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

Feasibility of extracting livestock drinking water in the nomadic areas of Dargaz city with underground water storage

Ali Bagherian Kalat*[1], Alireza Eslami [2], Mohammad Rostami Khalaj[3]

[1] Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: Alibagheriankalat@gmail.com
[2] Associated Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: Ar.eslami@areeo.ac.ir
[3] Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: M.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 25 May 2026
Revised: 26 June 2026
Accepted: 5 July 2026
Published online: 12 September 2026

Keywords:
Underground dam, subsurface water, water supply for nomads

ABSTRACT

In some nomadic areas of Dargaz County, water supply to nomads has been carried out through mobile tankers. Initial desk and field surveys showed that the conventional methods of water supply to nomads have many limitations. Therefore, in this article, for some nomadic areas of Dargaz County where mobile tankers supply water, the feasibility of water supply through the construction of an underground dam was investigated. For this purpose, first, parts of the region that do not have the ability to construct an underground dam were removed from the study area using Boolean logic. Then, using the Fuzzy AHP method, in all areas that have the initial potential for constructing an underground dam, the factors effective in locating the underground dam were weighted, and the susceptible areas were identified. Among the weighted parameters using the AHP method, geology and slope received the highest scores with scores of 0.40 and 0.27, and land use and access distance to the underground dam site received the lowest scores with scores of 0.08 and 0.09, respectively, according to experts. In the third stage of the research, in areas with potential for underground dam construction, surveys were conducted to determine the desired points as suitable points for underground dam construction, and these points were prioritized. To determine the location of suitable axes for underground dams, according to existing maps and Google Earth images, the location of narrowing of waterways in areas with potential for underground dam construction was determined. The points were field visited, and finally three suitable points for underground dam construction were identified. If dams are constructed at the three points D4, D2, and D3 as proposed in this study, each of these dams can extract and utilize approximately 40,000, 16,500, and 14,000 m^3 of subsurface water annually, respectively. This amount of water will not only provide drinking water for approximately 20,000 livestock of nomads and local livestock farmers, but will also provide part of the drinking and sanitary water needed by the nomads.

Citation: Bagherian Kalat, A., Eslami, A., & Rostami Khalaj, M. (2026). Feasibility of extracting livestock drinking water in the nomadic areas of Dargaz city with underground water storage. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 14(3), 23-38.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4

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

***Corresponding author:** Ali Bagherian Kalat
Address: Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.
Tel: +989150517148
Email: Alibagheriankalat@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

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

Feasibility of extracting livestock drinking water in the nomadic areas of Dargaz city with underground water storage

Ali Bagherian Kalat*[1], Alireza Eslami [2], Mohammad Rostami Khalaj[3]

[1] Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: Alibagheriankalat@gmail.com
[2] Associated Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: Ar.eslami@areeo.ac.ir
[3] Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Email: M.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Various studies conducted so far show that one of the proposed solutions for supplying water to dry areas that do not have access to permanent water sources is the use of underground dams. Numerous studies have been conducted on the feasibility of constructing underground dams, and researchers have presented various criteria for locating underground dams. Using the analytic hierarchy process (AHP) method, they identified the susceptible areas for the construction of underground dams. In general, a review of recent research shows that the construction and operation of underground dams has many advantages, and in some cases, the use of subsurface flows through the construction of underground dams can make the necessary water available to small communities. In order to resolve the severe water crisis in the region and provide a sustainable source of water for livestock, there was a hypothesis that it is possible to provide the water needed for the nomads of the region through the extraction of subsurface water. Therefore, this hypothesis was tested in this study. The results of the study are presented in this article.

Methodology: The research was conducted in three stages. In the first stage, parts of the region that do not have the ability to construct an underground dam were removed from the study area using Boolean logic. In the second stage, areas that have the initial potential for constructing an underground dam were identified. Using the Fuzzy AHP method, the effective factors in locating the underground dam were weighted, and suitable areas were identified. In the third stage, in areas with potential for underground dam construction, surveys were conducted to determine the desired points as suitable points for underground dam construction, and these points were prioritized. To determine the location of suitable axes for underground dams, according to existing maps and Google Earth images, the location of narrowing of waterways in areas with potential for underground dam construction was determined, and the points were subject to field visits. After the points for the construction of the underground dam were determined, the upstream hydrological units of each point were determined, and the physical parameters of the basin were calculated for them. Finally, considering the characteristics of the upstream basin, the estimated characteristics of the reservoir and the underground dam wall, and the conditions of the region in terms of water needs and underground dam operators, the proposed points were prioritized for conducting supplementary studies.

Results and Discussion: In this study, after using Boolean logic, about 53% of the area of the study area was eliminated, and the results showed that using Boolean logic, the workload of the location can be reduced to a considerable extent. The studies showed that the geological parameters and the slope of the area with weights of 0.401 and 0.229 are the most important among other parameters, and land use and access distance to the underground dam site received the lowest scores with scores of 0.077 and 0.093, respectively, according to experts. In this study, seven points were identified as the locations of the proposed underground dams. In prioritizing these points, points D4, D2, and D3 were selected as the top three points, respectively. At these points,

***Corresponding author:** Ali Bagherian Kalat
Address: Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.
Tel: +989150517148
Email: Alibagheriankalat@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

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

the width of the waterway was narrow. In such circumstances, the length of the underground dam wall is short so that both the cost of building the dam and the underground dam wall do not have a water flow problem. By constructing underground dams at points D4, D2, and D3, it will be possible to extract and utilize approximately 40,000, 16,500, and 14,000 m^3 of subsurface water annually, respectively. With proper management of the stored water, the water needed by approximately 20,000 livestock, as well as part of the drinking and sanitary water of the nomads in the region, will be provided.

Conclusion: This research showed that the main waterways in the nomadic areas studied in Dargaz County lack permanent or even seasonal water, and that conventional water supply methods in some of these areas are not sufficient to meet the water needs of the nomads. Therefore, optimal use of subsurface water is essential to provide water for small nomadic communities. Therefore, with the studies conducted in Dargaz County to supply water to nomadic communities, seven suitable points were determined for the construction of underground dams to extract drinking water for livestock. Considering the high cost of supplementary studies for each of these points, prioritization was carried out among the seven points based on parameters such as the characteristics of the proposed axis (river bed width, longitudinal slope percentage, and sediment thickness), the area of the basin upstream of the proposed point, the amount of water needed, and the price of water. Finally, three points were selected and introduced as priority points for supplementary studies. If additional studies are conducted and dams are constructed at the three points D4, D2, and D3 proposed in this study, considering the climatic conditions of the region, each underground dam will be capable of drawing water three times a year and will provide a significant portion of the water needed by the nomads and livestock farmers in the region.

Ethical Considerations

Data availability statement: The dataset is available upon reasonable request from the authors of this work.

Funding: This research is derived from a research project that was carried out with the financial support of the General Directorate of Nomadic Affairs of Razavi Khorasan Province and with the cooperation of the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI) and the cooperation of the Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

Authors' contribution: **Bagherian Kalat, A.:** Data collection and preliminary analysis, drafting the original version of paper; **Eslami, A. R.:** Paper review; **Rostami Khalaj, M.:** Data analysis**.**

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

Acknowledgment: The authors of this article are grateful for the support of the General Directorate of Nomadic Affairs of Khorasan Razavi, the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, as well as the cooperation of the Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

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

امکان‌سنجی استحصال آب شرب دام در مناطق عشایری شهرستان درگز با ذخیره‌سازی آب زیرسطحی

علی باقریان کلات*[۱]، علیرضا اسلامی[۲]، محمد رستمی خلج[۳]

[۱] استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
Alibagheriankalat@gmail.com

[۲] استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
Ar.eslami@areeo.ac.ir

[۳] استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
M.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۴ خرداد ۱۴۰۵
بازنگری: ۰۴ تیر ۱۴۰۵
پذیرش: ۱۴ تیر ۱۴۰۵
انتشار برخط: ۲۱ شهریور ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:
بند زیرزمینی، آب زیرقشری، تأمین آب عشایر

