Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Locating and prioritizing areas susceptible to underground dam construction within the Fashand Sub-watershed in Alborz Province

Alireza Majidi[1*]

1. Assistant Professor, Department of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. Email: majidi_geo@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 30 November 2024
Revised: 30 December 2024
Accepted: 30 December 2024
Published online: 31 December 2024

Keywords:
Underground dam, analytical hierarchy process, GIS, RS, Fashand.

ABSTRACT

The strong capacity of Geographic Information System (GIS) in spatial data analysis, especially the integration of information layers, helps in selecting the optimal location for an underground dam, considering time and cost savings. Multi-criteria analysis (MCA) is a Geographic Information System (GIS)-based decision-making technique designed based on various criteria. Multi-criteria analysis (MCA) is used to identify the most suitable locations for constructing structures or implementing construction projects, especially at regional and sub-regional scales. Multi-criteria analysis, integrated with GIS, combines various criteria/parameters into a single result and location.The main objective of this paper is to find a practical and applicable method in locations similar to this project by making decisions on the dam's location. The use of GIS and RS techniques was employed to create a weighting model, compare, and prioritize suitable areas for underground dam construction using information and decision support systems. The main socio-economic criteria, water runoff, and water quality and quantity were utilized to determine the dam's location. The results indicated that the southern regions have a high priority for underground dam construction. Based on the ranking of the disaggregated maps, the final range varies between 4.7 and 8.19. Despite the high EC rate and lower permeability class, these areas achieved better results in the final weighting due to shorter distances from settlements, better land use/cover classes, and greater socio-economic impact.

Citation: Majidi, A. (2024). Locating and prioritizing areas susceptible to underground dam construction within the Fashand Sub-watershed in Alborz Province, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(4), 123-142.
DOR:

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Alireza Majidi
Address: Department of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
Tel: +989125833532
Email: majidi_geo@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Locating and prioritizing areas susceptible to underground dam construction within the Fashand Sub-watershed in Alborz Province

Alireza Majidi *
1. Assistant Professor, Department of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. Email: majidi_geo@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: In general, underground dams are constructed in areas where the groundwater level varies throughout the year, from very high in the rainy season to very low in the dry season. As a result, there is no consistent and reliable trend in the volume of this water. The purpose of these dams is to store water underground instead of on the surface, which offers numerous advantages and benefits. These include minimal surface evaporation, reduced risk of pollution, no flooding of large areas of land, high structural stability, no threat to residents and buildings downstream of the dam, low construction costs compared to surface dams, and the utilization of shallow groundwater.

Methodology: The data used in this study include a Digital Elevation Model (DEM) of Fashand extracted from ASTER satellite data with a resolution of 30 meters, geological maps of Shokran at a scale of 1:100,000, permeability maps of Sefidroud and Lakheor Namak basins at a scale of 1:250,000, as well as relief and land use maps of the Fashand quadrangle extracted from the ESA World Cover satellite product with a resolution of 10 meters. Raster databases were created using ArcGIS 10.8 software. The ArcHydro subprogram within this software was utilized to automatically extract watersheds, analyze river flow types (permanent or seasonal), and determine the direction of water flow in the study area. To perform pairwise comparisons, assign weights to each pixel of the raster maps in the study area, and generate weighted maps for spatial evaluations, Expert Choice 11 software was employed. Finally, the Spatial Analyst subprogram in ArcGIS 10.8 software was used to integrate the evaluated maps. This study utilized a decision support system, which is known for its high-precision decision-making capabilities that can effectively address problems with specific, somewhat unknown structures.

Results and Discussion: Studies should be hierarchical and step-by-step to determine the feasibility and placement of regional hydraulic infrastructure like underground dams. From stage to stage, lower the study area and boost accuracy. Exclusionary or incompatible criteria for physical and environmental (technical) qualities and situations that might prevent structure development or project execution are identified to improve accuracy, focus, and study cost and time. After identifying exclusionary criteria, locations that fit them may be eliminated step by step depending on significance and priority. The remaining locations will not have utterly incompatible or inappropriate variables and circumstances for building or executing the project. These locations might execute the initiative. In ArcGIS 10.8, the criteria were created as 50-meter-pixel raster layers. Slope is important while choosing axis for subterranean dams. This research assumed a slope of more than 7 percent in riverbed alluvium for precision and scope of work. The ideal slope for building an underground dam is usually more than 5 percent. The software environment and DEM data were used to create a slope map of the research region. The Boolean logic technique allocated one to places with a slope of less than 7% and zero to others.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

Conclusion: The Geographic Information System (GIS)'s spatial data analysis, notably layer integration, may assist choose the optimal subterranean dam placement to save time and money. This article's main goal is to find a practical and extensible method to places with similar characteristics to the project's location to decide on the best place to build a dam. GIS and RS techniques are needed to create a model for weighting, comparing, and prioritizing suitable areas for underground dams using the DSS decision support system and GIS information layers. In this article, the socio-economic, water escape, and water quality and quantity factors are most useful for identifying subterranean dam locations. The research found that southern areas prioritize subsurface dam construction. Scores for the final integrated map vary from 4.77 to 8.19. Despite their high EC and poor permeability class, these locations are prioritized owing to their shorter distances from the community, better land use/land cover class, and larger socio-economic weighting.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: No funding is available.

Authors' contribution: Alireza Majidi, as the author of the paper, conducted all parts of the research and wrote the whole manuscript.

Conflicts of interest: The author of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The authors of this article sincerely thank the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute for its financial support of this research and the necessary consultations by relevant experts.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در زیرحوزه آبخیز فشند در استان البرز

علیرضا مجیدی *[۱]

۱. استادیار، بخش تحقیقات هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، majidi_geo@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۰ آذر ۱۴۰۳
بازنگری: ۱۰ دی ۱۴۰۳
پذیرش: ۱۰ دی ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۱۱ دی ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
سد زیرزمینی، روش تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، فشند.

چکیده

ظرفیت قوی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، به‌ویژه ادغام لایه‌های اطلاعاتی، با توجه به صرفه‌جویی در زمان و هزینه، به انتخاب مکان بهینه برای یک سد زیرزمینی کمک می‌کند. تحلیل چندمعیاری (MCA) یک تکنیک تصمیم‌گیری مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است که بر اساس معیارهای مختلف طراحی شده است. تحلیل چندمعیاری (MCA) برای شناسایی مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث سازه و یا اجرای پروژه‌های عمرانی به خصوص در مقیاس منطقه‌ای و ناحیه‌ای استفاده می‌شود. تحلیل چندمعیاری که با GIS یکپارچه شده است، ترکیب معیارها / پارامترهای مختلف را در یک نتیجه و محل واحد تحلیل می‌کند. با توجه به هدف اصلی این مقاله که یافتن روشی کاربردی و قابل استفاده در مکان‌های مشابه با موقعیت این پروژه با تصمیم‌گیری در محل ساخت سد است، استفاده از تکنیک‌های GIS و RS برای ایجاد مدل وزن‌دهی و مقایسه و اولویت‌بندی مناطق مناسب برای ساخت سد زیرزمینی با استفاده از سامانه‌های اطلاعاتی و پشتیبانی تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. در این مقاله از معیارهای اصلی اجتماعی – اقتصادی، فرار آب و کیفیت و کمیت آب برای تعیین محل ساخت سدهای زیرزمینی استفاده شد. نتایج نشان داد که مناطق جنوبی برای ساخت سدهای زیرزمینی اولویت بالایی دارند. بر اساس رتبه‌بندی نقشه‌های تفکیک شده، رنج عددی محدوده نهایی بین ۴,۷ تا ۸,۱۹ متغیر است. علی‌رغم نرخ بالای EC و کلاس نفوذپذیری کم‌تر، این مناطق به‌دلیل فواصل کوتاه‌تر از سکونتگاه، کلاس‌های کاربری/پوشش زمین بهتر و اثر اجتماعی-اقتصادی بزرگ‌تر در وزن‌دهی نهایی بهتر نتایج بهتری کسب کردند.

استناد: مجیدی، علیرضا. (۱۴۰۳). مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در زیرحوزه آبخیز فشند در استان البرز. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۴)، ۱۲۳-۱۴۲.

DOR:

ناشر: انجمن علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

*[۱] **نویسنده مسئول:** علیرضا مجیدی
نشانی: بخش تحقیقات هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
تلفن: ۰۹۱۲۵۸۳۳۵۳۲
پست الکترونیکی: majidi_geo@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

مقدمه

به‌طورکلی سدهای زیرزمینی در مناطقی احداث می‌شوند که میزان آب‌های زیر زمینی در طول سال از مقادیر بسیار زیاد در فصول بارانی تا بسیار کم در فصول خشک متغیر بوده و بنابراین یک روند ثابت و قابل‌اطمینان در میزان حجم این آب‌ها وجود ندارد. بند زیر زمینی فن‌آوری ساده و کاربردی برای جمع‌آوری و ذخیره سازی آب زیرسطحی یا زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این بندها با هدف توسعه منابع آبی در سطح حوزه‌های آبخیز و در بستر آبراهه‌ها و رودخانه‌ها و ترجیحا خشکه‌رودها ساخته می‌شوند و معمولا تا سنگ بستر نفوذ ناپذیر ادامه می‌یابند. بند زیرزمینی در حقیقت مانعی سازه‌ای یا هیدرولیکی در برابر جریان آب زیرسطحی در زیر زمین و در یک محیط متخلخل است. بند آب زیرزمینی در مقایسه با سدهای معمولی که در عرض رودخانه یا نهرها به‌منظور ذخیرهٔ آب سطحی ساخته می‌شوند و آب سطحی را در مخازن بالادست سد جمع‌آوری می‌کنند، جریان زیرزمینی را مسدود، منحرف و یا محدود می‌کند و آب را در زیر سطح زمین در محیط متخلخل ذخیره و یا منحرف می‌نماید.

