Integrated Watershed Management, Winter, 2023, 3(4), 48- 59 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.2010245.1102 **Online ISSN: 2783-4581**

Spatial Analysis of Water Areas Potential for Small Water Supply Projects in the Southeast of Bushehr Province

Adel Mohammad Doust, Seyed Amir Shamsnia*, Mohammad Shabani
Department of Water Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
* **Corresponding author**: ashamsnia_82@yahoo.com

(Received: 31 August 2023 Revised: 27 October 2023 Accepted: 17 November 2023)

Extended Abstract

Introduction: Locating and building small water projects in hot and dry areas of the country that are facing water shortage is of great importance. These projects are more popular among farmers than other water supply and storage projects due to simple construction technology, low study and implementation costs, public participation, simple operation and maintenance, and environmental effects. The use of new sciences, especially Remote Sensing techniques (RS) and Geographic Information System (GIS) helps planners to locate water supply and storage projects. Various studies have been conducted in the world in relation to location, analysis of factors affecting the location of water storage and supply plans using different criteria and using RS and GIS techniques. The aim of the present study is to identify and introduce water areas with the potential to create small water supply projects in the southeast of Bushehr province.

Materials and methods: This research was conducted in Dayyer City in the southeast of Bushehr Province with an area of 2306 Km^2 and a mean rainfall of 215 mm. In order to achieve the goal, first, nine flood-producing criteria including the slope, aspect of slope, river density, height, rainfall, runoff, distance from the river, land use and geological formations were considered. Then, using AHP method and weighting and prioritization of effective parameters and taking into account other environmental conditions and the overlap of maps, the final flood map of the city was prepared and classified. After calculating and estimating the degrees of importance, ArcGIS was used as a decision support system for future calculations. Also, Google earth and Arc Scene software have been used for better analysis and better understanding of the results in preparing the 3D space of the study area. After preparing the maps of the distribution and location of the wells and waterways network, the opinions of the relevant experts were also used. Also, other factors such as downstream land use, topography and access roads, drinking water consumption, livestock drinking consumption, the widest points in terms of the storage resource level and the ease of implementation of the structure were also considered as quality and management criteria.

Results and Discussion: The results showed that the region can be divided into five regions with very low, low, medium, high and very high in terms of flood vulnerability risk. Also, the results of flood zoning showed that the extension of the northern and northeastern elevations to the east of Dayyer City and the middle elevations of the city and its center have high flood potential. According to the area of the study area, 25.2% are in the high vulnerability class and 11.5% in the very high vulnerability class. In addition, the results showed that 25 places in the region are suitable for creating small water supply projects, which, if implemented, can be effective in collecting and supplying water and increasing the profitability of the region in addition to controlling seasonal floods.

Conclusion: Based on the results of this research, it is concluded that more than one third of the region (36.7%) has a high to very high risk of flooding, so these areas should be the focus of urban management planning. Also, 25 places in the region were suitable for creating small water supply projects, which need to be considered by regional managers and planners to reduce the effects of water shortage of the region. In addition, this research showed the good performance of GIS and AHP method in flood risk zoning and locating of small water supply projects in Dayyer City. Another noticeable point is that there are about 4217 hectares of land under dry wheat cultivation in the 23 proposed points of downstream, and currently the harvest of rainfed wheat is 1.3 tons per hectare on average. If appropriate water supply plans are implemented, the total harvest amount can reach about 16,000 tons per year. Therefore, making suitable water supply plans can result in an increase in production.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Geographical Information System, Flood, Vulnerability.

Citation: Mohammad doust, A., Shamsnia, S. A., & Shabani, M. (2023). Spatial analysis of water areas potential for small water supply projects in the southeast of Bushehr province. *Integrated Watershed Management*, 3(4), 48-59. doi: 10.22034/iwm.2023.2010245.1102

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال سوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، صفحات (۵۹-۴۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.2010245.1102

تحلیل مکانی پتانسیل مناطق آبی برای ایجاد طرح‌های کوچک تامین‌آب در محدوده جنوب شرقی استان بوشهر

عادل محمددوست، سید امیر شمس‌نیا*، محمد شعبانی

گروه مهندسی آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

***نویسنده مسئول:** ashamsnia_82@yahoo.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۶/۰۹ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۸/۰۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۸/۲۶)