چکیده

در برخی از مناطق عشایری شهرستان درگز، آب‌رسانی به عشایر از طریق تانکرهای سیار انجام می‌شود. بررسی‌های دفتری و میدانی اولیه نشان داد که روش‌های متداول تأمین آب برای عشایر با محدودیت‌های زیادی همراه است. بنابراین در این مقاله، برای برخی از مناطق عشایری شهرستان درگز که در آن‌ها آب‌رسانی با استفاده از تانکرهای سیار انجام می‌شود، امکان‌پذیری تأمین آب از طریق احداث بند زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور، ابتدا بخش‌هایی از منطقه که قابلیت احداث بند زیرزمینی را ندارند با استفاده از منطق بولین از محدوده مطالعاتی حذف شد. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، در کلیه مناطقی که دارای پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی هستند، عوامل مؤثر در مکان‌یابی بند زیرزمینی وزن‌دهی شد و مناطق مستعد شناسایی شد. در بین پارامترهای وزن‌دهی شده به روش AHP، زمین‌شناسی و شیب با امتیاز ۰/۴۰۱ و ۰/۲۷۱ بیش‌ترین امتیاز و کاربری اراضی و فاصله دسترسی به محل بند زیرزمینی با امتیاز ۰/۰۷۷ و ۰/۰۹۳ به‌ترتیب کم‌ترین امتیاز را از نظر کارشناسان کسب کردند. در مرحله سوم از تحقیق، در مناطقی که دارای پتانسیل احداث بند زیرزمینی هستند، بررسی‌ها برای تعیین نقاط مورد نظر به‌عنوان نقاط مناسب برای احداث بند زیرزمینی انجام شد و این نقاط اولویت‌بندی شدند. برای تعیین محل محورهای مناسب بند زیرزمینی، با توجه به نقشه‌های موجود و تصاویر Google Earth، محل تنگ‌شدگی آبراهه‌ها در مناطق واجد پتانسیل احداث بند زیرزمینی مشخص شد و نقاط مورد بازدید میدانی قرار گرفت و نهایتاً سه‌نقطه مناسب برای احداث بند زیرزمینی شناسایی شد. اگر در سه نقطه D4، D2 و D3 مطابق پیشنهاد این مطالعه، سدهایی احداث شود، هر یک از این سدها می‌توانند به‌ترتیب سالانه تقریباً ۴۰۰۰۰، ۱۶۵۰۰ و ۱۴۰۰۰ مترمکعب آب زیرزمینی را استحصال و مورد استفاده قرار دهند. این میزان آب نه تنها آب آشامیدنی تقریباً ۲۰۰۰۰ رأس دام عشایر و دامداران محلی را تأمین می‌کند، بلکه بخشی از آب آشامیدنی و بهداشتی مورد نیاز عشایر را نیز تأمین خواهد کرد.

استناد: باقریان کلات، علی، اسلامی، علیرضا و رستمی خلج، محمد (۱۴۰۵). امکان‌سنجی استحصال آب شرب دام در مناطق عشایری شهرستان درگز با ذخیره‌سازی آب زیرسطحی. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۴(۳)، ۲۳-۳۸.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** علی باقریان کلات
نشانی: گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
تلفن: ۰۹۱۵۰۵۱۷۱۴۸
پست الکترونیکی: Alibagheriankalat@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

مقدمه

بند زیرزمینی سازه‌ای است که آب‌های زیرسطحی را در منافذ لایه‌های زمین ذخیره کرده و بهره‌برداری از این آب‌ها را به شیوه‌ای پایدار فراهم می‌کند. بندهای زیرزمینی مزایای بسیاری دارند که سدهای سطحی ندارند. زمین برای ذخیره آب زیر آب نمی‌رود. از سطح زمین به‌طور یکسان قبل و بعد از ساخت بند زیرزمینی می‌توان استفاده کرد. این بندها مشکلات محیطزیستی و اجتماعی بندهای معمولی را ندارند. عمر مفید زیادی داشته و در برابر حوادث طبیعی مانند سیل و زلزله و حوادث زمین‌شناسی مقاوم هستند. هم‌چنین به دلیل عدم اشغال فضای سطح زمین، مشکل انباشت رسوبات و کاهش حجم مخزن را ندارند (Ishida et al., 2011). احداث بندهای زیرزمینی در کشور ژاپن نه‌تنها به‌عنوان مانعی در برابر هجوم آب‌های شور به داخل سفره‌های آب شیرین عمل می‌کنند بلکه آب را در بستر آبرفتی رودخانه ذخیره می‌کنند که در مواقع نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yamada, 1998). بندهای زیرسطحی با حفظ آب‌های زیرزمینی با حداقل اتلاف تبخیر، هزینه‌های نگهداری پایین، ساخت آسان، کاهش خطرات آلودگی و عدم تهدید جان انسان، راه‌حل مؤثری ارائه می‌دهند (Kumari et al., 2025). پژوهش‌های جدید مؤید آن است که استفاده از بندهای زیرزمینی می‌تواند اثر قابل‌توجهی در کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی داشته باشند (Chang et al., 2023; Cavda, 2024). Rajabi et al. (2025) با مرور تجارب احداث بندهای زیرزمینی، نتیجه گرفتند که بندهای زیرسطحی بهتر از بندهای ذخیره‌ای شنی عمل می‌کنند.

در اغلب موارد مخزن بندهای زیرزمینی نسبتاً کوچک بوده و برای شرب انسان، دام و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Luo, 1992). Hut et al. (2008) در کشور کنیا بر روی دو بند زیرزمینی نشان داد بندی که باهدف تأمین آب شرب احداث‌شده است از بندی که برای تأمین آب کشاورزی ساخته‌شده، از راندمان بالاتری برخوردار است. Hut & Ertsen (2009) با ارزیابی اقتصادی یک بند زیرزمینی در کشور کنیا، احداث بندهای زیرزمینی در دیگر مناطق بیابانی آفریقا را پیشنهاد نمودند. Petersen (2013) یکی از عوامل مهم در اقتصادی بودن یک بند زیرزمینی را طول سد می‌داند. نام‌برده بهترین طول سد زیرزمینی را ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر ذکر کرده است. بررسی‌های Kim et al. (2017) نشان داد در اثر احداث بند زیرزمینی، تراز آب زیرزمینی در بالادست بند به‌طور متوسط ۰/۴۶ متر و حداکثر ۱/۱۶ متر افزایش داشته و در منطقه مورد مطالعه، بندهای زیرزمینی پتانسیل جایگزینی به‌جای بندهای سطحی را دارد. بررسی‌های Masayuki (2024) روی بندهای زیرزمینی در منطقه Ryukyu ژاپن که باهدف تأمین آب کشاورزی ساخته‌شده، نشان داد حجم آب قابل استحصال سالانه آن‌ها بین ۰/۳۹ تا ۱۰/۵ میلیون مترمکعب بوده و قیمت آب استحصال‌شده از این بندها مشابه یا کمی بیش‌تر از سدهای سطحی است.

Esmali Ouri et al. (2019) و Bahrololoom et al. (2018) برای تعیین اولیه مناطق مستعد احداث بند زیرزمینی از روش‌های منطق بولین و منطق فازی استفاده کردند. Arab Ameri et al. (2018) برای شناسایی محل مناسب برای احداث بند زیرزمینی در منطقه اردستان استان اصفهان از روش AHP و GIS استفاده کردند. Rostami Khalaj et al. (2021) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، عوامل مؤثر در مکان‌یابی بند زیرزمینی را وزن‌دهی کرده و مناطق مستعد را شناسایی کردند و درنهایت با بازدید میدانی و در نظر گرفتن مسائل موجود مانند نیاز آب و قیمت آب در منطقه، مناطق مناسب برای احداث بند زیرزمینی را تعیین نمودند. Hosseini Marandi et al. (2025) قابلیت استان فارس برای اجرای بندهای زیرزمینی را بررسی نموده و ۱۰۰ نقطه که دارای پتانسیل احداث بند زیرزمینی است را در سه اولویت، دسته‌بندی شدند. هم‌چنین، Bagherian Kalat et al. (2024) شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای استحصال آب زیرسطحی با استفاده از بند زیرزمینی را در سه مرحله انجام دادند. در ادامه، Rostami Khalaj et al. (2025) در مناطق مرزی شهرستان‌های سرخس و کلات واقع در استان خراسان رضوی، از معیارهای شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از روستا و فاصله از جاده، نقاط مناسب برای احداث بند زیرزمینی را با استفاده از روش Fuzzy-AHP اولویت‌بندی کردند.

Forzieri et al. (2008) در منطقه کایدال کشور مالی به بررسی و تعیین مکان مناسب احداث بندهای زیرزمینی با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و GIS پرداختند. این محققان دستورالعملی را برای مکان‌یابی بندهای زیرزمینی ارائه نمودند. Dai (2016) در شرق کشور چین با استفاده از روش AHP و GIS، هشت نقطه مناسب را برای احداث بند زیرزمینی تعیین کرد. Shirani et al. (2017) برای مکان‌یابی بند زیرزمینی از روش AHP استفاده کردند. نتایج نشان داد مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه مکان‌های مناسبی برای احداث بند زیرزمینی هستند. Tavakoli et al. (2018) دو روش FAHP[1] و FANP[2] را برای مکان‌یابی بند زیرزمینی باهم مقایسه کرده و نتیجه گرفتند، روش FANP نسبت به روش FAHP دقت بیش‌تری برای مکان‌یابی بند زیرزمینی دارد. Talebi et al. (2019) ۱۱ لایه مؤثر در مکان‌یابی بند زیرزمینی را با استفاده از روش ANP امتیازدهی نموده و مکان‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی را تعیین کردند.