اساس کار در این سدها ذخیره‌سازی آب در زیر زمین به‌جای روی زمین است. استفاده از این فن‌آوری فواید و مزایای بسیار زیادی نسبت به ذخیره آب در سطح دارد که از آن جمله می‌توان به میزان بسیار کم تبخیر سطحی، کاهش خطر آلودگی، عدم وجود مشکل غرقاب شدن زمین‌های زیاد، پایداری سازه‌ای بسیار بالا، عدم وجود تهدید برای ساکنین و ابنیه پایین‌دست سد، هزینه ساخت بسیار کم و هم‌چنین نزدیکی به محل مصرف و مشارکت مردمی در ساخت و نگهداری و بهره‌برداری، اشاره نمود. از طرف دیگر چون در سدهای زیرزمینی آب به‌طور سطحی ذخیره نمی‌شود، لذا سبب تغییر کاربری اراضی و بوم‌سازگان موجود نیز نمی‌شود و بنابراین از نظر محیط زیستی نیز بی‌خطر است (خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده از سدهای زیرزمینی در حال حاضر از مناسب‌ترین روش‌ها جهت مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در کشور و حل معضل کم‌آبی و مدیریت ریسک خشکسالی محسوب می‌شود. در ایران و سایر نقاط جهان تحقیقات زیادی در مورد مکان‌یابی و ساخت سدهای زیرزمینی انجام‌گرفته است و نمونه‌های زیادی نیز به مرحله اجرا رسیده است. در این زمینه خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی مکان‌یابی و اولویت‌بندی احداث سدهای زیرزمینی در استان قزوین بر مبنای استفاده هم‌زمان از GIS، تکنیک‌های RS و سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) پرداختند. این مطالعات، تطابق نتایج به‌دست آمده از مدل ارائه شده در این تحقیق را با نتایج مطالعات تکمیلی، نشان داد و صحت این مدل را تأیید نمود. خدادادی و همکاران (۱۳۹۷) با توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری طی سه مرحله، به مکان‌یابی سد زیرزمینی در منطقه شبستر (شمال شرق ارومیه) پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد شرایط مناسب در دشت‌های میان‌کوهی و مخروط‌افکنه‌های واقع در دامنه‌های کوهستانی، دهانه خروجی دره‌ها و مسیل‌ها فراهم است.

خدایی و همکاران (۱۳۹۹) به مکان‌یابی مناطق مناسب سد زیرزمینی در حوضه آبریز قوری چای با استفاده از GIS/RS به روش وزن‌دهی بر اساس تابع کوئین پرداختند. نتایج نشان داد این روش ترکیبی یک روش کارآمد برای انتخاب مکان بهینه سد زیرزمینی است. دهقانی و کوهبنانی (۱۴۰۰) به مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از GIS ادغام شده با الگوریتم فازی پرداختند. نتایج نشان داد برای جلوگیری از اجرای سازه‌ها در مناطق دورافتاده صعب‌العبور، حفظ فاصله از روستاها ضروری است، هم‌چنین بر اساس یافته‌های پژوهش با افزایش درجه فازی، درصد مناطق مناسب کاهش می‌یابد. حیدری مظفر و شهاوند (۱۴۰۰) با ترکیب نقشه‌های فازی در سامانه اطلاعات مکانی (GIS)، مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ، واقع در شمال استان همدان را شناسایی کردند. نتایج نشان داد که در صورت وجود داده‌های مناسب مکانی و نقشه‌های با دقت بالا، روش ترکیب نقشه‌های فازی می‌تواند نتایج مناسبی برای پیشنهاد مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی را ارائه نماید. Barkhordari (2015) در پژوهشی با استفاده از تکنیک‌های سامانهٔ اطلاعات زمین–مکانی و سنجش از دور به مکان‌یابی اولیهٔ سدهای زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز اردکان یزد اقدام کرد. نتایج نشان داد ۴۶/۷ درصد از سطح حوضه دارای قابلیت متوسط است و ۲۶/۶ درصد آن قابلیت بسیاری برای احداث سد زیرزمینی دارد. Ilyati et al (2020) به تلفیق روش‌های سنجش از دور و رادار برای تخمین مناطق مناسب برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی در دشت ابو زیدآباد پرداختند. نتایج نشان داد این روش ترکیبی، یک روش کارآمد برای انتخاب مکان بهینه سد زیرزمینی است. Adjei Damfeh et al (2022) از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای انتخاب مکان بهینه برای سد زیرزمینی در شهرداری Sunyani-West غنا استفاده کردند. نتایج نشان داد این روش یک روش کارآمد برای انتخاب مکان بهینه سد زیرزمینی است. Choi et al (2023) به اولویت‌بندی شش سایت سد زیرزمینی با استفاده روش‌های AHP و FUZZY AHP در منطقه یئونگ‌دونگ استان گانگ وون کره جنوبی پرداختند. نتایج نشان داد روش ارائه شده در این مطالعه در اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی مفید بود و اعتقاد بر این است که می‌تواند بینشی در مورد پتانسیل سدهای زیرزمینی برای امنیت آب در منطقه Yeongdong ارائه دهد.

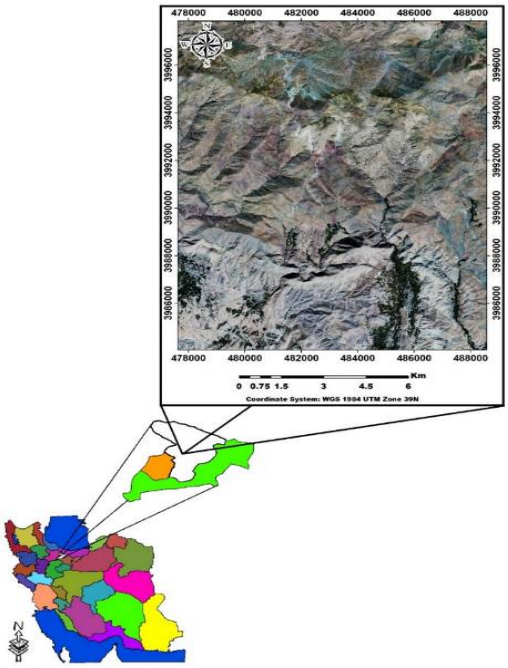
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، چهارگوش نقشه ۱:۲۵۰۰۰ زمین‌شناسی مهندسی و آب‌زمین‌شناسی ورقه فشند است که در مختصات ' ۴۵ °۵۰ تا "۳۰' ۵۲ °۵۰ طول خاوری و ' ۰۰ °۳۶ تا "۳۰' ۰۷ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد. ورقه فشند که با شماره II-SW-6162 در سازمان زمین‌شناسی کدگذاری شده است، در گوشه جنوب باختری نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ فشند و در نیمه جنوب باختری نقشه زمین‌شناسی ورقه یک صدهزارم شکران واقع شده است. این چهارگوش در غرب استان تهران واقع است و راه‌های مهم دسترسی به این منطقه شامل جاده قدیم و بزرگراه تهران – قزوین است. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم این منطقه به‌صورت خشک بیابانی است (شکل ۱). باوجود این در نواحی شمالی دشت اقلیم‌های نیمه‌خشک و در بالادست حوضه کردان اقلیم‌های مرطوب نیز توسعه دارند. از نظر میزان بارندگی باتوجه‌به ایستگاه‌های باران‌سنجی، این منطقه دارای متوسط بارندگی ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است.



شکل ۱– موقعیت محدوده مورد مطالعه

Figure 1– Location of the study area

روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: لایه رستری و رقومی ارتفاعی DEM محدوده چهار گوش فشند، مستخرج از داده‌های ماهواره‌ای ASTER با دقت ۳۰ متر، لایه‌های رقومی و رستری نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شکران، نقشه‌های نفوذپذیری ۱:۲۵۰۰۰۰ در حوضه آبریز سفیدرود و حوضه دریاچه نمک، لایه رقومی و رستری نقشه عوارض زمین و کاربری اراضی محدوده چهارگوش فشند مستخرج از محصول ماهواره‌ای ESA WorldCover با دقت ۱۰ متر (Zanaga et al. 2022)، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور ایجاد پایگاه‌داده‌های رستری استفاده شد. هم‌چنین زیر برنامه ArcHydro در این نرم‌افزار، به‌منظور استخراج اتوماتیک حوضه‌های آبریز و تحلیل نوع جریان رودخانه از نظر دائمی یا فصلی بودن و هم‌چنین برای تعیین جهت جریان آبراهه‌های محدوده مورد مطالعه بکار رفت. به‌منظور انجام مقایسات زوجی و تخصیص وزن به هر پیکسل از نقشه‌های رستری محدوده مورد مطالعه و تولید نقشه‌های وزنی برای ارزیابی‌های مکانی، نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده شد. نهایتاً، تلفیق نقشه‌های در محیط GIS انجام شد. در این مقاله از سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده شد. این سامانه‌ها دارای قابلیت تصمیم‌گیری با دقت بالا هستند که می‌توان از آن‌ها به‌منظور حل مشکلات با ساختار مشخص و تا حدودی ناشناخته استفاده کرد (Gorry and Morton, 1971).

انتخاب محل مناسب احداث سازه، از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند در موفقیت یا عدم موفقیت طرح تاثیرگذار باشد. عوامل مختلف فنی، اقتصادی در تعیین محل مناسب احداث سد زیرزمینی موثر شناخته شده‌اند و تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب بهترین محل با

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

توجه به تعدد معیارهای دخیل، کار پیچیده‌ای است. لذا توسعه یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌منظور تعیین اهمیت معیارها و شناسایی محل مناسب احداث این‌گونه سدها ضرورت پیدا می‌کند. در این میان کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، مدیریت و تلفیق این داده‌ها و نیز توانایی آن‌ها در ارزیابی چند معیاره مکانی اهمیت ویژه‌ای دارد.

مکان‌یابی نقاط مستعد احداث سد زیرزمینی ابتدائی‌ترین و درعین‌حال مهم‌ترین بخش از استحصال و مدیریت آب‌های زیرزمینی با استفاده از فن‌آوری سدهای زیرزمینی است و این امر ضرورت مطالعات فراگیر با استفاده از روشی که در برگیرنده اطلاعات مکانی و غیرمکانی و توصیفی برای مکان‌یابی باشد را بیش‌تر نمایان می‌سازد. این روش در واقع روشی است مبتنی بر استفاده هم‌زمان از امکانات محیط GIS و اسخراج معیارها و عوامل و پارامترها توسط پردازش تصاویر ماهواره‌ای (RS) و تشکیل یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری DSS (Decision support system) که می‌تواند با انجام ارزیابی‌های چند معیار مکانی و بدون صرف وقت و هزینه زیاد ناشی از بازدیدهای صحرایی و حجم اطلاعات زیاد، نتیجه‌ای با تطابق بالا با واقعیت را پس از کنترل صحرایی، حاصل نماید. مرحله اول از مکان‌یابی سد زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه، شناسایی مناطق مناسب و دارای پتانسیل از بین بی‌نهایت منطقه موجود بر مبنای معیارهای حذفی است. این معیارها شامل کاربری/ پوشش اراضی (Built-up, Permanent water bodies)، سازندهای زمین‌شناسی رخنمون یافته در حاشیه آبراهه‌ها با نفوذپذیری متوسط به بالا به لحاظ پتانسیل فرار آب در محل سد بر مبنای نفوذپذیری (مجیدی و حسینی مرندی، ۱۴۰۳)، حریم گسل (به لحاظ ایجاد منطقه خرد شده در اثر فعالیت گسل) و اثر آن در فرار آب و حریم منابع آبی به لحاظ در نظر گرفتن حق آبه و جلوگیری از تخریب و اختلال در آبدهی آن‌ها، هستند. این معیارها و حریم‌ها براساس نتایج حاصل از بررسی‌ها در بخش مرور منابع حاصل شده است (مجیدی، ۱۴۰۳، خدادادی و همتی، ۱۳۹۷، Barkhordari، 2015، Damfeh et al. 2022، Choi et al.2023،). حریم از گسل به‌صورت یک بافر به شعاع ۱۰۰ متر و برای منابع آبی (چاه، چشمه و قنات) ۲۰۰ متر در نظر گرفته شد. آبراهه دائمی (دارای دبی پایه) و آبراهه‌های فصلی که در خطالراس‌ها قرار دارند، به لحاظ عدم وجود حجم آب زیرقشری و ضخامت آبرفت مناسب (آبراهه‌ها با رده I,II) و شیب بستر در محدوده آبرفت‌های بستر رودخانه بیش از ۷ درصد هستند (مجیدی، ۱۴۰۳).