چکیده

مکان‌یابی و احداث طرح‌های کوچک آبی در مناطق گرم و خشک کشور که با کمبود آب مواجه هستند، بسیار حائز اهمیت است. این طرح‌ها به لحاظ تکنولوژی ساده ساخت، هزینه‌های مطالعاتی و اجرایی پائین، مشارکت‌های مردمی، بهره‌برداری و نگهداری ساده و اثرات محیط‌زیستی نسبت به دیگر طرح‌های ذخیره و تأمین آب از محبوبیت بیشتری در بین کشاورزان برخوردار است. هدف از مطالعه حاضر، تحلیل مکانی مناطق آبی بالقوه و دارای پتانسیل ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب در محدوده جنوب شرقی استان بوشهر است. بدین منظور معیارهای مؤثر در وقوع سیلاب در نظر گرفته شد. سپس با وزن‌دهی و اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر و در نظر داشتن سایر شرایط محیطی و همپوشانی اطلاعات مکانی، آسیب‌پذیری محدوده موردمطالعه کلاس‌بندی گردید. نتایج نشان داد که از نظر خطر آسیب‌پذیری می‌توان منطقه را به پنج پهنه با خطر آسیب‌پذیری بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تقسیم نمود و بیش از یک‌سوم منطقه (۳۶/۷ درصد) دارای خطر زیاد تا بسیار زیاد سیل‌خیزی است. در نهایت بر اساس نقشه‌های ایجادشده و موقعیت چاه‌ها و آبراهه‌ها و سایر معیارهای کیفی و مدیریتی، ۲۵ مکان مناسب جهت ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب پیشنهاد گردید. در پایاب ۲۳ نقطه پیشنهادی حدود ۴۲۱۷ هکتار اراضی تحت کشت گندم دیم وجود دارد و در حال حاضر میزان برداشت محصول گندم دیم به‌طور متوسط ۱/۳ تن در هکتار است که در صورت اجرا شدن طرح‌های مناسب تأمین آب می‌تواند میزان برداشت به حدود ۱۶۰۰۰ تن در سال برسد. لذا می‌توان با ایجاد طرح‌های تأمین آب مناسب افزایش تولید محصول را نیز انتظار داشت.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سیلاب، آسیب‌پذیری

