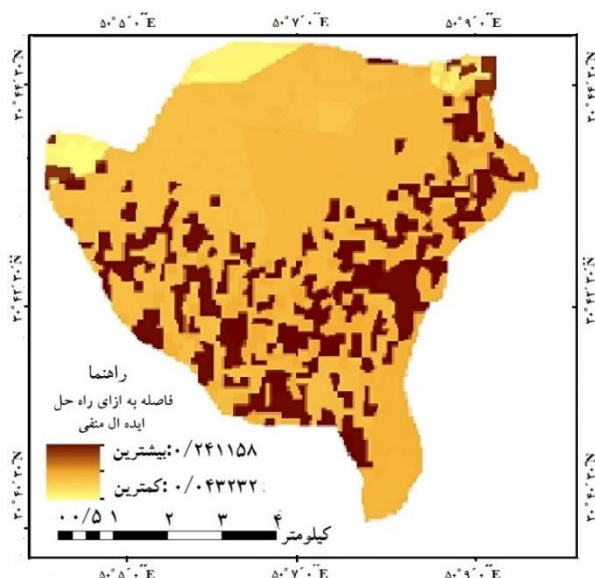
جدول ۴. مقدار استاندارد وزنی استخراج شده برای زیرمعیارهای زمین‌شناسی با استفاده از روش AHP

ردیف	طبقات	ارزش زیرمعیار	وزن معیار	استاندارد وزنی
۱	Qt2	۰/۶۵	۰/۱۹	۰/۱۲
۲	plb	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۰۶

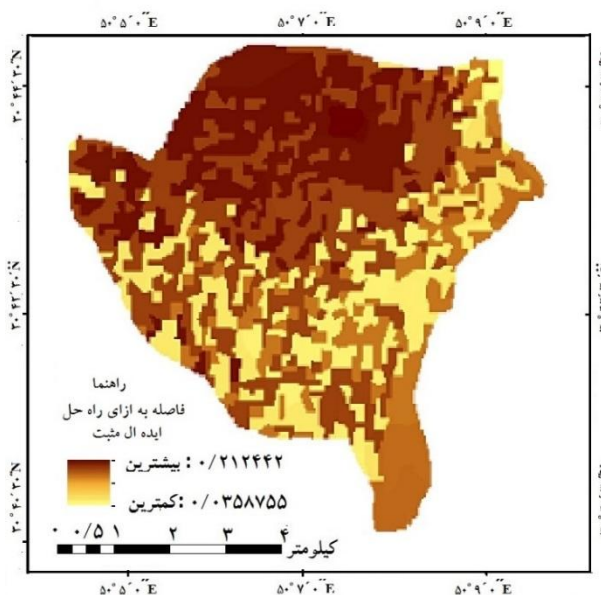


شکل ۳. نقشه استاندارد شده وزنی لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر

بعد از استانداردسازی و امتیازدهی به معیارها و زیرمعیارها با استفاده از تکنیک TOPSIS نقشه فاصله از ایدئال مثبت و منفی تهیه گردید که در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. به نحوی که در نقشه فاصله از ایدئال مثبت بخش‌هایی که کمترین فاصله را دارند بهترین مناطق برای ایجاد سد زیرزمینی و در نقشه فاصله از ایدئال منفی بیشترین فاصله نشان‌دهنده مناطق مستعد است. با توجه به این دو نقشه در مناطق جنوبی و مرکزی حوضه مورد مطالعه بیشترین مناطق مستعد ایجاد سد زیرزمینی دیده می‌شود.

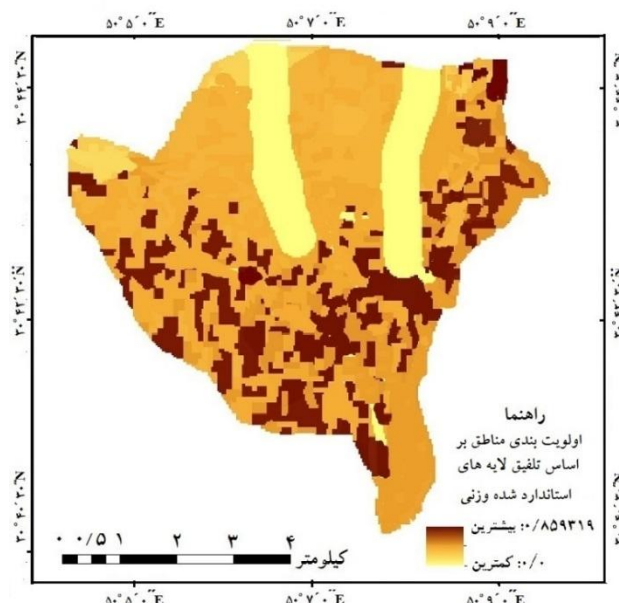


شکل ۴. نقشه فاصله به‌ازای راه حل ایدئال منفی در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر



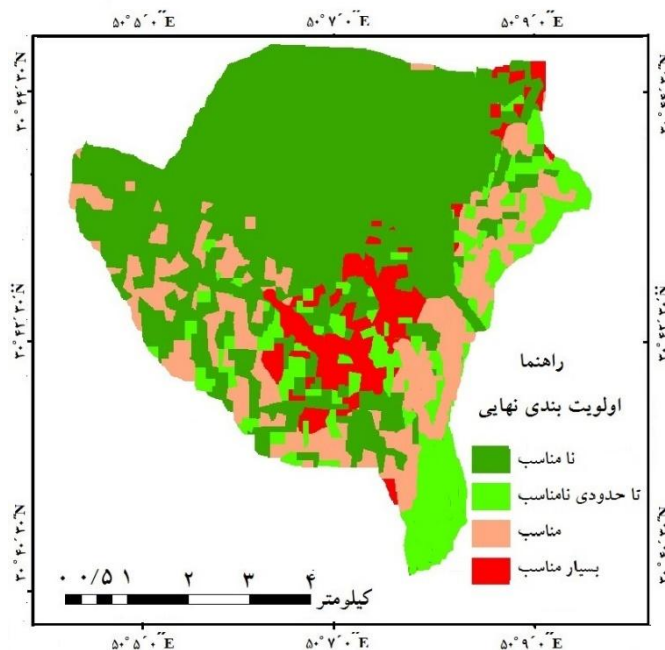
شکل ۵. نقشه فاصله به‌ازای راه حل ایدئال مثبت در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر

با توجه به روش تلفیق لایه‌های استاندارد شده وزنی در نهایت لایه اولویت‌بندی مناطق مختلف حوضه امیرحاضر که در شکل ۶ ارائه شده است، به دست آمد. همان‌طور که در این شکل نیز آمده است، مناطق مرکزی و جنوبی بیشترین امتیاز را در اولویت‌بندی مناطق مستعد ساخت سد زیرزمینی به دست آوردند و بنابراین مناسب‌ترین نقاط برای احداث سد زیرزمینی هستند.



شکل ۶. توزیع مکانی امتیاز مناطق برای احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تاپسیس

بعد از تعیین امتیاز نهایی با کمک روش تاپسیس کل منطقه به چهار طبقه خیلی مناسب، مناسب تا حدودی نامناسب و نامناسب تقسیم شد. اولویت بندی نهایی حوضه آبخیز دشت امیرحاضر شهرستان بهبهان برای احداث سد زیرزمینی در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به نقشه به دست آمده حدود ۱۱ درصد از مساحت دشت امیرحاضر بهبهان برای احداث سد زیرزمینی بسیار مناسب، ۲۳ درصد منطقه مناسب، ۱۴ درصد تا حدودی نامناسب و ۵۲ درصد دشت نامناسب برای احداث سد زیرزمین است. مناطقی که مناسب تشخیص داده شده اند منطبق بر نواحی دارای شیب، سنگ شناسی، کاربری اراضی مناسب و در فاصله مناسبی از گسل ها و آبراهه ها قرار دارند.



شکل ۷. نقشه نهایی اولویت بندی برای احداث سد زیرزمینی در حوضه آبخیز دشت امیرحاضر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی یکی از مهم‌ترین معضلات انتخاب محل مناسب برای احداث سد است. دشواری انتخاب محل سد به این دلیل است که عوامل زیادی شامل ویژگی‌های فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، اقتصادی و اجتماعی و هیدرولوژیک در آن تأثیرگذار است. از این‌رو استفاده از روش‌هایی که بتواند محل مناسب احداث سد زیرزمینی را با صرف کمترین هزینه و وقت و بیشترین دقت تعیین کند اهمیت دارد.