قابل ذکر است که معیار شیب به‌عنوان معیار و شاخصی در تعیین حجم مخزن است و عموما شیب بستر بیش از ۵ درصد در اکثر منابع به‌عنوان شیب نامناسب در نظر گرفته شده است. اما در این پژوهش، به‌دلیل دقت و خطای محاسبه شیب‌ها در مقیاس مطالعات منطقه‌ای و پیکسل سایزها در این مرحله از مطالعات، شیب بیش از ۷ درصد مبنای معیار شیب برای نواحی یا بازه‌های حذفی بستر آبراهه قرار گرفت. به‌دلیل محدودیت در عمق حفاری محور توسط ابزارآلات متداول مانند لودر و بولدوزر و...، عموما، از یکسو حفاری در عمق‌های بیش از ۳۰ متر با این ابزار دشوار و به‌کندی امکان‌پذیر است و از سوی دیگر برای اعماق بیش از ۳۰ متر نیاز به تکنولوژی‌های پیشرفته و نیروهای متخصص بوده و بسیار هزینه‌بر است. لذا، محورهایی که در آن‌ها ضخامت آبرفت بیش‌تر از ۳۰ متر است نسبت به سایر محورها دارای اهمیت و وزن کم‌تری هستند. از آن‌جا که مخزن سد زیرزمینی یک محیط متخلخل است و آب در تخلخل آبرفت پشت سد ذخیره می‌شود، لذا، عموما، ضخامت آبرفت کم‌تر از ۵ متر برای ساخت سد زیرزمینی توجیه اقتصادی ندارد. اطلاعات مربوط به معیارهای حذفی در جدول ۱، قابل مشاهده است.

جدول ۱- پارامترهای حذفی در مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی

Table 1- Restriction's parameters of the sanitary subsurface dam regions

Restriction's parameters	Properties
Distance from fault	< 100 m
Distance from water resources (well, spring, qanat)	< 200 m
Stream class (strahlerclassification)	I, II
Permeability	Very high, High, Moderate to high
Land use/ land cover	Built- up, Permanent Water Bodies
Alluvial (q)	5< q <30
Slope	> ۷ %

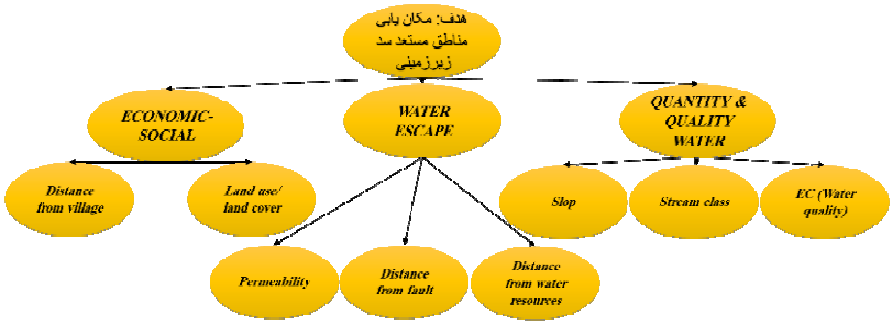
معیارهای مذکور به شکل لایه‌های رستری با اندازه پیکسل ۵۰ متر در محیط نرم‌افزار ArcGIS10,8 تهیه و بر اساس منطق بولین به پیکسل‌های نامناسب عدد صفر و پیکسل‌های مناسب عدد یک اختصاص یافت. در مرحله بعد از بین مناطق مناسب و دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی، از طریق روش سلسله‌مراتبی بر مبنای شاخص تناسب، اولویت‌بندی انجام می‌شود.

عوامل مختلفی از جمله معیارهای اقتصادی و فنی در انتخاب محل مناسب احداث سازه‌ها نقش دارند. بسیاری از این معیارها برای مکانیابی سدهای زیرزمینی نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در تحقیق حاضر از سه معیار مختلف که بیش‌ترین تکرار را در تحقیقات قبلی داشته‌اند، استفاده شده است. در این تحقیق سه معیار اصلی، فرار آب، کمیت و کیفیت آب و اقتصادی-اجتماعی در بالاترین سطح و معیارهای

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

فرعی و شاخص‌ها در قسمت‌های پایین درخت تصمیم‌گیری قرار گرفتند که معیارهای اصلی خود به معیارهای فرعی دیگر تقسیم شدند. در نهایت این معیارهای فرعی توسط شاخص‌ها که در پایین‌ترین قسمت درخت تصمیم‌گیری قرار دارند مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۲).



شکل ۲- ساختار درخت تصمیم‌گیری AHP مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

Figure 2– AHP decision tree structure used in the study area

در مرحله بعد لایه‌های تهیه شده بر مبنای دانش کارشناسی رده‌بندی و وزن‌های موجود در شاخص‌ها تعیین شد. سپس رده‌های مختلف به‌صورت دودوئی در قالب یک ماتریس نسبت به یکدیگر سنجیده شد. در نهایت هر جفت از معیارهای اصلی دخیل در تصمیم‌گیری شاخه‌های اصلی درخت تصمیم‌گیری نیز دوبه‌دو با هم مقایسه شد. این قیاس‌ها به شکل عددی و در یک مقیاس وزنی از ۱ تا ۹ انجام شد. جدول ۲ ارزش معیارها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر را با استفاده از نظر کارشناسی نشان می‌دهد. در نهایت، با اعمال وزن هر کدام از زیر معیارها در نقشه‌های حاصله و تلفیق نقشه‌های وزن‌دهی شده در محیط (GIS)، نقشه نهایی تولید شد.

جدول ۲- عوامل تصمیم‌گیری مکان‌یابی سد زیرسطحی، رتبه‌بندی‌ها و لایه‌های ورودی مورد استفاده در تحلیل‌ها

Table 2- Subsurface dam siting decision factors, ratings and input layers used in analyses

Decision factors	Properties	
ECONOMIC- SOCIAL factor group		
Distance from village	> 2 km	5
	1-2 km	7
	≤ 1km	9
Land use/ land cover	Tree cover	5
	Shrub Land, Gross Land, Crop Land	7
	Bare Land/Sprse Vegetation	9
WATER ESCAPE factor group		
Permeability	Moderate	5
	Low to moderate	7
	Very low to low	9
Distance from fault	100-200 m	5
	> 200 m	7
Distance from water resources	200-500 m	4
	> 500 m	7
QUANTITY & QUALITY WATER factor group		
Slop	5-7 %	5
	3-5 %	7
	0-3 %	9
Stream class	III, IV	5
	V	7
EC (Water quality)	< 750 µS/cm	4
	500-750 µS/cm	6
	>500 µS/cm	8

نتایج و بحث

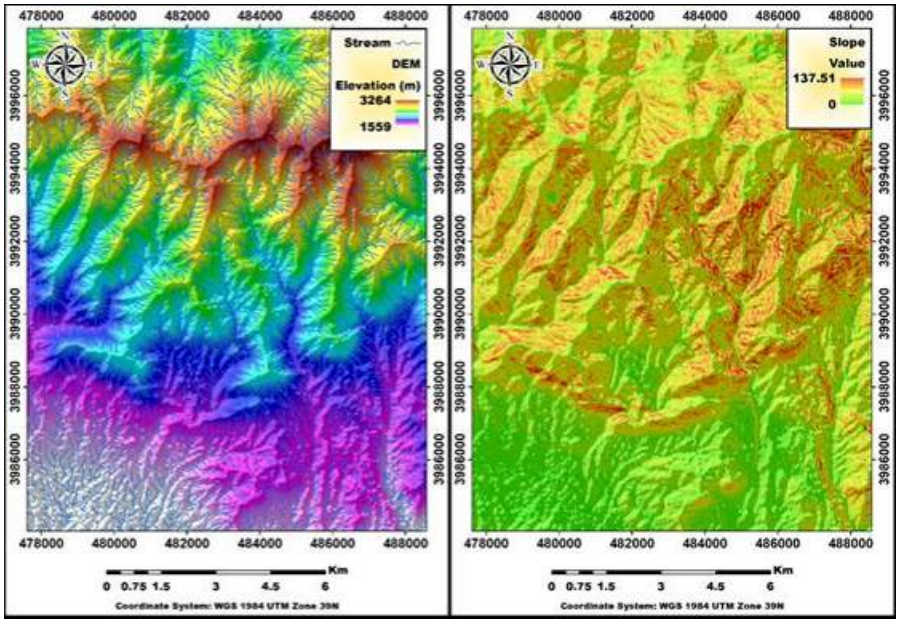
تحلیل چندمعیاری (MCA) یک تکنیک تصمیم‌گیری مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است که بر اساس معیارهای مختلف طراحی شده است. تحلیل چندمعیاری (MCA) برای شناسایی مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث سدزیرزمینی (Underground Dam) در منطقه مورد مطالعه (حوزه فشندی) استفاده می‌شود. تحلیل چندمعیاری که با GIS یکپارچه شده است، ترکیب معیارها / پارامترهای مختلف را

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

در یک نتیجه و محل واحد تحلیل می‌کند. با این حال، عوامل و محدودیت‌های خارجی می‌توانند بـر تصـمیم تـأثیر بگذارنـد. "عوامـل، مناسـب بودن یک منطقه را بهبود می‌بخشند، درحالی‌که، محدودیت‌ها، مناسب بـودن آن را محـدود می‌کننـد" (Eastman et al., 1998). هنگـامی‌کـه عوامل و محدودیت‌ها نهایی می‌شوند، استانداردسازی معیارها ضروری است. در ایـن پـژوهش بـرای اولویت‌بنـدی و رتبه‌بنـدی، از AHP بـرای اختصاص بهترین و بدترین سطح و وزن به معیارهای مختلف برای تحلیل‌های بعدی استفاده شد.