[1] Fuzzy Analytical Hierarchy Process
[2] Fuzzy Analytical Network Process

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

Webber et al. (2019) از تحلیل چندمتغیره در برزیل برای مکان‌یابی بند زیرزمینی استفاده کردند. در این مطالعه متغیرهای توپوگرافی، هیدروگرافی، خاکشناسی و زمین‌شناسی با استفاده از GIS تلفیق شد و با حذف مناطق نامناسب، لایه مناطق مستعد برای احداث بند زیرزمینی تعیین شد. Fathi et al. (2019) از لایه‌های بارندگی، شیب، زمین‌شناسی، مناطق تغذیه، تراز آب زیرزمینی و فاصله از شبکه آبراهه‌ای و با استفاده از GIS و سنجش از راه دور و روش AHP اقدام به مکان‌یابی محل مناسب برای احداث بند زیرزمینی کردند. Kharazi et al. (2019) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مکان مناسب برای احداث بند زیرزمینی را در دشت سمنان تعیین کردند. در ادامه، Choi et al. (2023) در شش حوضه منتهی به دریا در کشور کره، با انجام نظرسنجی کارشناسی و تجزیه‌وتحلیل نتایج با AHP و AHP فازی، مکان‌های سد زیرزمینی را اولویت‌بندی کرده و دو محل مناسب را برای احداث بند زیرزمینی پیشنهاد نمودند. علاوه بر این، Aras et al. (2024) در کشور ترکیه با بهره‌گیری از یک رویکرد حذف چندمرحله‌ای، مکان‌یابی بندهای زیرزمینی را انجام داده و مکان مناسب جهت احداث پنج بند برای تأمین آب کشاورزی و یک بند برای تأمین آب شرب را تعیین نمودند. اخیراً، Najdat Kasim et al. (2025) با استفاده از روش AHP در حوضه الکور واقع در شمال عراق، مکان‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی را تعیین کردند. از مدل هیدرولوژیکی AGWA2 برای محاسبه پارامترهای لازم استفاده نمودند. نهایتاً در یکی از زیرحوضه‌ها، مکان مناسب مشخص شد.

عشایر شهرستان درگز به دلیل بروز خشک‌سالی‌های اخیر، در تأمین آب شرب دام با مشکلات زیادی روبه‌رو می‌باشند. تحمیل هزینه گزاف تأمین آب، عملاً در سال‌های اخیر دامداری را برای عشایر منطقه غیراقتصادی نموده است. در چنین شرایطی بخش قابل‌توجهی از آب زیرسطحی شهرستان از کشور خارج‌شده و وارد کشور ترکمنستان می‌شود. از طرف دیگر، جهت رفع بحران شدید آب در منطقه و تأمین منبع آب پایدار برای شرب دام این فرضیه وجود داشت که از طریق استحصال آب زیرسطحی، تأمین آب مورد نیاز عشایر امکان‌پذیر است. ازاین‌رو در این تحقیق، این فرضیه مورد آزمون قرار گرفت.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

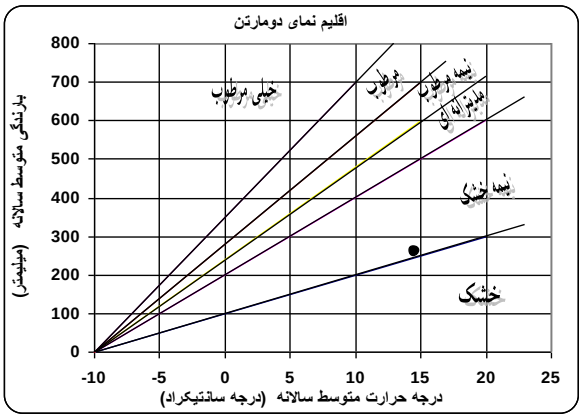
این تحقیق در شهرستان درگز واقع در شمال استان خراسان رضوی انجام شد. حداقل ارتفاع این شهرستان ۴۷۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۱۸۰ متر است. در شکل (۱) موقعیت شهرستان درگز در استان خراسان رضوی نشان داده شده است. میانگین دمای سالانه شهرستان درگز ۱۵ درجه و میانگین بارندگی سالانه آن ۲۴۳ میلی‌متر است (Shirmohammadi Ali Akbarkhani, & Saberali 2019). در شکل (۲) موقعیت منطقه روی اقلیم‌نمای دومارتن نشان داده شده است (Bagherian Kalat et al., 2024). بر این اساس، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک نزدیک به خشک می‌باشد.

شکل ۱- موقعیت شهرستان درگز در استان خراسان رضوی

Figure 1- Location of Dargaz country in Khorasan Razavi province

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]



شکل ۲– وضعیت اقلیم منطقه مورد مطالعه در طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن (Bagherian Kalat et al., 2024)

Figure 2- Climate status of the study area in the De Martonne climatic classification (Bagherian Kalat et al., 2024)

روش تحقیق

این تحقیق در سه مرحله انجام شد. مرحله اول شامل حذف بخش‌هایی از منطقه است که قابلیت احداث بند زیرزمینی را ندارند. در این مرحله ابتدا لایه‌های رقومی مورد نیاز مانند نقشه شبکه آبراهه‌ها، نقشه شیب، نقشه کاربری اراضی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد. مناطقی که پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی را ندارند. با استفاده از منطق بولین از محدوده مطالعاتی حذف شد (Esmali Ouri et al., 2016; Rostami Khalaj et al., 2022). مناطق با شیب بالای ۲۵ درصد، محدوده گسل‌ها و خطواره‌ها با بافر ۵۰۰ متر، اراضی صخره‌ای، اراضی شور، مخازن آب موجود در منطقه، حریم چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات با بافر ۱۰۰ متر، رودخانه‌های دائمی دارای دبی پایه، سازندهای تخریب‌کننده گچی و نمکی و نیز حوضه‌های بالادست سدهای منطقه جزء مناطقی است که پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی را نداشته و از محدوده مطالعاتی حذف شدند.

در مرحله دوم مناطقی که دارای پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی هستند، مشخص شدند. در این مرحله از مطالعات، از پنج لایه یا نقشه که عبارت‌اند از: شیب منطقه، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله دسترسی به محل بند و فاصله از محل مصرف استفاده شد. برای تهیه نقشه شیب منطقه از نقشه DEM با اندازه پیکسل ۳۰ متر استفاده شد. این اطلاعات از ماهواره استر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دانلود شد. نقشه‌های کاربری اراضی، مناطق روستایی و راه‌های ارتباطی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی اخذ شد. ضمناً در سامانه اطلاعات جغرافیایی از ابزار multibuffer برای تهیه نقشه‌های فاصله از محل مصرف و فاصله دسترسی به محل بند زیرزمینی استفاده شد. در این مرحله از مطالعات، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، در کلیه مناطقی که دارای پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی هستند، عوامل مؤثر در مکان‌یابی بند زیرزمینی وزن‌دهی شد و مناطق مستعد شناسایی شد. روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای نخستین بار به‌وسیله Saaty (1998) معرفی شد که در بسیاری از فعالیت‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای مکان‌یابی و غیره استفاده شده است (Saaty, 2008). این روش یکی از مهم‌ترین و قوی‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی مورد استفاده در پروژه‌های گزینشی است که ترکیب‌های سخت و پیچیده را به‌وسیله مرتب کردن فاکتورهای تصمیم‌گیری در یک ساختار سلسله مراتبی ساده‌سازی می‌کند (Ramanathan, 2001).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش AHP یک روش چندمنظوره یا رویکرد تصمیم‌گیری چندمتغیره است که بر پایه مقایسه زوجی عوامل مؤثر در مکان‌یابی استوار است (Kayastha et al., 2013). در این روش ابتدا وزن تک‌تک عوامل مؤثر در مکان‌یابی تعیین می‌شود. سپس کلاس‌های مربوط به هریک از این عوامل، امتیازدهی می‌شود. امتیازدهی بر اساس قضاوت کارشناسان متخصص و بر اساس مقایسه عوامل بر اساس جدول (۱) صورت می‌گیرد (Saaty, 2000). نتایج این مقایسه‌ها بین عوامل مؤثر در مکان‌یابی مناطق مناسب برای استحصال آب زیرسطحی به‌صورت یک ماتریس به نرم‌افزار Expert Choice واردشده و با استفاده از این نرم‌افزار وزن هر عامل محاسبه می‌شود.

در این تحقیق برای تعیین وزن کلاس‌ها نیز مانند روش استفاده شده در تعیین وزن هر لایه (عامل) استفاده شد. برای هر کلاس وزن مشخصی تعیین شد. سپس، وزن هر عامل که از ماتریس وزن‌دهی به‌دست‌آمده در وزن کلاس آن عامل ضرب شد و وزن نهایی هر عامل تعیین شد. سپس نقشه نهایی مربوط به مناطق مستعد برای استحصال آب زیرسطحی در محیط GIS تهیه شد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

جدول ۱- مقیاس مقایسه دوبه‌دو در مدل سلسله مراتبی (Saaty, 2000)

Table 1- Pairwise comparison scale in the hierarchical model (Saaty, 2000)

Numerical value	Oral judgment
9	Absolutely preferred or most desirable
7	Very strong preference or favorability
5	strong preference or desirability
3	Slightly preferred or slightly desirable
1	Preference with less utility or slightly more importance
2, 4, 6, and 8	Preferences between intervals

نقشه شیب منطقه

هرچقدر شیب توپوگرافی محل احداث بند زیرزمینی کم‌تر باشد، حجم مخزن بیش‌تر خواهد بود. بهترین شیب برای احداث بندهای زیرزمینی، شیب‌های کم‌تر از شش درصد است (Kordi et al., 2016; Rostami Khalaj et al., 2022). از لایه DEM منطقه با اندازه پیکسل ۳۰ متر برای تهیه نقشه شیب استفاده شد. نقشه شیب به پنج طبقه ۳-۰، ۶-۳، ۱۰-۶، ۲۵-۱۰ و ۲۵ درصد به بالا تقسیم شد. با توجه به این‌که کلاس شیب ۲۵ درصد به بالا مربوط به مناطق کوهستانی است، لذا در مرحله اول از منطقه حذف شد و سایر طبقات برای استفاده در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امتیازدهی شد.