در پژوهش حاضر از قابلیت‌های زیاد نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و هم از مزیت‌های روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره در معیارها و وزن آنها در دشت امیرحاضر بهمان استفاده شد. معیارها و زیرمعیارهای مختلفی برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی استفاده شد که نتایج مقایسه زوجی معیارها به انتخاب معیارهای شیب، زمین‌شناسی، گسل، کاربری اراضی، آبراهه، بافت خاک و طبقات ارتفاعی منجر شد. از میان معیارهای انتخاب‌شده برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی، بیشترین اهمیت مربوط به معیارهای شیب (۰/۲۶۸۳) و زمین‌شناسی (۰/۱۹۷۳) و کمترین اهمیت مربوط به معیار طبقات ارتفاعی (۰/۰۵۹۹) است. در دیگر پژوهش‌ها نیز شیب و زمین‌شناسی به‌عنوان مهم‌ترین معیار برای مکان‌یابی سد زیرزمینی معرفی شده است (چزگی و همکاران، ۲۰۱۰؛ کردی و همکاران، ۲۰۱۶). سازندهای آبرفتی دوران چهارم به‌دلیل توان ذخیره‌سازی آب زیرزمینی از اهمیت زیادی در انتخاب محل سد زیرزمینی برخوردار است. همچنین اراضی کم‌شیب به دلیل ایجاد فرصت کافی به آب برای نفوذ به داخل زمینی و ایجاد مخزن بزرگ‌تر نسبت به اراضی پرشیب یکی از فاکتورهای مهم در ایجاد سد زیرزمینی است. بعد از معیار شیب و زمین‌شناسی معیار گسل مورد توجه کارشناسان قرار گرفته است. وجود گسل‌ها در منطقه می‌تواند به‌شدت بر کارایی سد زیرزمینی اثرگذار باشد و در نظر گرفتن حریم مناسب تا گسل، از نظر کارشناسان مورد نظرسنجی قرار گرفته در پژوهش حاضر دارای اهمیت نسبتاً زیادی است. نتایج سایر تحقیقات نیز به تأثیر منفی وجود گسل در ایجاد سد زیرزمینی اشاره داشته است (چزگی و همکاران، ۲۰۱۰). وجود گسل‌ها می‌تواند به نشت آب از مخزن آب زیرزمینی منجر شود و عملاً تأثیر سد را بر ذخیره آب در زیرزمین بی‌اثر کند.

با توجه به نظر کارشناسان، در این منطقه، مراتع دارای بیشترین برتری نسبت به کاربری‌های دیگر برای ایجاد سد زیرزمینی بوده‌اند و در مرحله بعد اراضی کشاورزی قرار گرفته‌اند. علت برتری کاربری مرتعی نسبت به اراضی دیگر می‌تواند ملی بودن این مناطق باشد، چراکه در کاربری‌های دیگر مالکان ممکن است با ایجاد سد زیرزمینی مخالفت کنند، از سوی دیگر کاربری‌های مسکونی معضلاتی چون آلوده شدن مخزن، عدم نفوذ آب را در پی دارند.

هرچه آبراهه جریان زیرسطحی بیشتری داشته باشد، برای احداث سد زیرزمینی مناسب‌تر است. آبراهه‌های رتبه ۱ و ۲ چون جریان آب محدودی دارند، برای احداث سد زیرزمینی مناسب نیستند (روهینا و همکاران، ۲۰۲۰)، اما آبراهه‌های رتبه ۳ و ۴ به دلیل جریابرابری احداث سدهای زیرزمینی در اولویت قرار می‌گیرند (تشکری و همکاران، ۲۰۲۴). نظر کارشناسان نظرسنجی این پژوهش نیز این نکته را تأیید می‌کند. بافت خاک با توجه به اینکه لایه سطحی را در بر می‌گیرد و می‌تواند در نفوذپذیری آب در زمین مؤثر باشد بررسی شد، اما در ارزش‌دهی به معیارها وزن زیادی را به خود اختصاص نداد. طبقات ارتفاعی نیز معیار پراهمیتی نسبت به معیارهای دیگر نبود و کمترین وزن به آن اختصاص یافت.