به‌منظور پتانسیل‌یابی و مکان‌یابی احداث سازه‌های هیدرولیکی نظیر سد زیرزمینی در مقیاس ناحیه‌ای، بهتر است مطالعات به‌صورت سلسله‌مراتبی و گام به گام و با هدف کاهش سطح مورد مطالعه و افزایش دقت آن، از هر مرحله به مرحله بعد، انجام پذیرد (مجیدی، ۱۴۰۳). به لحاظ افزایش دقت، تمرکز و کاهش هزینه و زمان مطالعات، ابتدا ویژگی‌ها و شرایط فیزیکی و محیطی (فنی) که حضور و وجود هریک از آن‌ها در هر مکان یا ناحیه، می‌تواند احداث سازه یا اجرای پروژه را کامل منتفی نماید، به‌عنوان معیارهای حذفی یا ناسازگار، شناسایی شد؛ سپس، با مشخص نمودن نواحی واجد معیارهای فوق و حذف این نواحی از سطح منطقه مورد مطالعه به‌صورت گام‌به‌گام بر اساس اهمیت و اولویت آن‌ها، در نهایت به نواحی از سطح حوزه خواهیم رسید که فاقد عوامل و شرایط ناسازگار یا نامناسب مطلق جهت احداث سازه یا اجرای پروژه است. در حقیقت، می‌توان بیان کرد که نواحی باقی‌مانده، نواحی دارای پتانسیل بالقوه برای اجرای پروژه هستند.

بدین منظور، معیارهای مذکور به شکل لایه‌های رستری با اندازه پیکسل ۵۰ متر در محیط نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS10,8)، تهیه شد. این معیارها عبارتند از شیب که از جمله عوامل بسیار مهم در انتخاب محورهای مناسب احداث سدهای زیر زمینی است. شیب نامناسب جهت احداث سد زیر زمینی بر مبنای مرور منابع انجام شده، بیش از ۵ درصد است که در این مطالعه با احتساب خطای موجود در مقیاس مطالعات که قبلا نیز بیان شد، بیش از ۷ درصد در محدوده آبرفت‌های بستر رودخانه در نظر گرفته شد (مجیدی، ۱۴۰۳)؛ لذا، در این مرحله با استفاده از محیط نرم‌افزاری (GIS) و داده مدل ارتفاعی رقومی ناحیه (DEM) (شکل ۳)، نقشه شیب محدوده مورد مطالعه تهیه (شکل ۴) و پس از کلاسه‌بندی شیب در چهار کلاس و با استفاده از روش منطق بولین، به مکان‌های با شیب کم‌تر از ۷ درصد ارزش عددی یک و سایر مناطق که شیب بیش از ۷ درصد داشتند، ارزش عددی صفر تعلق گرفت.



شکل ۳- نقشه مدل ارتفاعی رقومی

Figure 3– DEM map

شکل ٤- نقشه شیب محدوده موردمطالعه

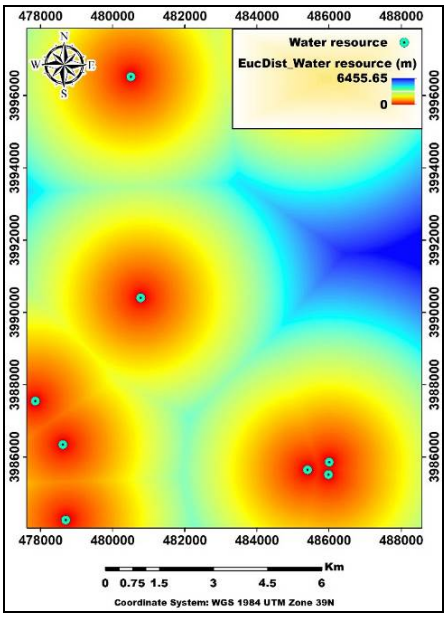
Figure 4– Slope map

معیار بعدی حریم منابع آبی است. به‌منظور عدم تأثیر احداث سد بر آبدهی چاه، چشمه و قنوات و یا تخریب آن‌ها، باید با ایجاد یک بافر به شعاع حداقل ۱۰۰ متر برای این منابع، یک حاشیه امن را برای آن‌ها ایجاد نمود (سلامی، ۱۳۸۵). در این مرحله، با استفاده از داده‌های مربوط به موقعیت منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) محدوده مورد مطالعه اقتباس شده از شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران (تمآب)، با استفاده از مختصات آن‌ها، نقشه رقومی جانمایی این منابع به‌صورت یک لایه اطلاعاتی به‌عنوان نقشه جانمایی منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در محیط نرم‌افزاری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، تهیه و به‌منظور تعیین فاصله از منابع آبی، با استفاده از روش فاصله اقلیدسی در محیط نرم‌افزاری GIS، نقشه منابع آبی با حریم در نظر گرفته شده، ترسیم (شکل ۵) و سپس برای آن‌ها، بافری

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

به شعاع ۲۰۰ متر در نظر گرفته شد. با استفاده از امکانات و دستورات موجود در محیط نرم‌افزاری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، پس از ایجاد محدوده یا بافر حول منابع آب، تمامی مکان‌های با شعاع کم‌تر از ۲۰۰ متر از منابع آبی، حذف شد.



شکل ۵- نقشه فاصله اقلیدسی منابع آب

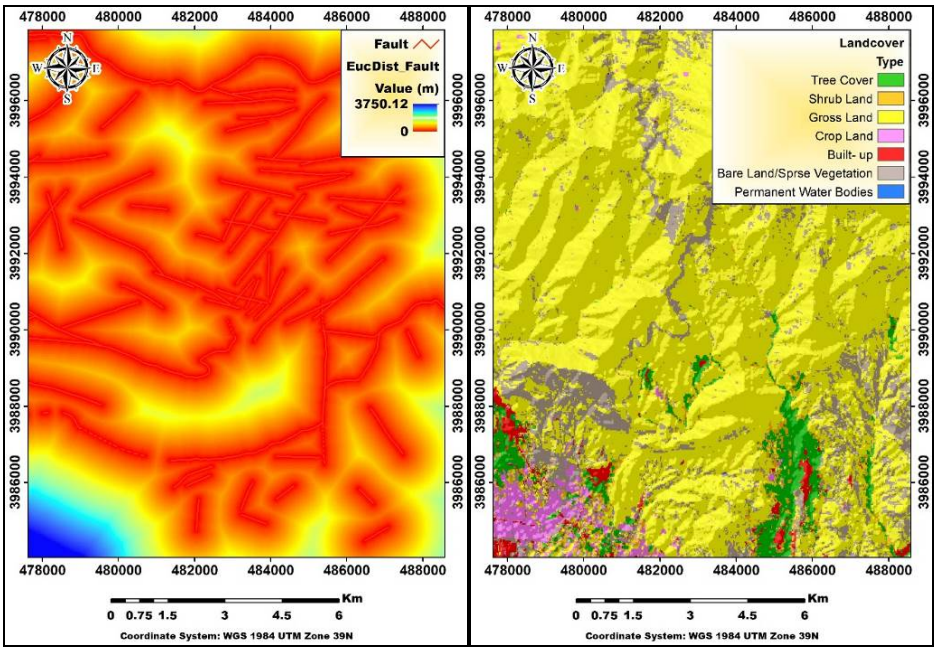
Figure 5– EucDist_Water resource area

معیار بعدی حریم گسل است. مطابق گزارش مدیریت بحران شهر تهران در سال ۱۳۹۵، حداقل حریم از لحاظ حرکت و ناحیه خرد شده و برشی، برای گسل‌های رده ۱، ۱۵۰ متر برای گسل‌های رده ۲، ۱۰۰ متر و برای گسل‌های رده ۳، ۵۰ متر، در نظر گرفته می‌شود. بر همین اساس، پهنه خردشده اطراف گسل‌های اصلی (Major Fault) ۱۵۰ متر، گسل‌های معکوس (Reverse Faults) و راندگی‌ها ۱۰۰ متر و گسل‌های کوچک (Mior Faults) با طول کم‌تر از ۲۰۰ متر، پهنه گسلش یا خرد شده ۵۰ متر در نظر گرفته شده است. بر این مبنا، در این مرحله با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای (اعمال فیلتر) و استخراج خطواره‌ها و هم‌چنین، نقشه گسل‌های محدوده مورد مطالعه که در طی مطالعات صحرایی توسط کارشناسان تدقیق می‌شود و متعاقب آن، با استفاده از روش فاصله اقلیدسی در محیط نرم‌افزاری (GIS)، نقشه فاصله از گسل ترسیم (شکل ۶)، سپس یک بافر ۱۰۰ متری برای گسل‌های ناحیه ایجاد و تمامی مکان‌های واقع در شعاع ۱۰۰ متری از گسل‌ها، حذف شد.

در رابطه با معیار کاربری اراضی/ پوشش، باید برخی محدودیت‌های محلی برای برخی از کاربری‌ها از لحاظ ورود، رفت و آمد یا انجام کارهای سازه‌ای و گودبرداری در آن‌ها و یا منع در دستکاری بستر رودخانه‌ها نظیر، محدوده‌های شهری و روستایی، نواحی نظامی و امنیتی، پارک‌های ملی و حفاظت شده محیط زیست و هم‌چنین، نواحی فاقد شرایط احداث سازه نظیر، بستر رودخانه در بازه‌ها با رخنمون‌های سنگی در بستر و رودخانه‌ها با دبی پایه (رودخانه دائم)، مورد توجه قرار گیرد؛ لذا، باید این اماکن و محل‌ها به‌خوبی شناسایی و پهنه‌بندی شوند. از این‌رو باید نقشه کاربری اراضی تهیه شود. در این مرحله با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان این لایه‌های اطلاعاتی و نهایتا، نقشه‌ها را استخراج نمود (شکل ۷). در این حالت و طبق روش بولین، برای محدوده‌های با کاربری اراضی/ پوشش‌های ذکر شده، ارزش عددی صفر و برای سایر کاربری‌ها ارزش عددی یک در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