نقشه زمین‌شناسی

وضعیت زمین‌شناسی منطقه، یکی از فاکتورهای مهم در مکان‌یابی بند زیرزمینی است. نوع سازندهای حوضه بالادست بند زیرزمینی و وجود سنگ‌بستر نفوذناپذیر در محل احداث بند زیرزمینی، حائز اهمیت زیادی است. علاوه بر این، تأثیر نوع سازندها بر روی کیفیت آب زیرسطحی باید مورد بررسی قرار گیرد (Amanian et al., 2019). نقشه زمین‌شناسی منطقه از لایه رقومی زمین‌شناسی استان خراسان رضوی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد.

نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی منطقه مورد بررسی شامل اراضی کشاورزی، اراضی دیم، باغات، جنگل، بیشه‌زارها و اراضی فاقد پوشش است. این نقشه نیز از نقشه کاربری اراضی رقومی استان خراسان رضوی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد.

نقشه فاصله از محل مصرف

فاصله از محل مصرف، یکی از معیارهای اساسی در تعیین محل احداث بند زیرزمینی است. بسته به هدف از احداث بند زیرزمینی، ممکن است آب ذخیره‌شده در مخزن بند جهت شرب انسان، دام، آبیار تکمیلی اراضی زراعی و ... استفاده شود. به همین علت نزدیکی محل آب ذخیره‌شده به روستا و محلات عشایری و مناطق دامداری ازلحاظ راندمان آب و ملاحظات اقتصادی بسیار مهم است (Rostami Khalaj et al., 2022). برای تهیه نقشه فاصله از محل مصرف، موقعیت روستاها و محله‌های عشایری منطقه تهیه شد. سپس، بافر فاصله از محل مصرف تهیه شد. نقشه تهیه‌شده به سه کلاس ۵۰۰-۰ متر، ۱۰۰۰-۵۰۰ متر و بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر تقسیم شد.

نقشه فاصله دسترسی به محل بند زیرزمینی

این معیار در مکان‌یابی بند زیرزمینی از دو منظر قابل‌تأمل است. در هنگام احداث بند زیرزمینی هرچه فاصله بند از جاده یا راه‌های دسترسی کم‌تر باشد، روند اجرای پروژه بهتر، سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر است. علاوه بر این، نزدیکی بند به جاده بعد از احداث بند زیرزمینی می‌تواند در بهره‌برداری بهتر و تعمیر و نگهداری بند مؤثر باشد (Abde Khodaei et al., 2017). نقشه راه‌های منطقه از لایه کاربری استخراج و سپس بافرهای ۵۰۰-۰ متر، ۱۰۰۰-۵۰۰ متر و بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر از آن تهیه شد. در مرحله سوم از مطالعات، در مناطقی که دارای پتانسیل احداث بند زیرزمینی هستند، بررسی‌ها برای تعیین نقاط مورد نظر به‌عنوان نقاط مناسب برای احداث بند زیرزمینی انجام شد و این نقاط اولویت‌بندی شدند. بررسی محققان نشان می‌دهد محل تنگ‌شدگی آبراهه‌ها که واجد جریان آب زیرسطحی هستند برای این منظور مناسب بوده و می‌توانند محل پیشنهادی برای احداث بندهای زیرزمینی باشند (Forzieri et al., 2008).

برای تعیین محل محورهای مناسب با توجه به نقشه‌های موجود و تصاویر Google Earth، محل تنگ‌شدگی آبراهه‌ها در مناطق واجد پتانسیل احداث بند زیرزمینی مشخص شد. پس از مشخص شدن نقاط احداث بند زیرزمینی، واحدهای هیدرولوژیک بالادست هر نقطه مشخص شد و پارامترهای فیزیکی حوضه برای آن‌ها محاسبه شد. سپس با بازدید میدانی، عوامل زیر برای هر نقطه بررسی شد: تخمین

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

ضخامت آبرفت از طریق برداشت‌های مستقیم شامل اندازه‌گیری عمق چاه‌های دستی و میله چاه‌های قنوات در آبراهه و در صورت فقدان چاه یا قنات، ضخامت آبرفت با توجه به شیب لایه‌های سنگی جناحین و یا شیب دامنه‌ها در جناحین برآورد شد.

تدقیق شیب بر اساس اندازه‌گیری صحرایی

اندازه‌گیری موقعیت لایه‌بندی و تدقیق پهنه‌های خردشدگی گسلی در محدوده‌های مناسب در صورت نیاز بررسی وجود کاربر در پایین‌دست محور بند و نوع نیاز آبی (شرب و بهداشت، کشاورزی، دام، صنعتی) و ... نهایتاً با توجه به خصوصیات حوضه بالادست، خصوصیات برآوردی مخزن و دیواره بند زیرزمینی و شرایط منطقه از نظر نیاز آبی و بهره‌برداران بند زیرزمینی، نقاط پیشنهادی برای انجام مطالعات تکمیلی اولویت‌بندی شد. تعیین دقیق خصوصیات برآوردی مخزن و دیواره بند زیرزمینی نیاز به مطالعات دقیق ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی داشته و هزینه زیادی را طلب می‌کند. بنابراین در این بررسی که مطالعه امکان‌سنجی است، خصوصیات مخزن بند زیرزمینی با استفاده از مشاهدات صحرایی، ضخامت آبرفت و شیب آبرفت، تخمین زده شد. طول تاج بند زیرزمینی برابر با عرض آبراهه تعیین شد و فرض شده است که در هر سه‌نقطه، بند زیرزمینی با هسته رسی احداث شود.

نتایج و بحث

در مرحله اول این بررسی، مناطقی که فاقد پتانسیل اولیه احداث بند زیرزمینی هستند با استفاده از منطق بولین از محدوده مورد مطالعه حذف شد. مناطق مرتفع و تپه‌ماهورهای دارای شیب زیاد از مناطقی بودند که به دلیل شیب زیاد و کم بودن عمق خاک از محدوده مورد بررسی حذف شدند. محدوده مربوط به برخی از کاربری‌ها مانند اراضی با کاربری مسکونی، مناطق صخره‌ای، اراضی شور، مخازن آب موجود در منطقه که کاربری مناسبی برای احداث بند زیرزمینی ندارند از محدوده مورد مطالعه حذف شد. محدوده گسل‌ها و خطواره‌ها یکی دیگر از محدوده‌های حذفی است که با استفاده از نقشه زمین‌شناسی منطقه، این محدوده‌ها تعیین شد. سپس بافر ۱۰۰ متر اطراف آن جزء مناطق حذفی قرار گرفت. سازندهای گچی و نمکی سازندهای مخربی هستند که باعث سختی و شوری آب زیر قشری می‌شوند و احداث بند زیرزمینی در این مناطق منطقی نیست. عوامل زمین‌شناسی ازجمله فاصله از گسل یا خطواره برای ساخت سدهای زیرزمینی بسیار قابل‌توجه هستند (Dortaj et al., 2020; Wang et al., 2021). حوضه بالادست سدها به دلیل این‌که آب مورد نیاز برای آبگیری سدها را فراهم می‌کنند از مناطقی هستند که احداث بند زیرزمینی در آن‌ها اصولی و مقرون‌به‌صرفه نیست. مناطق حذفی حدود ۵۳ درصد از منطقه را شامل شده و این نتایج نشان می‌دهد به‌سادگی و با استفاده از منطق بولین می‌توان حجم کار مکان‌یابی را به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد.

تحلیل اطلاعات مربوط به مقادیر وزن لایه‌ها و وزن کلاس‌های هر لایه با توجه به اهمیت آن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی متخصصان و کارشناسان محاسبه شد (جدول ۲). برای این منظور تعداد ۱۰۰ پرسشنامه در اختیار کارشناسان قرار گرفت که تعداد ۸۷ مورد جمع‌آوری و در تحلیل‌ها استفاده شد. ضریب ناسازگاری کل برای لایه‌ها ۰/۰۲ به‌دست آمد که در محدوده مورد قبول قرار دارد.