نتایج حاصل از نقشه تناسب اراضی برای ایجاد سد زیرزمینی نشان داد که ۱۱ درصد اراضی این حوضه بسیار مناسب و ۲۳ درصد نیز مناسب هستند و سایر مناطق یا فاقد قابلیت‌اند یا قابلیت بسیار کمی دارند. با بررسی‌های میدانی مشخص شد که روش استفاده‌شده در این پژوهش توانسته است مناطق مستعد ایجاد سد زیرزمینی را به‌درستی اولویت‌بندی کند. به‌نحوی که پژوهش‌های میدانی نشان داد بهترین منطق احداث سد با مناطق پیشنهادشده توسط روش استفاده‌شده همخوانی دارد. بیشترین اولویت‌ها در سازندهای کواترنر و مناطق با شیب کمتر از ۸ درصد و در فاصله مناسب از گسل‌ها و منطق مسکونی قرار گرفته که بیان‌کننده صحت اولویت‌بندی سازه در این پژوهش است. پژوهش‌های متعددی بر کارایی روش‌های AHP و TOPSIS برای تحلیل مکانی و اولویت‌بندی مناطق برای اهداف مختلف تأکید کرده‌اند (بختیاری فر و همکاران، ۲۰۱۴؛ عرب‌عامری و همکاران، ۲۰۱۸). به‌طور

کلی می‌توان گفت استفاده از تکنیک‌های تلفیقی تصمیم‌گیری چندمتغیره با GIS می‌تواند از سردرگمی در تحلیل مکانی جلوگیری کند.

در محدوده پژوهش رودخانه دائمی وجود ندارد و منبع اصلی تأمین آب در منطقه آب زیرزمینی است. بیشتر اراضی منطقه کشت دیم و آبی است. بیشتر بارش‌های منطقه در پاییز و زمستان رخ می‌دهد و بیشترین نیاز آبی در بهار و تابستان و اوایل پاییز قبل از شروع بارش‌های پاییزه است. از سوی دیگر میزان تبخیر به دلیل دمای زیاد منطقه زیاد است و ذخیره آب در منابع سطحی موجب افزایش هدررفت و تبخیر می‌شود. از این‌رو ایجاد سدهای زیرزمینی در این منطقه و ذخیره آب در مخازن زیرزمینی افزون بر تأمین نیاز آبی از هدررفت آب جلوگیری می‌کند.