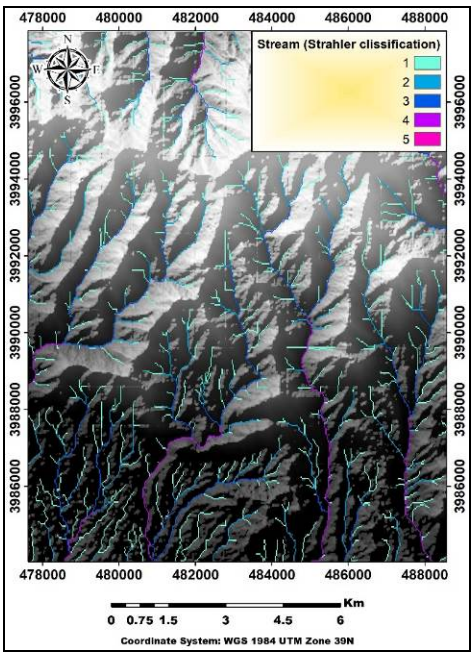
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]



شکل ٦- نقشه فاصله اقلیدسی گسل
Figure 6– EucDist_Fault

شکل ۷- نقشه پوشش اراضی
Figure 7– Landcover map

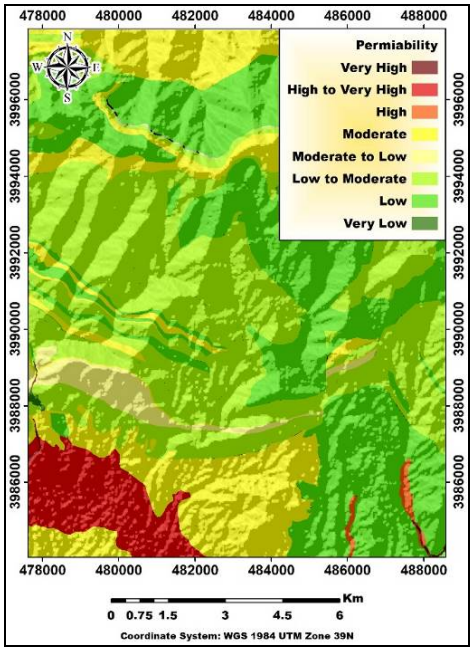
یکی از معیارهای خذفی در احداث سدزیرزمینی، بستر رودخانه دائمی و آبراهه‌ها با دبی پایه است. اشباع بودن تمامی ضخامت آبرفت بستر در چنین رودخانه‌ها، ضرورت احداث سد زیرزمینی برای مسدود نمودن و ایجاد مخزن آب در محیط متخلخل را منتفی می‌سازد (چزگی و همکاران، ۱۳۸۸). با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که منطقه مورد مطالعه فاقد رودخانه با دبی پایه است. اما، بر مبنای رتبه‌بندی رودخانه‌ها، آبراهه‌های رتبه (I, II) به لحاظ قرارگیری در سرشاخه‌ها و خطالراس و با احتمال زیاد در عدم وجود ضخامت مناسبی از آبرفت و دبی آب زیرسطحی، به‌عنوان معیار حذفی از محدوده مطالعه حذف شدند (شکل ۸).



شکل ۸- نقشه رودخانه‌ها (طبقه‌بندی استراهلر)
Figure 8– Stream (Strahler lassification)

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

معیار نفوذپذیری به‌عنوان معیار حذفی در نظر گرفته شد. باتوجه به این مطلب که دیواره‌های جناحین آبراهه‌ها و رودخانه‌ها و سنگ بستر، به‌عنوان دستک و تکیه‌گاه و پی برای سازه سد محسوب می‌شوند، لذا باید دارای کم‌ترین نفوذپذیری به‌منظور اطمینان از عدم نشت و فرار آب از جناحین و پی سد باشد تا از حجم آب مورد توقع کاسته نشود و هزینه‌ای بابت جبران فرار آب متحمل شده نشود (مجیدی و حسینی مرندی، ۱۴۰۳). بدین منظور باید لیتولوژی‌ها با نفوذپذیری متوسط تا زیاد و بسیار زیاد را حذف نمود (سلامی، ۱۳۸۵)؛ لذا پس از تهیه نقشه لیتولوژی‌ها بر اساس، تراوایی یا نفوذپذیری (نقه شکل ۹) لیتولوژی‌ها با احتمال نفوذپذیری متوسط به بالا، حذف شد. این سازندها شامل، کلیه آبرفت‌های قدیمی، دشت، آبرفت‌های مخروط افکنه‌ها، آهک‌های کارستیک نظیر آسماری، جهرمی، لار و ....، است.



شکل ۹- نقشه نفوذپذیری

Figure 9– Permiability map

در انتهای این مرحله، پس از حذف مناطق نامناسب با استفاده از منطق بولین توسط معیارهای حذفی، نواحی دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی در سطح حوزه مشخص شد. در مرحله بعد، نواحی دارای پتانسیل برای احداث سدزیرزمینی توسط یکسری معیارها (شاخصه‌های مناسب بودن مکان برای احداث سازه) مورد بررسی قرارگرفته و نواحی مستعد برای احداث مشخص و سپس، مورد اولویت‌بندی قرار گرفتند،. بر مبنای معیارهای تصمیم‌گیر که شامل یکسری معیارهای اصلی، فرعی و شاخص‌های تاثیرگذار برای انتخاب مکان احداث سد هستند، به‌صورت تقسیمات درختی و سلسله‌وار مد نظر قرار گرفتند. برای تعیین اولویت مکان‌های مستعد، بر اساس تلفیق این معیارها در هر مکان و با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، اقدام شد. در این مرحله، برای تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیر و زیرمعیارها که کلاس‌های داخلی معیارهای اصلی هستند، از نظرات کارشناسی کارشناسان پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و کارشناسان خبره منابع آب استفاده و در نهایت با تشکیل ماتریس سلسله‌مراتبی از معیارها و زیر معیارها و مقایسات زوجی بین آن‌ها، تعیین وزن نهایی و اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها در مقایسه با یکدیگر در نرم‌افزار Expert Choice 11 انجام شد. در این مطالعه، معیارهای اصلی درخت تصمیم‌گیری شامل، معیارهای فرار آب، کیفیت و کمیت آب و معیار اقتصادی – اجتماعی است. معیار فرار آب به سه معیار فرعی (زیر معیار) نفوذپذیری، فاصله از منابع آبی و فاصله از گسل، برای معیار اقتصادی – اجتماعی، دو زیرمعیار فاصله سد از روستا و کاربری اراضی/ پوشش اراضی و برای معیار کیفیت و کمیت آب سه معیار فرعی (زیر معیار) شیب، کلاس رودخانه و EC در نظر گرفته شد. در این مرحله به اعمال وزن هر کدام از زیر معیارها پرداخته شد که در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ و وزن اعمال شده در زیر معیارهای اصلی نشان‌داده‌شده است.



شکل ۱۰- نمونه اعمال وزن زیر معیارهای معیار کیفیت و کمیت آب

Figure 10– Example of weighting under water quality and quantity criteria

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]



شکل ۱۱- نمونه اعمال وزن زیر معیارهای معیار فرار آب

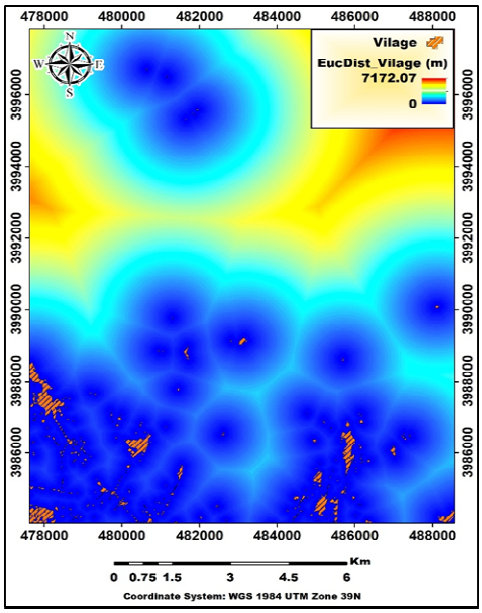
Figure 11– Example of applying weighting below the water escape criterion criteria



شکل ۱۲- نمونه اعمال وزن زیر معیارهای معیار اقتصادی - اجتماعی

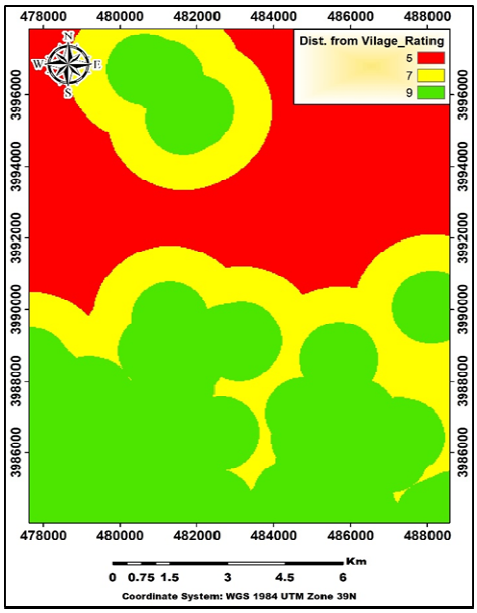
Figure 12– Example of applying weighting to the following socio-economic criteria

باتوجه به این‌که کاربر و مصرف کننده اصلی و بهره‌برداری و نگهداری سد زیرزمینی در سطح حوزه آبخیز عمدتاً به عهده روستائیان ساکن در مناطق مجاور سد است و این افراد به‌عنوان اولین کاربران از آب ذخیره شده در مخزن سد مطرح هستند، لذا فواصل کم‌تر سد تا روستا از امتیاز بیش‌تری برخوردار است (سلامی، ۱۳۸۵). در این راستا، به‌منظور تعیین فاصله محورهای سد تا روستاهای اطراف، با استفاده از روش فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار، ArcGIS نقشه فواصل روستاها تا محور سد در حریم در نظر گرفته شده، ترسیم (شکل ۱۳) و برمبنای مرور منابع، در سه کلاس $\leq 1km$, 1-2 km, > 2 km مورد مقایسه و وزن‌دهی قرار گرفت (شکل ۱۴). از آن‌جایی‌که فواصل کم‌تر سد تا روستا از امتیاز بیش‌تری برخوردار هستند به کلاس $\leq 1km$ بیش‌ترین وزن (۹)، کلاس1-2 km وزن ۷ و به کلاس > 2 km کم‌ترین وزن (۵) اختصاص یافت.