استناد: محمددوست، ع.، شمس‌نیا، س. ا؛ و شعبانی، م. (۱۴۰۲). تحلیل مکانی پتانسیل مناطق آبی برای ایجاد طرح‌های کوچک تامین‌آب در محدوده جنوب شرقی استان بوشهر. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز* (۴)۳، ۵۹-۴۸.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهان در دهه‌های اخیر است که توجه بسیاری از کشورها را به خود معطوف کرده است. طی سال‌های گذشته دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی به دلیل بارش ناکافی، تغییرات آب و هوایی، افزایش شهرنشینی و توسعه صنعتی به خطر افتاده است (Arumugam *et al.*, 2023). وقوع خشک‌سالی‌های مداوم که یک واقعه اقلیمی و بلای طبیعی است، از دیرباز در پهنه وسیع کشورهای مختلف به‌خصوص کشورهای مناطق گرم و خشک به‌وفور رخ داده است (Rezaei & Chabokro, 2009) که این پدیده نیز باعث تشدید کم‌آبی در بسیاری از مناطق جهان گردیده است. از طرف دیگر در مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت عدم مدیریت صحیح منابع آبی، نه‌تنها بهره‌برداری بهینه از منابع آبی صورت نمی‌پذیرد، بلکه این عامل حیات‌بخش به‌صورت یک بلای طبیعی درآمده و سالانه باعث خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد. درحالی‌که می‌توان با اتخاذ راهبردهای کارآمد و با صرف هزینه‌های پایین و کمترین زیان‌های زیست‌محیطی از سیلاب‌ها استفاده بهینه نمود (Taqvai Abrishami, 2005)؛ بنابراین اتخاذ تصمیم‌های مناسب و متناسب با اقلیم هر منطقه جهت کاهش اثرات ناشی از کم‌آبی و ذخیره آب امری ضروری به شمار می‌آید. ازجمله این اقدامات مکان‌یابی و احداث پروژه‌های ذخیره آب مانند بندها، طرح‌های کوچک ذخیره و تأمین آب و سدها از اولویت‌های استراتژیک کشورها در حفظ و ذخیره آب است (Al-Ruzouq *et al.*, 2019). مکان‌یابی، فعالیتی جهت انتخاب مکانی مناسب برای کاربرد خاص است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و نیز ارتباط آن با کاربری‌های مختلف مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد (Portabari *et al.*, 2008). روش‌های مختلفی برای ذخیره‌سازی و تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد. از بین این روش‌ها جهت فائق آمدن بر پدیده کم‌آبی می‌توان جایگاه خاصی را برای طرح‌های کوچک تأمین آب به لحاظ تکنولوژی ساده ساخت، زمان کم مطالعه و اجرا، هزینه‌های مطالعاتی و اجرایی پائین، توزیع عادلانه سرمایه‌گذاری، مشارکت‌های مردمی، بهره‌برداری و نگهداری ساده و اثرات محیط‌زیستی قائل گردید (Ebrahimi, 2009). با در نظر گرفتن بارش‌های کم و رگباری در مناطق گرم و خشک و عدم وجود رودخانه‌های پرآب، این گزینه از نظر اقتصادی بهینه است (Talikani & Eshaaghzadeh Amlashi, 2018). بسیاری از محققان روش‌ها و معیارهای مختلفی را برای شناسایی مکان‌ها و تکنیک‌های مناسب برای برداشت آب باران ارائه نمودند. بااین‌حال، تعیین بهترین روش یا دستورالعمل برای انتخاب این مکان‌ها دشوار است. انتخاب مکان‌های مناسب ذخیره و تأمین آب به عوامل متعددی مانند توپوگرافی، هواشناسی، زمین‌شناسی، پارامترهای زمین‌ساختی و شیب وابسته است (Atiq *et al.*, 2019) که لازم است در طرح‌های مکان‌یابی ذخیره و تأمین آب مدنظر قرار گیرد. امروزه استفاده از علوم جدید به‌ویژه تکنیک‌های سنجش‌ازدور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا نسبت به مکان‌یابی طرح‌های ذخیره و تأمین آب در کمترین زمان ممکن اقدام نمایند. مطالعات مختلفی در جهان در رابطه با مکان‌یابی، تجزیه‌وتحلیل عوامل مؤثر بر مکان‌یابی طرح‌های ذخیره و تأمین آب با استفاده از معیارهای مختلف و با بهره‌گیری از علم RS و تکنیک GIS انجام شده است. نتایج یک مطالعه با هدف شناسایی مکان‌های مناسب برای سازه‌های برداشت آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک و تعریف یک روش کلی برای انتخاب مکان‌ها با بررسی ۴۸ مطالعه و پژوهش منتشرشده در مجلات علمی، گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی یا منابع اطلاعاتی به‌دست‌آمده از پژوهشگران، نشان داد که در اکثر مطالعات استفاده از تکنیک GIS در ترکیب با مدل‌های هیدرولوژیکی و

تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره جهت مکان‌یابی سایت‌های ذخیره آب انجام می‌شود. در این مطالعات مهم‌ترین عوامل مؤثر در مکان‌یابی، شیب، کاربری اراضی، پوشش زمین، زمین‌شناسی، میزان بارندگی، فاصله تا آبراهه و سکونتگاه‌ها و هزینه بودند (Ammar, 2016). در پژوهشی که در حوزه آبخیز امزسر[1] در تونس انجام گرفت، یک روش جامع برای ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد تکنیک‌های مکان‌یابی و شناسایی جایگاه‌های ذخیره و برداشت آب باران در مناطق نیمه‌خشک پیشنهاد شد که با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP) و پشتیبانی توسط GIS، شانزده مکان بر اساس معیارهای انتخاب‌شده پیشنهاد گردید (Adham *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر به‌منظور شناسایی مکان مناسب برای ذخیره آب در حوضه بالادست رودخانه شئونات[3] در ایالت چاتیسگر[4] هند با تکیه بر AHP و تکنیک ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر GIS و بر اساس ویژگی‌های فیزیکی مختلف حوضه، سه سطح تناسب برای احداث سازه‌های ذخیره آب پیشنهاد گردید (Ahmad & Verma, 2018). در پژوهشی که در مناطق شمالی عراق به جهت شناسایی مکان مناسب انتخاب محل سد برای مدیریت آب با GIS و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با AHP انجام گرفت، در نهایت بهترین مکان‌ها شناسایی و پیشنهاد گردیدند. یافته‌های تحقیق نشان داد که به‌کارگیری مدل AHP در کل منطقه موردمطالعه مناسب است (Noori *et al.*, 2019). در تحقیقی دیگر که مدل‌سازی مبتنی برGIS برای انتخاب مکان‌های سد در منطقه کردستان عراق، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام گرفت، در نهایت ۲۱ مکان مناسب پیشنهاد گردید (Othman *et al.*, 2020). در تحقیقی مشابه در منطقه الله‌آباد هند از طریق روش AHP و ترکیب با GIS، نتایج نشان داد که ۸۱ درصد مناطق دارای خطر سیل زیاد تا بسیار زیاد است. همچنین نتایج نشان داد که چارچوب تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره مبتنی بر GIS می‌تواند به‌طور مؤثر برای تجزیه‌وتحلیل خطر سیل به‌عنوان پشتوانه‌ای جهت تصمیم‌گیری در مدیریت سیلاب استفاده شود (Dash & Sar, 2020). در تحقیقی با هدف یافتن مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث سدها و مخازن کوچک در استان تته[5]، موزامبیک با تکیه بر GIS و AHP، مشخص گردید که ۳۵ مورد از ۳۸ مخزن کوچک پیشنهادشده (۹۲٪) در مناطقی بودند که به‌عنوان مناسب تا نسبتاً مناسب طبقه‌بندی شده بودند (Luís & Cabral, 2021). در پژوهشی مناطق مستعد وقوع سیلاب در حوزه آبخیز شهر شیراز بررسی شد. به این منظور مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب شامل لایه‌های اطلاعاتی بارش، فاصله از مسیل، مقدار شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، پوشش زمین، کاربری اراضی، تراکم ساختمانی، بافت‌های فرسوده، سازندهای زمین‌شناسی و شماره منحنی، با استفاده از GIS و RS تهیه شد. نتایج نشان داد ۲۷۵۴ هکتار از محدوده شهر شیراز در طبقه با خطر خیلی زیاد، ۶۰۷۶ هکتار در پهنه با خطر زیاد، ۱۷۳۹۰ هکتار در پهنه با خطر متوسط، ۱۳۴۱۸ هکتار در پهنه کم و ۶۶۵۸ هکتار در پهنه با خطر بسیارکم قرار دارد (Abdolazimi *et al.*, 2021). در مطالعه دیگری جهت شناسایی مناطق مستعد سیل در منطقه دگا داموت[6]، شمال غربی اتیوپی[7] که با استفاده از ادغام GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام گرفته، نتایج نشان داد که حدود ۸۶/۸۳ درصد از منطقه موردمطالعه دارای حساسیت متوسط تا خیلی زیاد در برابر سیل و ۱۳/۱۷ درصد از منطقه موردمطالعه حساسیت کم به سیل

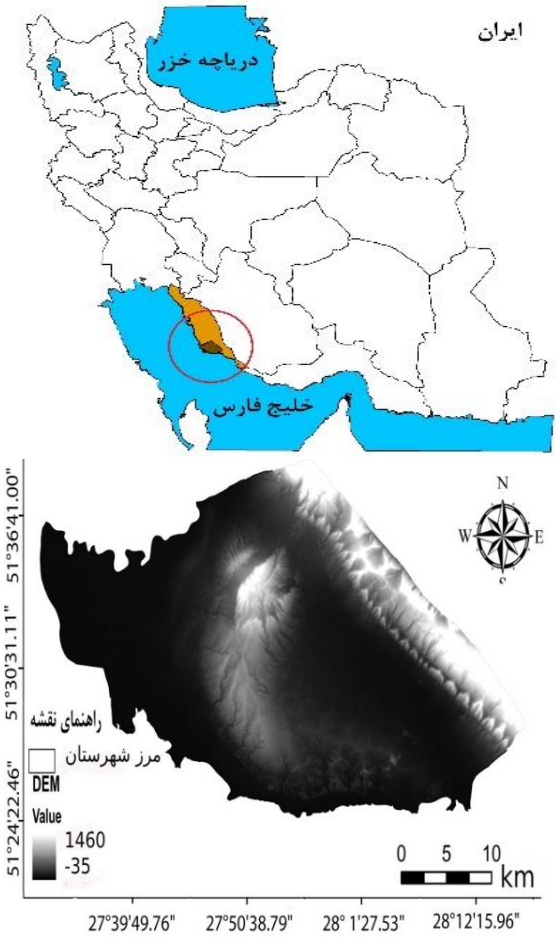
1. Oum Zessar
2. Analytic Hierarchy Process
3. Sheonath
4. Chhattisgarh
5. Tete
6. Dega Damot
7. Ethiopia