References

- Alizadeh, A. (2007). *Applied Hydrology*, Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian).
- Arabameri, A., sohrabi, M., Rezaei, K. & shirani, K. (2018). Site Selection of Underground Dam Using GIS and Ahp Model. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 13 (41), 51-60, DOI: [20.1001.1.20089554.1397.12.41.5.4](https://doi.org/10.1001.1.20089554.1397.12.41.5.4). (In Persian).
- Bakhtiarifar, M., Mesgari, M., Karimi, M., Chehrehgani, A. (2011). Land use Change Modeling Using Multi-Criteria Decision Analysis and GIS. *Journal of Environmental Studies*, 37(58), 43-52, DOI: [20.1001.1.10258620.1390.37.58.6.6](https://doi.org/20.1001.1.10258620.1390.37.58.6.6).
- Birjandi, A. (2011). Locating an underground dam in an uninhabited regional watershed. Master's Degree in Natural Resources Engineering - Desertification, Kashan University. (In Persian).
- Chazgi, c., Moradi, H. & khairkhah, M. (2010). Locating suitable sites for underground dam construction using Multi Criteria Decision Making with Emphasis on Water Resources (Case Study West of Tehran Province), *Journal of Watershed Management Science*. 4 (13): 65-68, DOI: [20.1001.1.20089554.1395.10.32.7.4](https://doi.org/20.1001.1.20089554.1395.10.32.7.4). (In Persian).
- Dashti Barmaki, M., Yazdani Noori, Z., & Moradinejad, T. (2023). Locating underground dam with the aim of supplying water to the iron ore mine of Sangan, *Khaf. Journal of Aquifer and Qanat*, 4(1), 117-137, DOI: [10.22077/jaaq.2023.7027.1058](https://doi.org/10.22077/jaaq.2023.7027.1058). (In Persian).
- Davoodi, M. (2004). *Underground Dams an Economical and Effective Strategy for Water Resources Management and Development*, Soil and Watershed Protection Research Institute Publications. (In Persian).
- Eshghizaseh, M. & Nora, N. (2009). Determine the proper location of underground dam on Qanat (case study: Qanat Dahan Chenar, Kalat Gonabad Watershed). *Journal of soil and water conservation research*, 7(3), DOI: [20.1001.1.23222069.1389.17.3.3.4](https://doi.org/20.1001.1.23222069.1389.17.3.3.4). (In Persian).
- Haj seyed ali khani, N., saeediyan, H., & rezaei, M. (2024). Investigating the Sensitivity and Accuracy of Analytical Hierarchy Process (AHP) Process in Construction of Underground Dams in Desert Regions. *Iranian journal of Ecohydrology*, 11(1), 125-147, DOI: [10.22059/ije.2024.372868.1796](https://doi.org/10.22059/ije.2024.372868.1796). (In Persian).
- Kordi, R., Faramarzi, M., Karimi, H., Garai, P. & Yarmohammadi, A., (2016). Mapping underground Dam in Arid and Semi-Arid Area in Western Iran (Case Study: Mehran, Ilam Province). *jwmr*. 2016; 7 (13):172-164, DOI: [10.18869/acadpub.jwmr.7.13.172](https://doi.org/10.18869/acadpub.jwmr.7.13.172). (In Persian).
- Kharazi, P., Yazdani, M., Ara, H., khazaealpour, P. (2017). Suitable site selection for groundwater dams' construction using analytical hierarchy process Case study: Dasht- e -Kavir Watershed. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 26(103), 177-185, DOI: [10.22131/sepehr.2017.28902](https://doi.org/10.22131/sepehr.2017.28902). (In Persian).
- Mohammadi Ostadkalayeh, A., Tahmasebi, A., Kashani, M., & Keshavarz Ghorabae, M. (2024). Evaluation of natural resource management using good governance indexes. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 31(1), 93-106, DOI: [10.22092/ijrdr.2024.131465](https://doi.org/10.22092/ijrdr.2024.131465). (In Persian).
- Nasiri, A. (2009). Application of Integrated Multi-criteria Decision-Making Methods (SMCDM) with GIS in Urban Land Use. *Geomatics conference*. (In Persian).
- Nilsson, A., (1988). *Groundwater Dams for Small-scale Water Supply*. Intermediate Technology Publications.
- Rangzan, K. No, no. Tagizadeh, A. And Niamadpour, A. (2013). Identification of suitable locations for the construction of underground dams using GIS and fuzzy multi-criteria decision making in Batvand plain, Khuzestan province. Fourth Earth Science Conference. University of Tehran. (In Persian).
- Rezaei, P., Rezaie, K., Nazari-Shirkouhi, S., Jamalizadeh Tajabadi, M.R., (2013): Application of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Analysis for Evaluating and Selecting the Best Location for Construction of Underground Dam, *Acta Polytechnica Hungarica*, 10(7), 187-209, DOI: [10.12700/APH.10.07.2013.7.13](https://doi.org/10.12700/APH.10.07.2013.7.13).
- Rohina, A., Ahmadi, H., Moeini, A., & Shahriar, A. (2020). Site Selection for Constructing Underground Dams Using Boolean Logic and the AHP method in the Imamzadeh Jafar Gachsaran Watershed. *Watershed Management Research*, 33(4), 2-16, DOI: [10.22092/wmej.2020.126600.1228](https://doi.org/10.22092/wmej.2020.126600.1228). (In Persian).
- Tashakori, M., Hayatzadeh, M., Fathzadeh, A., Chezgi, J., & Bemani Kharanagh, A. (2023). Technical note: Feasibility and spatial prioritization of underground dam construction in the arid and semi-arid regions, case study: Roodan Watershed. *Watershed Engineering and Management*, 15(4), 655-672, DOI: [10.22092/ijwmse.2023.359376.1981](https://doi.org/10.22092/ijwmse.2023.359376.1981). (In Persian).
- Saaty, T. (1980) *The analytic hierarchy process*. McGraw Hill press.
- Zarei, N., & Kord, M. (2023). Underground dam construction site selection using Boolean logic and analytical hierarchy process methods using GIS (Case study: Hassanabad watershed in Kermanshah province). *Hydrogeology*, 7(2), 172-186, DOI: [10.22034/hydro.2022.50085.1258](https://doi.org/10.22034/hydro.2022.50085.1258). (In Persian).