جدول ۲- وزن لایه‌ها/ کلاس‌ها در منطقه مورد بررسی

Table 2- Weight of layers/classes in the studied area

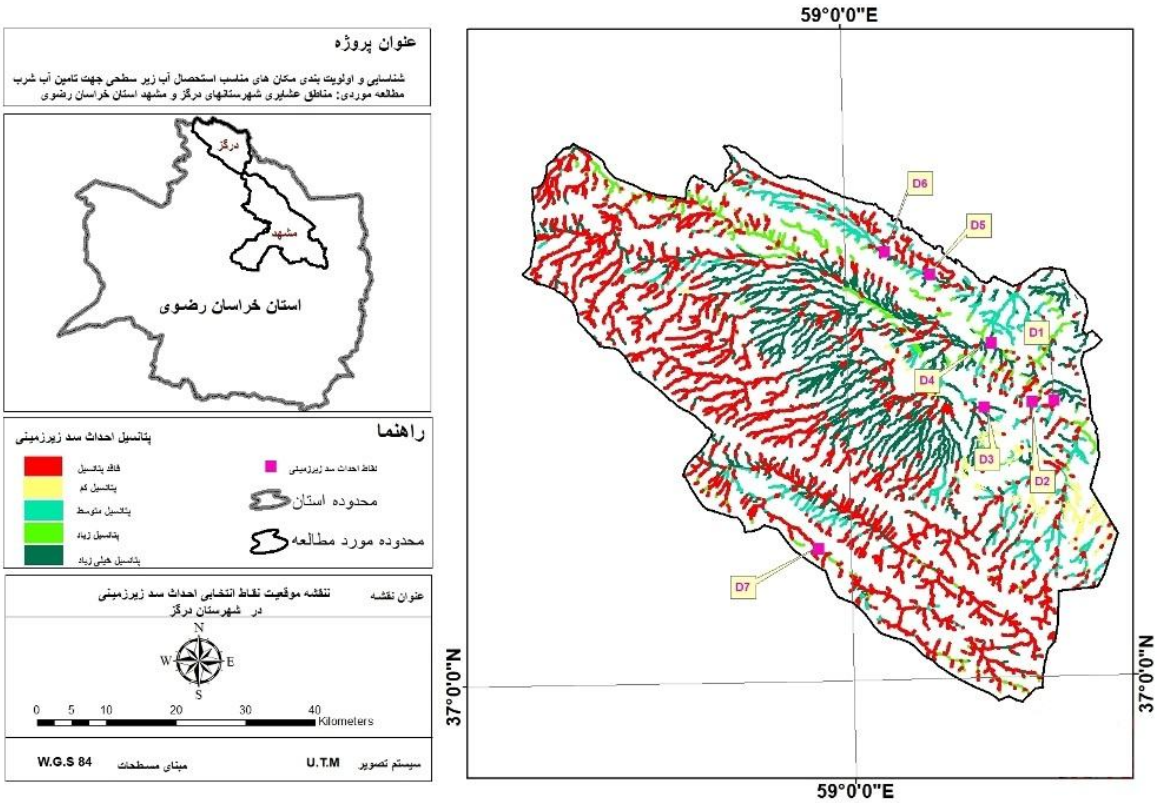
The weight of the classes	Classes	Weight	Layers	The weight of the classes	Classes	Weight	Layers
0.585	0-3	0.271	Slop	0.49	Qt, Qal, Qs	0.401	Geology
0.239	3-6			0.20	Ktr, Jmz		
0.117	6-10			0.14	Knz, Jksh, Kat, E1c		
0.059	10-15			0.112	Jiav, Dcg, Jks, Eviv, Db, Kab		
0	>25			0.051	Pems, Kat, sp1, Plc, Ur1c, Urm		
				0.007	Qsf, E2m		
0.01	Incompatibility coefficient			0.02	Incompatibility coefficient		
0.04	Water farming	0.077	Land use		0-300	0.158	Distance from the place of consumption
0.049	gardens				300-800		
0.074	forest				800-1300		
0.15	Uncovered lands				>1300		
0.224	bush			0.0025	Incompatibility coefficient		
0.177	Rainy land				0-500	0.093	Distance from the road
0.286	Rangeland				500-1000		
					>1000		
0.02	Incompatibility coefficient			0.0035	Incompatibility coefficient		

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

بررسی‌ها نشان داد پارامترهای زمین‌شناسی و شیب منطقه با وزن‌های ۰/۴۰۱ و ۰/۲۷۱ بیش‌ترین اهمیت را در بین پارامترهای دیگر دارند (جدول ۲). سازندهای زمین‌شناسی با توجه به نوع و کیفیت سازندها و هم‌چنین آبرفت‌های حاصل از آن‌ها می‌توانند نقش مؤثر در مکان‌یابی بندهای زیرزمینی داشته باشند که این نتایج با نتایج (Amanian et al., 2019; Rostami Khalaj et al., 2022) مطابقت دارد. در بین کلاس‌های شیب منطقه، شیب‌های ۳-۰ درصد طبق نظر کارشناسان بیش‌ترین امتیاز را کسب کرد؛ زیرا در این شیب‌ها سرعت آب به حداقل رسیده است و با توجه به آبرفت‌های منطقه می‌تواند مخازن مناسبی را ایجاد کند (Kordi et al., 2016; Rostami Khalaj et al., 2022). کاربری اراضی و فاصله دسترسی به محل بند زیرزمینی، طبق نظر خبرگان و کارشناسان کم‌ترین اهمیت را به خود اختصاص داده است. در شکل (۳) پتانسیل منطقه برای استحصال آب زیرسطحی در آبراهه‌های منطقه و موقعیت نقاط پیشنهادی برای احداث بند زیرزمینی نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۳) هفت نقطه به‌عنوان موقعیت بندهای زیرزمینی پیشنهادی مشخص شد. مشخصات این نقاط در جدول (۳) ارائه شده است. در اولویت‌بندی بین این نقاط، به‌ترتیب نقاط D4، D2 و D3 به‌عنوان سه‌نقطه برتر انتخاب شدند. در محل این نقاط، عرض آبراهه دارای تنگ‌شدگی بود. در چنین شرایطی طول دیواره بند زیرزمینی کم است تا هم هزینه احداث بند کاهش یابد و هم دیواره بند زیرزمینی مشکل آبگذری نداشته باشد. ضمناً پارامترهای دیگری نظیر میزان نیاز به آب و فاصله تا محل مصرف نیز در اولویت‌بندی بین هفت نقطه لحاظ شد. نوع معیارهای انتخابی برای اولویت‌بندی بین نقاط مناسب برای استحصال آب زیرسطحی و نتایج حاصل با یافته‌های منتج از Rostami Khalaj et al. (2025) و Forzieri et al. (2008) مطابقت دارد.



شکل ۳- نقشه پتانسیل استحصال آب زیرسطحی در آبراهه‌های منطقه و موقعیت بندهای زیرزمینی پیشنهادی

Figure 3- Map of groundwater extraction potential in the region's waterways and the location of proposed underground dams

نقطه پیشنهادی اول (اولویت برتر)- نقطه D4

نقطه D4 دارای مختصات جغرافیایی ۴۱۴۵۳۳۷ شمالی و ۶۹۷۶۹۷ شرقی است. در این نقطه عرض مقطع در محل محور بند زیرزمینی پیشنهادی ۷۸ متر و شیب طولی آبراهه دو درصد است. آبرفت درشت‌دانه بوده و ضخامت متوسط آبرفت حدود نُه متر است. مساحت حوزه آبخیز بالادست این نقطه ۳۶۳۹ هکتار و متوسط بارندگی سالانه در این حوضه ۲۶۰ میلی‌متر است. حجم مخزن سالانه بند زیرزمینی پیشنهادی در این نقطه حدود ۱۳۶۴۰ مترمکعب است (جدول ۳). با توجه به شرایط اقلیمی و مساحت حوزه بالادست، چنانچه بند زیرزمینی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

در این نقطه احداث شود با بهره‌برداری و مدیریت بند زیرزمینی، بند سالانه سه بار امکان آبگیری داشته و حدود ۴۰۰۰۰ مترمکعب آب باکیفیت مناسب قابل ذخیره‌سازی و استفاده در طول هرسال وجود دارد. در این صورت امکان آب‌رسانی به حدود ۴۸۶۰ رأس دام عشایر و همچنین ۳۸ خانوار عشایری منطقه فراهم می‌شود. همچنین روستای یانبلاق با ۱۴۵ خانوار و حدود ۵۲۰۰ رأس دام در پایین‌دست این نقطه واقع است که از آب مازاد می‌توان برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز این روستا نیز استفاده کرد. این نقطه دارای اولویت اول برای انجام مطالعات تکمیلی جهت احداث بند زیرزمینی است.

نقطه پیشنهادی دوم (نقطه D2)

نقطه D2 دارای مختصات جغرافیایی ۴۱۳۶۹۹۳ شمالی و ۷۰۳۵۶۳ شرقی است. در این نقطه، عرض مقطع بند زیرزمینی پیشنهادی ۲۵ متر و شیب طولی آبراهه حدود ۱/۵ درصد است. آبرفت نسبتاً دانه‌درشت بوده و ضخامت متوسط آبرفت حدود هفت متراست. مساحت حوزه آبخیز بالادست ۱۴۷۴ هکتار بوده و متوسط بارندگی این حوضه حدود ۲۲۵ میلی‌متر است. یک روستای عشایری با جمعیت ۶۶ خانوار در فاصله ۲/۵ کیلومتری و در پایین‌دست این نقطه واقع است. با احداث بند زیرزمینی علاوه بر تأمین آب شرب و بهداشتی عشایر، امکان آب‌رسانی به حدود ۵۴۵۰ رأس دام عشایر منطقه فراهم می‌شود. حجم مخزن بند زیرزمینی پیشنهادی در این نقطه حدود ۵۵۰۰ مترمکعب است (جدول ۳). با توجه به شرایط اقلیمی و مساحت حوزه بالادست، چنانچه بند زیرزمینی در این نقطه احداث شود سالانه ۳ بار امکان آبگیری دارد. بدین ترتیب این امکان فراهم خواهد شد تا سالانه حدود ۱۶۵۰۰ مترمکعب آب باکیفیت مناسب در مخزن آبرفتی بند زیرزمینی ذخیره‌شده و در مواقع لزوم مورد استفاده عشایر منطقه قرا گیرد. این نقطه دارای اولویت دوم برای انجام مطالعات تکمیلی جهت احداث بند زیرزمینی است.