دارند (Negese *el al.*, 2022). در پژوهشی جهت مکان‌یابی مخازن ذخیره آب با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در جنوب استان سیستان و بلوچستان، ۱۵ گزینه نهایی دارای پتانسیل احداث سد و مخازن معرفی گردید (Jozaghi *et al.*, 2018). در تحقیقی دیگر به شناسایی مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در منطقه اردستان واقع در شمال شرق اصفهان با استفاده از روش AHP و GIS پرداخته شد و در نهایت بهترین گزینه‌ها بررسی و معرفی گردید (Arab Ameri *et al.*, 2018)؛ بنابراین با جمع‌بندی تحقیقات مختلف و بررسی آن‌ها و نظر به کمبود منابع آبی و بارش‌های محدود در منطقه موردمطالعه که اغلب به‌صورت رگباری است، لازم است مکان‌های مناسب کنترل سیلاب شناسایی و جهت جلوگیری از ایجاد خسارت، نسبت به شناسایی مناطق آبی بالقوه و دارای پتانسیل ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب، در راستای ذخیره و استفاده بهینه آب اقدام گردد. با توجه به اینکه تاکنون در منطقه موردمطالعه تحقیقی در خصوص شناسایی مناطق دارای پتانسیل ایجاد طرح‌های تأمین آب کوچک صورت نگرفته، هدف از انجام تحقیق حاضر، ترکیب عوامل مؤثر در وقوع سیلاب، همپوشانی و کلاس‌بندی و مشخص نمودن پهنه‌های مستعد سیل در شهرستان دیر در استان بوشهر و سپس شناسایی و معرفی مناطق دارای پتانسیل جهت ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

شهرستان دیر در جنوب شرقی استان بوشهر واقع گردیده و در محدوده جغرافیایی ″۱۸′۱۲°۵۱ تا ″۴′۰۶°۵۲ طول شرقی و ″۲۵′۴۶°۲۷ تا ″۴۲′۲۳°۲۸ عرض شمالی قرار دارد. شهرستان‌های دشتی، جم و کنگان به ترتیب همسایگان غربی، شمالی و شرقی را تشکیل می‌دهند و مرز جنوبی آن به طول ۹۵ کیلومتر به خلیج‌فارس محدود می‌گردد. این شهرستان دارای اقلیم خشک بیابانی گرم با بارش متوسط ۲۱۵ میلی‌متر و میانگین حداکثر و حداقل دمای ۴۷ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. این شهرستان با مساحت ۲۳۰۶ کیلومترمربع سومین شهرستان استان به لحاظ وسعت و دارای ۶۰۶۱۲ نفر جمعیت بر اساس سرشماری سال ۹۵ است که سهم ۶٪ از کل استان است. سطح زیر کشت کشاورزی در شهرستان دیر ۳۱۲۵۰ هکتار است که شامل ۲۱۰۰۰ هکتار اراضی دیم و ۱۰۲۵۰ هکتار اراضی کشت آبی است. عمده محصولات زراعی شهرستان شامل گندم، جو، گوجه‌فرنگی و محصولات علوفه‌ای است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان و شهرستان را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

Figure 1- The location of study area

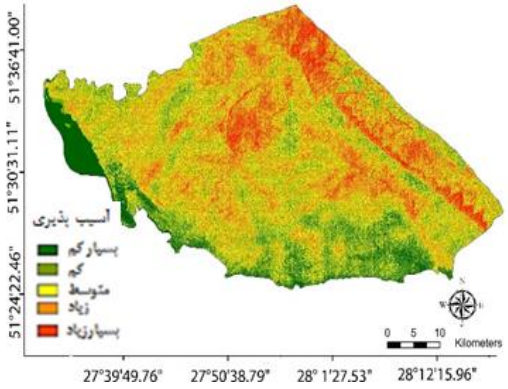
روش تحقیق

در پژوهش حاضر از روش اسنادی و مطالعات کتابخانه‌ای، جمع‌آوری اطلاعات وضع موجود و بازدید میدانی استفاده شده است. همچنین از نرم‌افزار GIS به‌منظور تحلیل داده‌ها و وزن‌دهی معیارها و تهیه نقشه‌ها استفاده گردید که قسمت اصلی پژوهش را تشکیل می‌دهد. جهت محاسبه وزن و ضریب اهمیت، معیارهای مختلفی شامل شیب زمین، کاربری اراضی، خاکشناسی، بارندگی و غیره بر وقوع سیل در حوزه‌های آبخیز تأثیر گذارند (Greenwood *et al*., 2014). در این پژوهش با توجه به بررسی سایر تحقیقات صورت پذیرفته و همسویی با منطقه موردمطالعه نه پارامتر مؤثر بر وقوع سیلاب شامل مقدار شیب، جهت شیب، تراکم رودخانه، ارتفاع، بارندگی، رواناب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و سازندهای زمین‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده‌سازی اطلاعات، از روش AHP برای رتبه‌بندی معیارها استفاده و میزان ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر تعیین شد. برای دستیابی به امتیازات معیارها، از نظر ده نفر از خبرگان استفاده شد تا جدول وزن‌دهی مربوط را تکمیل نمایند. سپس ماتریس مقایسه زوجی تشکیل و در نهایت وزن نهایی معیارها محاسبه گردید. همچنین میزان نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی معیارها کمتر از ۰/۱ (۰/۰۳) بوده است که بیانگر سازگاری تصمیم‌گیری‌ها است. وزن نهایی معیارهای موردبررسی در شکل (۲) ارائه شده است (Mohammad Dust & Shamsnia, 2023).