شکل ۱۳- نقشه فاصله اقلیدسی از روستا

Figure 13– EucDist_Vilage map



شکل ۱۴- نقشه فاصله از روستا رتبه‌دهی شده

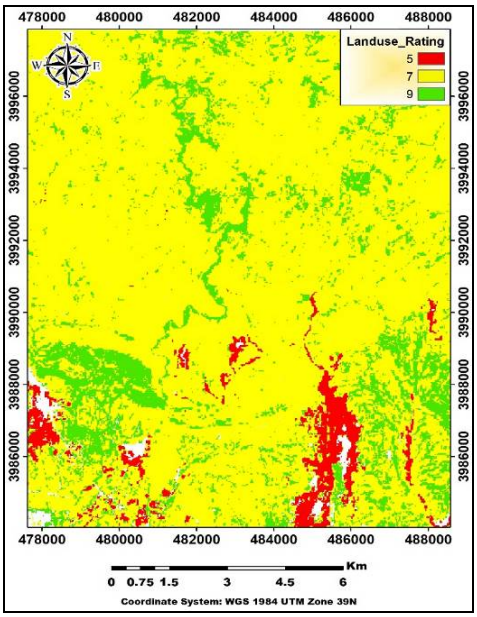
Figure 14– Dist. from Vilage_Rating map

پس از حذف مناطق نامناسب در زیر معیار کاربری اراضی/پوشش اراضی، این زیر معیار برمبنای نتایج مرور منابع، در ۳ کلاس Tree cover با وزن ۵، Shrub Land, Gross Land, Crop Land با وزن ۷ و Bare Land/Sprse Vegetation با وزن ۹ طبقه‌بندی و وزن‌دهی شدند (شکل ۱۵). باتوجه به این مطلب که دستک و تکیه‌گاه برای سازه سد باید دارای کم‌ترین نفوذپذیری به‌منظور اطمینان از عدم نشت و فرار آب از جناحین سد باشد؛ بنابراین در این مقاله زیر معیار نفوذپذیری در سه کلاس Very low to low, Low to moderate, Moderate مورد مقایسه و وزن‌دهی قرار گرفت (شکل ۱۶). با توجه به این‌که کم‌ترین میزان نفوذپذیری حائز بیش‌ترین وزن و کم‌ترین میزان نفوذپذیری حائز کم‌ترین وزن است (مجیدی و حسینی مرندی، ۱۴۰۳)؛ لذا به کلاس Very low to low وزن ۹ و به

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

کلاس Moderate وزن ۵ اختصاص یافت. در مورد زیر معیار فاصله از گسل، به علت خطر بالقوه نزدیکی به گسل برای سازه سد و همچنین احتمال فرار آب در نتیجه زون خرد شده گسل، این زیر معیار به دو کلاس (5=weight)m 100-200 و (weight)m 200 < (7=تقسیم و وزن‌دهی شد (شکل ۱۷).



شکل ۱۵- نقشه پوشش اراضی رتبه‌دهی شده

Figure 15– Landcover_Rating map

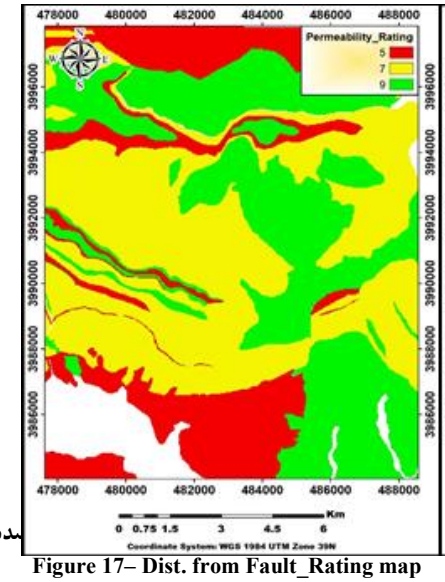


Figure 16– Permeability_Rating map

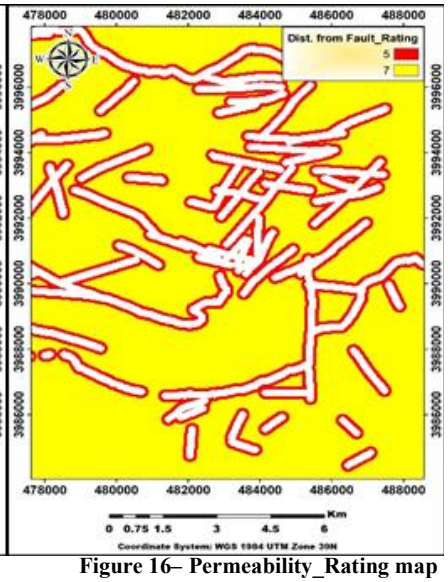


Figure 17– Dist. from Fault_Rating map

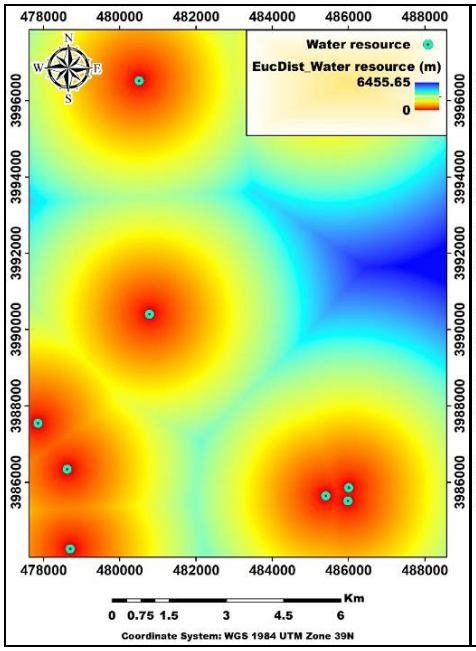
در رابطه با زیر معیار فاصله از منابع آبی، با توجه به این نکته که محل احداث سد باید کم‌ترین تأثیر را بر منابع آبی منطقه داشته باشد، لذا با استفاده از روش فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار ArcGIS10,8 نقشه فاصله از منابع آب در حریم در نظر گرفته شده برمبنای مرور منابع، ترسیم (شکل ۱۸) و سپس این زیر معیار به دو کلاس ۲۰۰–۵۰۰ m با کم‌ترین وزن (برابر ۴) و کلاس > ۵۰۰ m با بیش‌ترین وزن (برابر ۷) تقسیم و وزن‌دهی شد (شکل ۱۹).

همان‌طور که ذکر شد، شیب از جمله عوامل بسیار مهم در انتخاب محل مناسب احداث سدهای زیرزمینی است. با توجه به این مطلب که هرچه شیب آبراهه کم‌تر باشد، حجم مخزن افزایش می‌یابد؛ لذا پس از حذف شیب‌های نامناسب (شیب بالای ۷ درصد) در مرحله نخست،

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

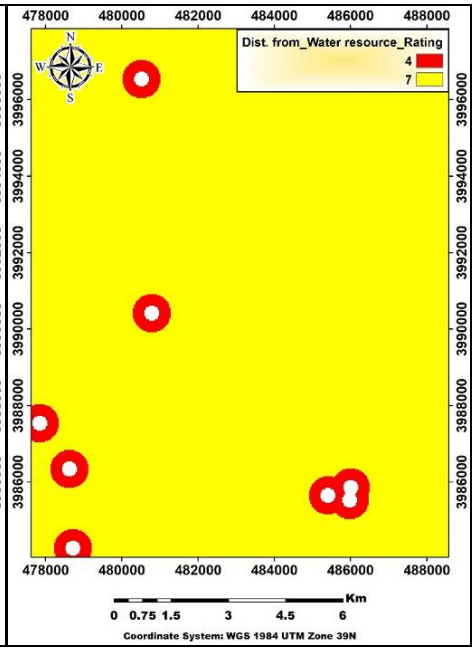
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

زیرمعیار شیب برمبنای مرور منابع به سه کلاس ۰–۳ ٪ , ۳–۵ ٪ , ۵–۷ ٪ تقسیم شد. از آن‌جایی‌که کم‌ترین شیب‌های بستر آبراهه از امتیاز بیش‌تری برخوردار هستند به کلاس ۰–۳ ٪ بیش‌ترین وزن (۹) و به کلاس ۵–۷ ٪ کم‌ترین وزن (۵) و به کلاس ۳–۵ ٪ وزن ۷ اختصاص یافت (شکل ۲۰). در رابطه با زیر معیار کلاس آبراهه پس از مشخص نمودن دائمی بودن رودخانه‌ها با استفاده از روش استراهلر و حذف آن‌ها و هم‌چنین، حذف آبراهه‌های رده I,II، سایر آبراهه‌ها در دو کلاس تقسیم شد. سپس به آبراهه‌های رده III تا IV وزن ۵ و به آبراهه‌های رده V به بالا وزن ۷ اختصاص یافت (شکل ۲۱). در مورد زیر معیار EC با توجه به این‌که کیفیت نامناسب آب علاوه‌بر این‌که باعث کاهش ضریب ذخیره می‌شود با محدودیت استفاده از آب جهت مصارف مختلف همراه است؛ لذا زیر معیار EC بر مبنای نتایج مرور منابع به سه کلاس کم‌تر از ۷۵۰ میکروزیمنس بر ثانیه، ۷۵۰–۵۰۰ میکروزیمنس بر ثانیه و کم‌تر از ۵۰۰ میکروزیمنس بر ثانیه تقسیم شد. از آن‌جایی‌که با کاهش میزان EC کیفیت آب بهبود می‌یابد، لذا به کلاس کم‌تر از ۵۰۰ میکروزیمنس بر ثانیه وزن ۸، به کلاس ۷۵۰–۵۰۰ میکروزیمنس بر ثانیه وزن ۶ و به کلاس کم‌تر از ۷۵۰ میکروزیمنس بر ثانیه وزن ۴ تعلق گرفت (شکل ۲۲).