نقطه پیشنهادی سوم (نقطه D3)

نقطه D3 دارای مختصات جغرافیایی ۴۳۵۹۳۳ شمالی و ۶۹۶۶۸۸ شرقی است. در این نقطه، عرض مقطع در محل محور بند زیرزمینی پیشنهادی ۴۶ متر، ضخامت متوسط آبرفت حدود هشت متر و شیب طولی آبراهه حدود سه درصد است. آبرفت دانه‌درشت بوده و نفوذپذیری مناسبی دارد. مساحت حوزه آبخیز بالادست ۱۱۲۵ هکتار و متوسط بارندگی سالانه حوضه حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. حجم مخزن سالانه بند زیرزمینی پیشنهادی در این نقطه حدود ۴۶۰۰ مترمکعب است (جدول ۳). با توجه به شرایط اقلیمی و مساحت حوزه بالادست، چنانچه بند زیرزمینی در این نقطه احداث شود سالانه سه بار امکان آبگیری دارد. بدین ترتیب سالانه حدود ۱۴۰۰۰ مترمکعب آب باکیفیت مناسب قابل ذخیره‌سازی است. چند محله عشایری شامل ۱۵ خانوار در مجاورت این نقطه قرار دارد که با احداث بند زیرزمینی امکان آب‌رسانی به حدود ۳۵۵۰ رأس دام عشایر منطقه فراهم می‌شود. ضمناً در فاصله ۶ کیلومتر در پایین‌دست این نقطه، روستای ایلانجیق واقع است که از آب مازاد می‌توان برای تأمین آب مورد نیاز دام‌های این روستا نیز استفاده کرد. این نقطه دارای اولویت سوم برای انجام مطالعات تکمیلی جهت احداث بند زیرزمینی می‌باشد.

جدول ۳- مشخصات نقاط انتخابی برای احداث بند زیرزمینی در مناطق عشایری شهرستان درگز

Table 3- Characteristics of selected locations for underground dam construction in nomadic areas of Dargaz County

Prioritization of suggested points	Dam construction cost (billion Tomans)	Number of livestock	Price per m^3 of water (Toman)	Storage volume (m3)	Area of the basin (ha)	Slope of the waterway (%)	Alluviume thickness (m)	waterway width (m)	Acronym	Position
4	11.04	5300	208335	3820	1114	2.5	8	43	D1	4137196 N 706714 E
2	4.8	5450	233340	5508	1474	1.5	7	25	D2	4136993 N 703563 E
3	11.85	3550	183430	4619	1125	3	8	46	D3	4135933 N 696688 E
1	23.64	4860	225000	13640	3639	2	9	78	D4	4145337 N 697697 E
7	8.1	3900	308320	1200	1031	4	7	41	D5	4155260 N 688811 E
5	19.53	5040	325000	7316	2374	2	7	91	D6	4158493 N 682321 E
6	10.05	4230	333000	4917	1602	2.5	6.5	57	D7	4115745 N 672858 E

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

نتیجه‌گیری

آبراهه‌های اصلی در مناطق عشایری مورد مطالعه در شهرستان درگز فاقد آب دائمی و یا حتی فصلی است. تنها در مواقعی که (غالباً در اواخر زمستان و در فصل بهار) در منطقه بارش‌هایی با شدت زیاد می‌بارد بخش قابل‌توجهی از رواناب‌های حاصل به‌صورت سیلاب از حوزه خارج‌شده و وارد کشور ترکمنستان می‌شود. لذا آبراهه‌های اصلی در این مناطق را مسیل‌هایی تشکیل می‌دهند که فاقد رواناب دائمی برای تأمین آب شرب دام است. بررسی‌های دفتری و میدانی نشان داد که روش‌های سطحی متداول تأمین آب برای عشایر، با محدودیت‌های زیادی همراه است. لذا در این مقاله، امکان‌پذیری تأمین آب برای برخی از مناطق عشایری شهرستان درگز که در آن‌ها آب‌رسانی با استفاده از تانکرهای سیار انجام می شود، از طریق استحصال آب‌های زیر قشری مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های صحرایی نشان داد که در برخی از این مناطق، آب زیرسطحی در عمق هفت تا ۱۲ متری وجود دارد اما به دلیل مقدار اندک آب زیر قشری، اغلب چاه‌های بهره‌برداری دستی خشک شده و عملاً تأمین آب برای شرب دام از طریق حفر چاه‌های دستی جدید نیز میسر نمی‌باشد. ضمناً به دلیل تبخیر بالا و پراکنش نامناسب بارش‌ها، امکان تأمین آب شرب دام از طریق روش‌های سطحی استحصال آب نیز غیرممکن بوده و از طرف دیگر به دلیل جمعیت اندک جوامع عشایری، آب‌رسانی از شهرهای اطراف از طریق لوله‌کشی نیز بسیار پرهزینه بوده و از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد. ازاین‌رو برای تأمین آب جوامع کوچک و کوچ رو، استفاده بهینه از آب‌های زیر قشری امری ضروری بوده و لازم است مورد توجه قرار گیرد.

در این مطالعه، با در نظر گرفتن معیارهای زمین شناسی، شیب، کاربری اراضی و با استفاده از منطق بولین، مناطقی که فاقد پتانسیل اولیه برای استحصال آب زیر قشری هستند از منطقه موردتحقیق حذف شد. مناطق مرتفع و تپه‌ماهورهای دارای شیب زیاد از مناطقی بودند از محدوده مورد بررسی حذف شدند. محدوده مربوط به برخی از کاربری‌ها مانند اراضی با کاربری مسکونی، مناطق صخره‌ای، اراضی شور، مخازن آب موجود در منطقه که کاربری مناسبی برای احداث بند زیرزمینی ندارند از محدوده مورد مطالعه حذف شد. سازندهای گچی و نمکی سازندهای مخربی هستند که باعث سختی و شوری آب زیر قشری می شوند و احداث بند زیرزمینی در این مناطق منطقی نیست. حوضه بالادست سدها به دلیل این‌که آب مورد نیاز برای آبگیری سدها را فراهم می‌کنند از مناطقی هستند که احداث بند زیرزمینی در آن‌ها اصولی و مقرون‌به صرفه نیست. مناطق حذفی حدود ۵۳ در صد از منطقه را شامل شده و این نتایج نشان داد با استفاده از منطق بولین می‌توان حجم کار مکان‌یابی را به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد.

مکان‌یابی نوعی تحلیل مکانی است که بخش قابل‌توجهی از هزینه‌های پروژه را تشکیل می‌دهد ازاین‌رو مورد توجه مدیران بوده و انتخاب مناطق مناسب، باعث کاهش هزینه و خسارت می‌شود. لذا با استفاده از روش‌هایی که کارایی آن‌ها سنجیده شده و تقریباً اکثر عوامل مؤثر در مکان‌یابی را در نظر بگیرند، ضروری است. در روش AHP، نظرات کارشناسان به‌طور مستقیم در آن تأثیر داده می‌شود و به همین علت برخی از محققان با دیدی انتقادی به این روش نگاه می‌کنند. برای کاهش اثر نظرات کارشناسان می‌توان با اضافه کردن روش فازی به آن، عدم قطعیت را کاهش داد.

این بررسی نشان داد در بین معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی بند زیرزمینی، پارامتر زمین شناسی دارای اهمیت و وزن زیادی است. پارامتر زمین شناسی به دلیل تأثیر زیادی که بر نوع آبرفت و کیفیت آب زیر قشری دارد، با وزن ۰/۴۰ بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. دومین معیار مهم، شیب است که با وزن ۰/۲۷، در رتبه دوم قرار دارد. کلاس شیب ۳-۰ درصد در بین سایر کلاس‌های شیب، بیش ترین امتیاز را دارد زیرا در شیب‌های کم، سرعت رواناب کاهش‌یافته و امکان ایجاد مخزن آبرفتی بند زیرزمینی مهیا می‌شود. با ادامه بررسی‌هایی که در شهرستان درگز برای تأمین آب محلات عشایری صورت گرفت، هفت نقطه مناسب برای احداث بند زیرزمینی جهت استحصال آب شرب دام تعیین شد (جدول ۳). با توجه به هزینه بالایی که برای انجام مطالعات تکمیلی در این هفت نقطه لازم است با استفاده از پارامترهایی مانند مشخصات محور پیشنهادی (عرض بستر رودخانه، درصد شیب طولی و ضخامت رسوبات)، مساحت حوضه بالادست نقطه پیشنهادی، میزان نیاز به آب و قیمت آب، اقدام به اولویت‌بندی بین هفت نقطه شد و نهایتاً سه‌نقطه به‌عنوان نقاط اولویت‌دار برای مطالعات تکمیلی انتخاب و معرفی شد. بررسی‌ها نشان داد در هریک از این نقاط، با احداث بند زیرزمینی سالانه می‌توان چند هزار مترمکعب از آب زیرسطحی را استحصال و در هر نقطه، نیاز آبی چند هزار رأس دام عشایر و دامداران محلی را برطرف کرد.