شکل ۱۸– نقشه فاصله اقلیدسی از منابع آب

Figure 18– EucDist_Water resource map

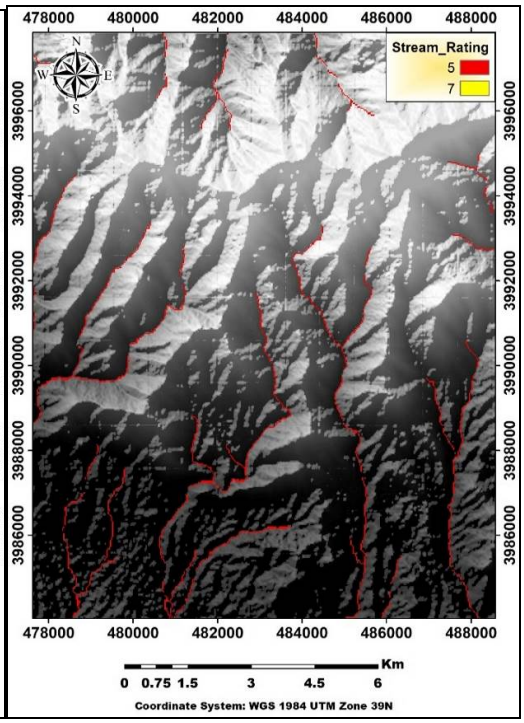


شکل ۱۹– نقشه فاصله از منابع آب رتبه‌دهی شده

Figure 19– Dist. from Water resource _Rating map

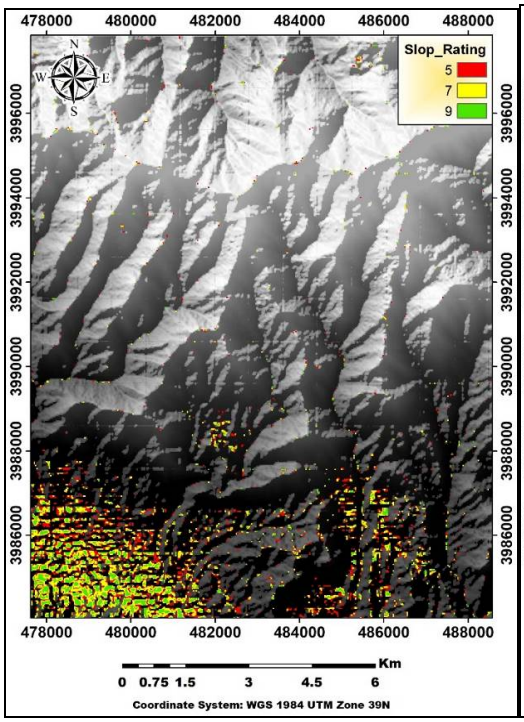
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]



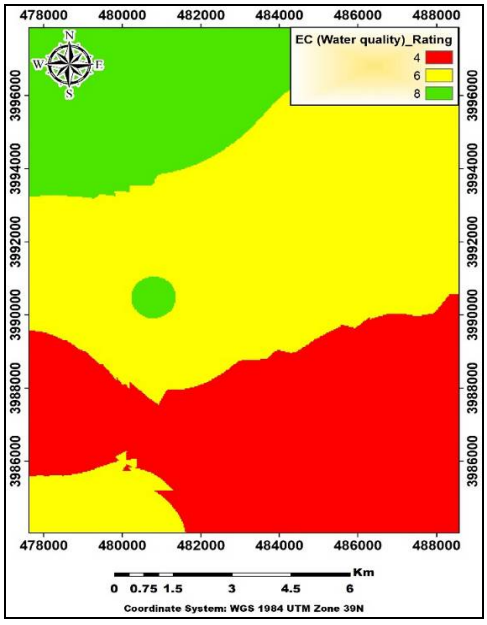
شکل ۲۰- نقشه شیب رتبه‌دهی شده

Figure 20– Dist. from Water resource _Rating map



شکل ۲۱- نقشه رودخانه‌ها رتبه‌دهی شده

Figure 21– Stream_Rating map



شکل ۲۲- نقشه (کیفیت آب) EC رتبه‌دهی شده

Figure 22– EC (Water quality)_Rating map

در نهایت پس از اعمال وزن هر کدام از زیر معیارها در نقشه‌های حاصله و تلفیق نقشه‌های وزن‌دهی شده به‌صورت یک عدد نهایی، نواحی یا بازه‌ها با بیش‌ترین عدد به‌دست‌آمده دارای بالاترین پتانسیل و در نتیجه اولویت اول برای احداث سد زیرزمینی است. در این مطالعه دو سناریو در نظر گرفته شد که در سناریوی اول تمام معیارهای اصلی دارای وزن برابر و در سناریوی دوم وزن‌دهی به ترتیب اهمیت به معیار اصلی اقتصادی – اجتماعی، فرار آب و کیفیت و کمیت آب اختصاص یافت (جدول‌های ۳ تا ۴) (شکل‌های ۲۳ تا ۲۴).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

جدول ۳- وزن همه عوامل تصمیم‌گیری در سناریوی ۱ (وزن برابر)

Table 3- Weights of all decision factors in scenario 1 (Equal weight)

Factor group	Weight	Criteria	Weight	C.R
Subsurface dam siting suitability				
ECONOMIC- SOCIAL	0.333	Distance from village Land use/ land cover	0.750 0.250	0
WATER ESCAPE	0.333	Permeability Distance from fault Distance from water resources	0.627 0.280 0.094	0.08
QUANTITY & QUALITY WATER	0.333	Slop Stream class EC (Water quality)	0.627 0.280 0.094	0.08

جدول ٤- وزن همه عوامل تصمیم‌گیری در سناریوی ۲ (وزن نابرابر)

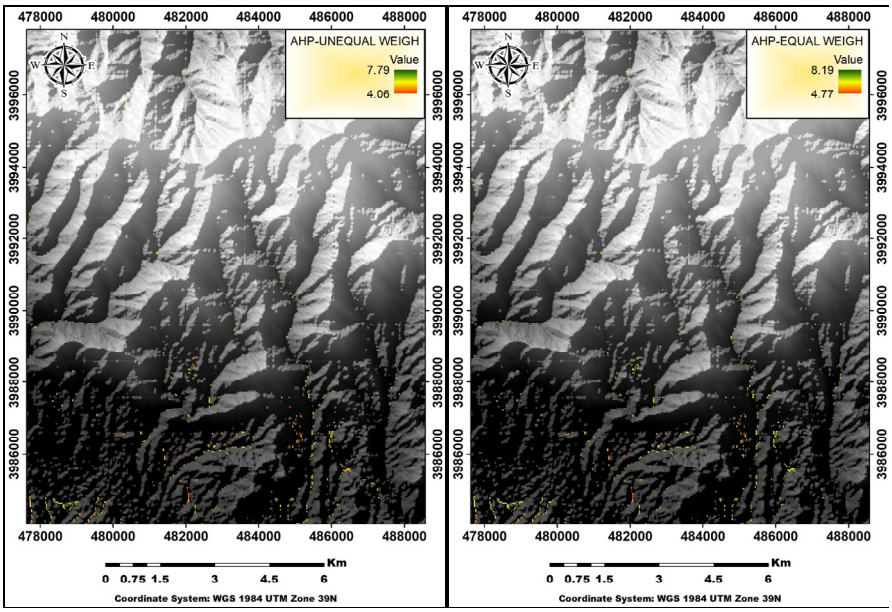
Table 4- Weights of all decision factors in scenario 1 (Non-equal weight)

Factor group	Weight	Criteria	Weight	C.R
Subsurface dam siting suitability				
ECONOMIC- SOCIAL	0.627	Distance from village Land use/ land cover	0.750 0.250	0
WATER ESCAPE	0.280	Permeability Distance from fault Distance from water resources	0.627 0.280 0.094	0.08
QUANTITY & QUALITY WATER	0.094	Slop Stream class EC (Water quality)	0.627 0.280 0.094	0.08

جدول ٥- رده‌بندی کیفی کلاس‌های محدوده‌های مستعد احداث سد زیرزمینی

Table 5- Qualitative classification of classes of areas susceptible to underground dam construction

Qualitative classification	Pixel value
Very poor	0-1.8
Poor	1.8-3.6
Moderate	3.6-5.4
Good	5.4-7.2
Very Good	7.2-9



شکل ۲۳- نقشه AHP وزن دهی شده در سناریوی وزن نابرابر

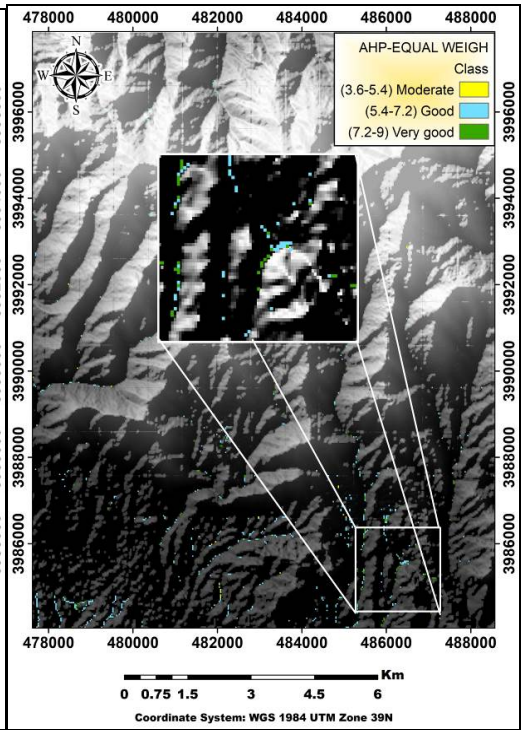
Figure 23– AHP-UNEQUAL WEIGH map

شکل ٢٤ - نقشه AHP وزن دهی شده در سناریوی وزن برابر

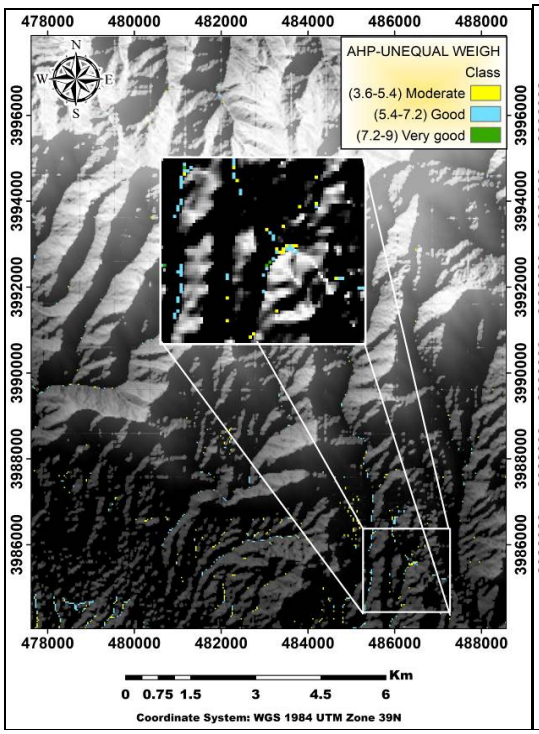
Figure 24– AHP-EQUAL WEIGH map

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]



شکل ۲۵- نقشه AHP وزن‌دهی شده کیفی در سناریوی وزن نابرابر
Figure 25– AHP-Qualitative UNEQUAL WEIGH map



شکل ۲۶- نقشه AHP وزن‌دهی شده کیفی در سناریوی وزن برابر
Figure 26– AHP-Qualitative EQUAL WEIGH map