با عنایت به این‌که یکی از مهم‌ترین علل کاهش انگیزه عشایر برای اشتغال به دامداری، وقوع خشک‌سالی‌های اخیر و به‌طورکلی کم بودن منابع آبی در منطقه می‌باشد. این تحقیق نشان داد چنانچه در سه‌نقطه D4، D2 و D3 که در این بررسی پیشنهاد شده است مطالعات تکمیلی برای احداث بند زیرزمینی انجام‌شده و بندها احداث شود، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، هر بند زیرزمینی سالانه قابلیت سه نوبت آبگیری را خواهد داشت. در نقطه پیشنهادی D4، با احداث بند زیرزمینی سالانه امکان استحصال و ذخیره‌سازی حدود ۴۰۰۰۰ مترمکعب آب زیر قشری وجود دارد که علاوه بر تأمین آب شرب حدود ۱۰۶۰۰ رأس دام عشایر و دامداران محلی، بخشی از آب شرب و بهداشتی مورد نیاز عشایر نیز

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

تأمین می‌شود. در نقطه D2، چنانچه بند زیرزمینی احداث شود سالانه امکان استحصال و ذخیره‌سازی حدود ۱۶۵۰۰ مترمکعب آب زیر قشری وجود دارد. در این صورت، آب مورد نیاز حدود ۶۰۰۰ رأس دام و آب شرب و بهداشتی مورد نیاز چند خانوار عشایری تأمین خواهد شد. در نقطه پیشنهادی D3 نیز با احداث بند زیرزمینی، سالانه حدود ۱۴۰۰۰ مترمکعب آب زیر قشری قابل ذخیره سازی است که آب شرب حدود ۳۵۵۰ رأس دام و هم‌چنین آب شرب و بهداشتی مورد نیاز ۱۵ خانوار عشایری را در شش ماه از سال که در منطقه اسکان دارند تأمین خواهد کرد. لازم به ذکر است برای اطمینان کامل از وضعیت کمی و کیفی آب زیر قشری و کسب اطلاع از وضعیت تکیه‌گاه‌ها و سنگ کف در هریک از نقاط پیشنهادی، به مطالعات تکمیلی زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیک و ژئوالکتریک نیاز می‌باشد.

ملاحظه‌های 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: این پژوهش در قالب طرح پژوهشی سفارشی و با حمایت مالی اداره کل عشایر استان خراسان رضوی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: **باقریان کلات، ع.:** جمع‌آوری اطلاعات و نگارش نسخه اولیه مقاله. **اسلامی، ع. ر.:** بازبینی مقاله. **رستمی خلج، م.:** تحلیل داده‌ها.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله از حمایت‌های اداره کل امور عشایر استان خراسان رضوی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و نیز همکاری‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی تشکر می‌نمایند.

منابع

اسمعلی‌عوری، اباذر، گلشن، محمد و خرمی، کیوان (۱۳۹۵). اولویت‌بندی محورهای مناسب برای احداث بند زیرزمینی در حوضه آبخیز دوست‌بیگلو. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۸(۴)، ۶۴۵-۶۵۹. **doi:**10.22059/jphgr.2016.60834

امانیان، نصرت‌الله، ایلیاتی، عیسی و مختاری، محمدحسین (۱۳۹۸). مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: دشت کاشان). *خشک‌بوم*، ۹(۱)، ۲۱-۳۷. **doi:**10.29252/ARIDBIOM.2019.1541

باقریان کلات، علی، اسلامی، علیرضا، مجیدی، علیرضا، رستمی خلج، محمد، صدیق و رضا و شیبانی‌زاده، زهره (۱۴۰۴). شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرسطحی جهت تأمین آب شرب دام (مطالعه موردی: مناطق عشایری شهرستان‌های درگز و مشهد، خراسان رضوی). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، *پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری*، ۱۳۰ صفحه.

بحرالعلوم، محمد، ملایی‌نیا، محمودرضا و امینی‌زاده بزنجانی، محمدرضا (۱۳۹۶). مکان‌یابی بندهای زیرزمینی با استفاده از تلفیق GIS و AHP (مطالعه موردی: حاشیه کویر لوت، کرمان). *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۸(۲)، ۱۲۸-۱۱۶.

شیرمحمدی علی اکبرخانی، زهرا و صابرعلی، سید فرهاد (۱۳۹۸). پیش‌بینی تغییرات بارش با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری LARS-WG (مطالعه موردی: شهرستان درگز)، کنفرانس بین‌المللی علوم کشاورزی، محیط زیست، توسعه شهری و روستایی، https://civilica.com/doc/924418

حسینی مرندی، احمد، مجیدی، علیرضا و حقیقی، پارسا (۱۴۰۴). ارزیابی قابلیت پهنه‌ای استان فارس برای اجرای سدهای زیرزمینی. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳ (۴)، ۶۸-۵۷. http://jircsa.ir/article-1-603-fa.html

خرازی، پوریا، یزدانی، محمدرضا، آرا، هایده و خزائل‌پور، پیام (۱۳۹۶). مکان‌یابی بند زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی مطالعه موردی: حوزه آبخیز دشت کویر. *اطلاعات جغرافیایی*، (۱۰۳)۲۶. **doi:**10.22131/sepehr.2017.28902.

رستمی خلج، محمد، نور، حمزه، باقریان کلات، علی و خیرخواه زرکش، میرمسعود (۱۴۰۰). شناسایی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرسطحی با استفاده از بند زیرزمینی (مطالعه موردی: حوضه‌های مرزی شهرستان تربت جام). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۳۲-۱۹. http://jircsa.ir/article-1-436-fa.html

رستمی خلج، محمد، خیرخواه زرکش، میرمسعود، باقریان کلات، علی، نور، حمزه و صدیق، رضا (۱۴۰۱). شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرسطحی با استفاده از سد زیرزمینی (مطالعه موردی: مناطق مرزی کلات و سرخس). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، *پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری*، ۱۱۲ ص.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

رستمی خلج، محمد، نور، حمزه، باقریان کلات، علی و خیرخواه زرکش، میرمسعود (۱۴۰۴). اولویت‌بندی نقاط مناسب برای استحصال آب زیرسطحی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: مناطق مرزی کلات و سرخس). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۳)، ۱۰۴-۸۷. **doi:**10.22034/iwm.2025.2044609.1183

عبدخدایی، محمدمهدی، ذونعمت کرمانی، محمد و آبکار، علی‌جان (۱۳۹۶). بررسی پارامترهای مؤثر در انتخاب مکان احداث سد زیرزمینی زیرحوضه حرمک در استان کرمان، *شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران*، اردبیل، https://civilica.com/doc/727349

عرب عامری، علیرضا، سهرابی، مسعود، رضایی، خلیل و شیرانی، کورش (۱۳۹۷). مکان‌یابی بند زیرزمینی با استفاده از تکنیک GIS و روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۳(۴۱)، ۵۱-۶۰. http://jwmsei.ir/article-1-639-fa.html

کردی، رضوان، فرامرزی، مرزبان، کریمی، حاجی، گرایی، پرویز و یارمحمدی، احسان (۱۳۹۵). مکان یابی سدهای زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک غرب ایران (مطالعه موردی: مهران، استان ایلام). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۷(۱۳)، ۱۷۲-۱۶۴. **doi:**10.18869/acadpub.jwmr.7.13.172.

مجیدی، علیرضا و حسینی مرندی، حمید (۱۴۰۴). بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه بند زیرزمینی اسالم آباد فارس. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۸(۱۴۷)، ۱۱۷-۹۸. **doi:**10.22090/WMRJ.2024.367366.1598.

References

Abde Khodaei, M. M., Zunemat Kermani, M., & Abkar, A. (2017). Study of effective parameters in selecting the location for constructing an underground dam under the Harmak basin in Kerman province. *16th Iranian Hydraulic Conference*, Ardabil. https://civilica.com/doc/727349. [In Persian]

Amanian, N., Ilyati, I., & Mokhtari, M. H. (2019). Locating an underground dam using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) (Case study: Kashan plain). *Khoshkboom*, 9(1), 21-37. **doi:**10.29252/ARIDBIOM.2019.1541 [In Persian]

Arab Ameri, A. R., Sohrabi M. Khalil, R., & Shirani, K. (2018). Locating underground dams using GIS techniques and Analytical Hierarchy Process (AHP). *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, 13(41), 51-60. http://jwmsei.ir/article-1-639-fa.html. [In Persian]

Aras, E., Boz, B., Vaheddoost, B., & Yılmaz, D. (2024). A case study for determination of the best underground dam sites, Bursa Province, Turkey. *Groundwater*, 62(5), 804-816. **doi:**10.1111/gwat.13421.