نتیجه‌گیری

انتخاب محل سد زیرزمینی به عوامل زیادی بستگی دارد. بنابراین، تصمیم‌گیری چندمعیاری می‌تواند برای حل این مشکل مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، از AHP که از ابزارهای قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای حل مسائل چندمعیاری است، برای یافتن محل بهینه جهت ساخت سد زیرزمینی در حوزه فشند واقع در استان البرز ایران استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از قابلیت سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در آنالیز داده‌های مکانی به‌ویژه، ایجاد لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق آن‌ها، با صرفه‌جویی در وقت و هزینه و هم‌چنین، افزایش دقت و کیفیت، کمک بسزایی در انتخاب بهترین مکان جهت احداث سد زیرزمینی می‌نماید. هدف اصلی از این مقاله ارائه یک روش کاربردی و قابل بسط به مکان‌هایی با خصوصیات مشابه منطقه مورد مطالعه به‌منظور ایجاد یک سامانه تصمیم‌گیری برای انتخاب مکان مناسب احداث سد زیرزمینی است. در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی مانند هر مطالعات منطقه‌ای دیگر، استفاده از تکنیک‌های GIS و RS به‌منظور ایجاد یک مدل جهت وزن‌دهی، مقایسه و اولویت‌بندی مناطق مناسب احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری DSS و لایه‌های اطلاعاتی GIS، ضروری به نظر می‌رسد. معیارهای اصلی مؤثر در تعیین مناطق مناسب احداث سدهای زیرزمینی در این مقاله معیار اقتصادی – اجتماعی، معیار فرار آب و معیار کیفیت و کمیت آب هستند. از بین معیارهای مختلف مورد بررسی در این تحقیق، معیار کیفیت و کمیت آب اهمیت و وزن بیش‌تری را به خود اختصاص داد. با توجه به این‌که کاربری اراضی اثر چندگانه بر مکانیابی سدهای زیرزمینی دارد، این عامل در جایگاه چهارم اهمیت قرار گرفته است. معمولا، هدف اصلی از احداث سازه‌های کوچک ذخیره‌سازی آب مثل سدهای زیرزمینی، تامین آب مصرفی در کشاورزی است که بهتر است در فواصل نزدیک به اراضی کشاورزی احداث شود. تحقیق حاضر نشان داد که مناطق جنوبی حوزه فشند برای احداث سد زیرزمینی از ارجحیت بالایی برخوردارند. بر مبنای امتیازهای به‌دست‌آمده مربوط به نقشه تلفیق شده نهایی، دامنه امتیازها برای نقشه تلفیق شده نهایی متفاوت و به‌طورکلی بین ۴/۷۷ تا ۸/۱۹ متغیر است.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.
حمایت مالی: حمایت مالی وجود ندارد.
مشارکت نویسندگان: علیرضا مجیدی: بخش‌های مختلف مقاله توسط نام‌برده انجام و نگاشته شده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

تضاد منافع نویسندگان: نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارد.
سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به لحاظ حمایت مالی از این پژوهش و مشاوره‌های لازم توسط کارشناسان مرتبط، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. چزگی، جواد، مرادی، حمیدرضا، خیرخواه زرکش، میر مسعود، قاسمیان، داوود. (۱۳۸۸). مکان‌یابی سد زیرزمینی به روش معیارهای حذفی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: غرب استان تهران). *پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان، اردیبهشت ۱۳۸۸*. **https://civilica.com/doc/86986**

۲. حبیب‌زاده، احد، یاراحمدی، جمشید، مجیدی، علیرضا. (۱۴۰۰). تحلیل هیدرودینامیکی نهشته‌های بستر رودخانه‌های محل احداث سد زیرزمینی به‌منظور استحصال آب (مطالعه موردی سد زیرزمینی مشنق)، *محیط‌زیست و مهندسی آب*، ۷(۱)، ۱۴۲-۱۳۲. **https://doi.org/10.22034/jewe.2020.249955.1430**

۳. حیدری مظفر، مرتضی، و شهاوند، مرتضی. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی دشت کبودرآهنگ به‌منظور احداث سد زیرزمینی به روش ترکیب نقشه‌های فازی. *اطلاعات جغرافیایی*، ۳۰ (۱۱۷)، ۹۵-۱۱۰. **https://sid.ir/paper/953874/fa**

۴. خدادادی، سیف‌الله، همتی، محمد. (۱۳۹۷). مکان‌یابی و رتبه‌بندی محل احداث سد زیرزمینی با توسعه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS). مطالعه موردی: حوضه‌های دریان و هریس شبستر. *هیدروژئولوژی، ۳(۱)، ۴۷-۵۹*. **https://civilica.com/doc/1565238**

۵. خدایی، حسن، قربانی، محمد علی، اسدی، اسماعیل، دبیر، روح‌اله. (۱۳۸۹). مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در حوضه آبخیز قوری چای با کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS/RS) با روش وزن‌دهی بر اساس تابع کویین (گزارش فنی). *پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۱۱(۲۱)، ۲۹۲-۳۰۲. **https://sid.ir/paper/373618/fa**

۶. خیرخواه زرکش، میر مسعود، محبی تفرشی، غزاله، مجیدی، علیرضا، اسدیان، فریده. (۱۳۹۳). استفاده از روش تلفیق GIS و تکنیک‌های RS با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی (مطالعه موردی استان قزوین). *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۸ (۲۶)،۳۵-۵۰. **https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089554.1393.8.26.1.2**

۷. خیرخواه زرکش، میرمسعود، ناصری، حمیدرضا، داوودی، محمدهادی، و سلامی، همت. (۱۳۸۷). استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه‌های کرکس – نطنز. *پژوهش و سازندگی*، ۲۱(۲)، ۹۳-۱۰۱. **SID. https://sid.ir/paper/19299/fa**

۸. سلامی، ه (۱۳۸۵). تعیین مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی در مناطق آذرین با استفاده از دورسنجی، مطالعه موردی در دامنه شمالی کوه‌های کرکس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، رشته هیدروژئولوژی، دانشگاه شهید بهشتی.

۹. مجیدی، علیرضا. (۱۴۰۳). امکان‌سنجی احداث سد زیرزمینی در زیرحوضه‌های غرب استان سمنان با استفاده از تحلیل‌های سلسله‌مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی. *مهندسی و مدیریت آبخیز*. **https://doi.org/10.22092/ijwmse.2024.367229.2085**

۱۰. مجیدی، علیرضا، حسینی مرندی، حمید. (۱۴۰۳). بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه سد زیرزمینی اسلام‌آباد فارس. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ص. ۲۰. **https://doi.org/10.22092/wmrj.2024.367366.1598**

References

1. Khodaei, H., Ghorbani, M. A., Asadi, E., Dabir, R. (2021). Suitable site selection for sub surface dams construction using GIS/RS (Case study: Ghori Chai River Watershed) (Technical Report). *Journal of watershed management reserch*, 11(21), 292-302. https://sid.ir/paper/373618/en [In Persian].
2. Barkhordari, J. (2015). The pre-selection of suitable sites for small underground dams in arid areas using GIS (A case study in Yazd_Ardakan watershed). *Environmental Science, Geography, Engineering, Vol. 6, Issue 1. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:133223223*
3. Choi, J. R., Sung J. H., Kang D. H., Choo K. S., & Kim B. S. (2023). A Study on the priority selection method for underground dam installation considering humanities and social factors using fuzzy analytic hierarchy process in Korea. *Water*, 15(18), 3296. https://doi.org/10.3390/w15183296
4. Damfeh, E. A., Adakoya, A. F., & Wayor, B. A. (2022). Determining the best site location for underground dams using fuzzy analytic hierarchy process: A case in the Sunyani West District. *International Journal of Advancements in Technology*. 13:201. https://doi.org/10.35248/0976-4860.22.13.201
5. Dehghani Bidgoli, R., & Koohbanani, H. (2021). Site selection for underground dam construction by fuzzy algorithm in GIS platform. *Ecopersia*, 9(3), 159-168. http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222700.2021.9.3.7.7
6. Gorry, G. A., & Scott Morton, M. S. (1971). A Framework for Management Information Systems. Sloan Management Review, 13, 55-70.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]

7. Habibzadeh, A., Yarahmadi, J., Majidi, A. (2021). Hydrodynamic analysis of riverbed deposits of underground dam construction site for water harvesting (Case study Mashnaq underground dam). *Environment and Water Engineering (EWE)*, 7(1), 132-142. https://doi.org/10.22034/jewe.2020.249955.1430 [In Persian].
8. Heidarimozaffar, M., & Shahavand, M. (2021). Spatial zoning of Kabodarahang plain using Fuzzy Logic in geospatial information system for the construction of an underground dam. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, *30*(117), 95-110. https://sid.ir/paper/953874/fa [In Persian].
9. Ilyati I., Amanian N., Ansari A., Mokhtari M. H. (2020). Combination of remote sensing and ground penetrating radar methods to estimate suitable areas for locating subsurface dams in Abouzeidabad Plain. *Analytical and Numerical Methods in Mining Engineering*, 10(25), 1-11. https://doi.org/10.29252/anm.2020.13980.1443. [In Persian]
10. Kheyrkhah zarkesh, M. M., Mohebbi Tafreshi, G., Majidi A., Asadian F. (2014). Using integration GIS and remote sensing techniques by decision support system to locate suitable areas construction of underground dam (The Case Study of Qazvin province). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 8(26), 35-50. http://jwmsei.ir/article-1-439-en.html [In Persian].
11. kheyrkhah zarkesh, m. m., naseri, h. r., davoudi, m. h., salami h. a. (2008). using analytical hirarchy process for ranking suitable location of groundwater dams consttruction, case study: northern slopes of karkas mountains in natanz. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 21(2), 93-101. https://sid.ir/paper/19299/en [in persian].
12. Khodadadi S., Hemmati M. (2018). Hydrodynamic analysis of riverbed deposits of underground dam construction site for water harvesting (Case study Mashnaq Underground Dam). *The Journal of Hydrogeology*, 3(1), 47-59. https://doi.org/10.22034/jewe.2020.249955.1430 [In Persian].
13. Majidi, A. (2024). Feasibility study of undergroud dam constructing in the sub-basins of western Semnan Province using hierarchical analyses and geographic information systems. Watershed Engineering and Management, Online from 09 December 2024. https://jwem.areeo.ac.ir/article_132464.html?lang=en [In Persian].
14. Majidi, A., Hosseinimarandi, H. (2024). Investigating the engineering geological features of the underground dam construction in Islamabad, Fars. Watershed Management Research Journal, Online from 19 December 2024. https://doi.org/10.22092/wmrj.2024.367366.1598 [In Persian].
15. Salami, H. (2006). Determining suitable locations for constructing underground dams in igneous areas using remote sensing, a case study in the northern slope of the Karkas Mountains. Master's thesis, Hydrogeology, Shahid Beheshti University. [In Persian].
16. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N. E., Xu, P., Ramoino, F., Arino, O. (2021). ESA worldcover 10 m 2021 v200. https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.4.10.9]