Bagherian Kalat, A., Islami, A. R., Majidi, A.R., Rostami Khalaj, M., Seddigh, R., & Sheibani Zade, Z. (2024). Identifying and prioritizing suitable locations for subsurface water harvesting for livestock Drinking water supply (Case study: nomadic areas of Derghaz and Mashhad cities, Razavi Khorasan). *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, 131 p. [In Persian]

Bahrololoom, M., Mollaeinia, M., & Amini zadeh, M R. (2018). Location detection of underground dams, by using a combination of GIS and AHP (Case study: The edge of the Loot Desert, Kerman). *Irrigation and Water Engineering*, 8(2), 116-128. [In Persian]

Çavdar, E. 2024. Subsurface water storage in dryland basins: A sustainable approach. *Journal of Arid Environments*, 215, 104789. **doi:**10.47852/bonviewAAES42022367.

Chang, Y., Chen, X., Liu, D., Tian, C., Xu, D., & Wang, L. 2023. Study on the control of saltwater intrusion using subsurface dams. *Water*, 15(22), 3938. **doi:** 10.3390/w15223938.

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. **doi:**10.3390/w15183296.

Dai, X. (2016). Dam site selection using an integrated method of AHP and GIS for decision making support in Bortala, Northwest China. Msc. Thesis, Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University, Sweden.

Dortaj, A., Maghsoudy, S., Doulati Ardejani, F., & Eskandari, Z. (2020). A hybrid multi-criteria decision-making method for site selection of subsurface dams in semi-arid region of Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100284, **doi:**10.1016/J.GSD.2019.100284.

Esmali Ouri, A., Golshan, M., & Khorram, K. 2016. Prioritization of suitable axes for construction of underground dam in the Doostbeiglou watershed. *Physical Geography Research*, 48(4), 645-659. **doi:** 10.22059/jphgr.2016.60834. [In Persian]

Ertsen, M. W., & Hut, R. (2009). Two waterfalls do not hear each other. Sand – storage dams, science and sustainable development in Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(1-2), 14-22.

Fathi, A., Lee, T., & Mohebzadeh, H. (2019). Allocating underground dam sites using remote sensing and gis case study on the southwestern plain of Tehran Province, Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(6), 989-1002.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

Forzieri, G., Gardenti, M., Caparrini, F., & Castelli, F. (2008). A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground small dams in arid areas: A case study in the region of Kidal, Mali. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(1-2), 74-85.

Foster, S., & Tuinhof, A. (2004). Subsurface dams to augment groundwater storage in basement terrain for human subsistence-Brazilian and Kenyan experience. World Bank, *Groundwater Management Advisory Team*, 5, 6 p.

Hosseini Marandi, A., Majidi, A. R., & Haghighi, P. (2025). Assessment of the spatial capability of Fars Province for the implementation of underground dams. *Rainwater Catchment Surface Systems*, 13(4), 57-68. http://jircsa.ir/article-1-603-fa.html. [In Persian]

Hut, R., Ersten, M. W., Joeman, N., Winsemius, H., & Van De Giesen, N. C. (2008). Effects of sand storage dams on ground water levels with examples from Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 56-66.

Ishida, S, Tsuchihara, T., Yoshimoto, S and Imaizumi, M. (2011). Sustainable use of groundwater with underground dams. *JARQ*, 45 1), 51–61. http://www.jircas.affrc.go.jp.

Kayastha P., Dhital M.R., & De Smedt F. (2013). Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, west Nepal. *Computers & Geosciences*, 52, 398-408.

Kharazi, P., Yazdani, M. R., & Khazealpour, P. (2019). Suitable identification of underground dam locations, using decision-making methods in a semi-arid region of Iranian Semnan Plain. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100240. **doi**:10.22131/sepehr.2017.28902. [In Persian]

Kim, J. T., Choo, C. O., Kim, M. I., & Jeong, G. C. (2017). Validity evaluation of a groundwater dam in Oshipcheon River, eastern Korea using a SWAT–MODFLOW model. *Environmental Earth Sciences*, 76(22), 769.

Kordi, R., Faramarzi, M., Karimi, H., Gerai, P., & A. Yarmohammadi (2016). Mapping underground dams in arid and semi-arid regions of western Iran (Case study: Mehran, Ilam province). *Journal of Watershed Management*, 7(13), 164-172. **doi:**10.18869/acadpub.jwmr.7.13.172. [In Persian]

Kumari, S., Sudhishri, S., Singh, M., Kumar Singh, D., Mukherjee, J., Kumar, K., Kumar Prajapati, V., Dass, A., Gopi Rosin, K., Jaiswal, S., & Gaddam, S. 2025.Site suitability of sub-surface dam for environmental sustainability in mountainous watershed using MCDM approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 32, 17487–17510.

Luo, D. (1992). The utilization measures of rainwater in the rural areas of China. *IRCSA*. 612-614.

Majidi, A. R and Hosseini Marandi. (2025). Investigating of the Engineering geological features of the underground dam construction in the Islamabad, Fars. *Watershed Management Research*, 38 (2), 147, 98-117. **doi:**10.22090/WMRJ.2024.367366.1598. [In Persian]

Masayuki, I. (2024). Review of subsurface dam technology based on Japan's experience in the Ryukyu Arc.*Water*, 16, 2282. **doi:**10.3390/w16162282.

Mohammad, A., & Safi, A. (2019). Impacts of different water harvesting techniques on barley productivity under semi-arid conditions in Palestine. *Hebron University Research Journal (Natural Sciences)*, 8, 66-80.

Najdat Kasim, M., Habeeb, I., & Taha Jawad, I. (2025). Integrated approach for assessing suitable location of the subsurface dams in the Al Kur watershed, Iraq. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2025; 2:363-378. **doi:**10.12912/27197050/199325.

Petersen. E. Ni. (2013), Subsurface dams for water storage in dry riverbeds. ASAL Consultants Ltd., Kenya. 58 p. www.waterforaridland.com.

Rajabi, A., Alizadehnia, S., & SohrabiBidar, A. (2025). A review of studies on underground dam site selection. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 140, October 2025, 103995. **doi:**10.1016/j.pce.2025.103995
Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 63(1), 27-35.

Rostami Khalaj, M., Noor, H., Bagherian Kalat, A., & Khairkhah Zarkesh, M. M. (2021). Identifying suitable locations for groundwater extraction using underground dams (case study: border basins of Torbat Jam County). *Quarterly Journal of Rainwater Catchment Surface Systems*, 32-19. http://jircsa.ir/article-1-436-fa.html [In Persian]

Rostami Khalaj, M., Khairkhah Zarkesh, M. M., Bagherian Kalat, A., Noor, H., & Seddigh, R. (2022). Identifying and prioritizing suitable locations for groundwater extraction using underground dams (case study: Kalat and Sarakhs border areas). Final report of the research project, *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, 112 p. [In Persian]

Rostami Khalaj, M, Noor, H, Bagheriyan Kalat, A., & Kheirkhah Zarkesh, M. (2025). Prioritization of suitable sites for subsurface water harvesting using the data envelopment analysis method (Case study: Kalat and Sarakhs border areas). *Integrated Watershed Management*, 5(3), 87-104. **doi:**10.22034/iwm.2025.2044609.1183. [In Persian]

Saaty, T. L. (1988). What is the analytic hierarchy process?. In Mathematical models for decision support (109-121). Springer, Berlin, Heidelberg.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]

Saaty, T. L. (2000). Fundamentals of decision making and priority theory. 2nd. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 11 p.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.

Shirani, K., Dastjerdi, A. S., & Rahnamarad, J. (2017). Integration of multi-criteria decision matrix and geographical information system to site selection for an underground dam. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 22, 3669-3686.

Shirmohammadi Ali Akbarkhani, Z., & Saberali, S. F. (2019). Forecasting precipitation changes using the LARS-WG statistical downscaling model (Case study: Dargaz County), International Conference on Agricultural Sciences, Environment, Urban and Rural Development. https://civilica.com/doc/924418. [In Persian]

Talebi, A., Zahedi, E., Hassan, M. A., & Lesani, M. T. (2019). Locating suitable sites for the construction of underground dams using the subsurface flow simulation (SWAT model) and analytical network process (ANP) (Case study: Daroongar watershed, Iran). *Sustainable Water Resources Management*, 5, 1369–1378. **doi:**10.1007/s40899-019-00314-5

Tavakoli, S., Khashei-Siuki, A., Hashemi, S. R., & Khozeyme-Nezhad, H. (2018). Comparison of FAHP and FANP decision-making methods in determining the appropriate locations for constructing an underground dam for water harvesting. *Water Harvesting Research*, 3(1), 81-91.

Wang, Y., & Tian, Y. (2021). Dam siting: a review. *Water*, 13, 21 p. **doi:**10.3390/w13152080.

Webber, D., Marques, F., De Oliveira Neto, M. B., Barros, A., & Da Silva, M. S. L. (2019). Site selection for underground dams using spatial multi-criteria evaluation in the semi-arid region of the state of Alagoas, Brazil. International on Neternational Symposium on Managed Aquifer Recharge, 10, 2019, Madrid. p. 236-244.

Yamada, T. (1998). Construction of underground dams on Miakojima (In Japan). *The Dam Digest, The Japan Dam Foundation*, 4, 497-506.

Yilmaz, M. (2003). Control of ground water by underground dams. *M.Sc. Thesis*, Department of Civil, METU, Ankara, 96 p.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.3.4]