شکل ۲- اولویت‌بندی و وزن‌دهی نه معیار موردبررسی

Figure 2- Prioritization and weighting of the nine surveyed criteria

نقشه خطر آسیب‌پذیری شهرستان دیر نیز در شکل (۳) نشان داده شده است (Dust & Mohammad Shamsnia, 2023). همان‌طور که مشاهده می‌گردد بخش‌های شمالی، شمال شرقی تا شرق شهرستان دیر و ارتفاعات میانی شهرستان و مرکز آن، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد.



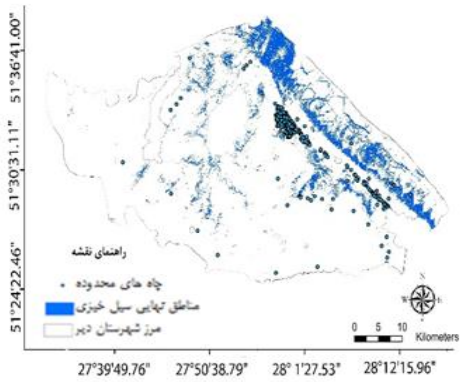
شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی خطر آسیب‌پذیری منطقه موردمطالعه

Figure 3- Vulnerability risk classification map of the study area

همچنین از نرم‌افزارهای Google earth و Arc Scene جهت تحلیل و درک بهتر نتایج در تهیه فضای سه‌بعدی محدوده موردمطالعه استفاده شده است. پس از تهیه نقشه‌های پراکنش و موقعیت چاه‌ها و شبکه آبراهه‌ها، از نظر کارشناسان ذی‌ربط نیز استفاده گردید. همچنین سایر عوامل همچون کاربری زمین‌های پایین‌دست، توپوگرافی و راه‌های دسترسی و گسترده‌ترین نقاط به لحاظ سطح منبع ذخیره و سهولت اجرای سازه نیز به‌عنوان معیارهای کیفی و مدیریتی در نظر گرفته شد و بر این اساس مکان‌های مناسب و مستعد جهت ایجاد طرح‌های کوچک تأمین تعیین گردید.

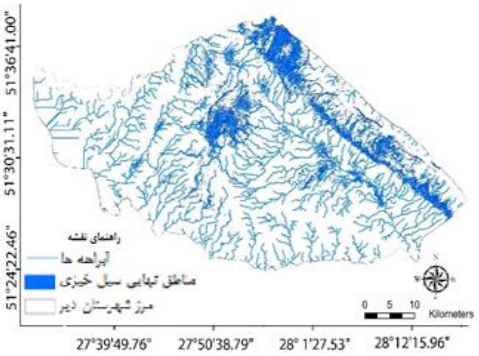
نتایج

جهت تعیین مناطق پیشنهادی طرح‌های کوچک تأمین آب، نقشه موقعیت چاه‌ها و آبراهه‌ها نیز تهیه که در اشکال (۴ و ۵) نشان داده شده است.



شکل ۴- مناطق سیل‌خیز و موقعیت چاه‌های شهرستان

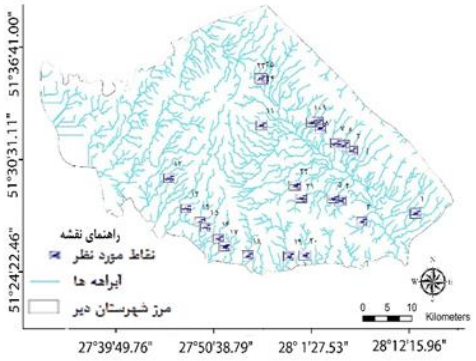
Figure 4- Flood prone areas and location of county wells



شکل ۵- نقشه شبکه آبراهه‌ها در منطقه موردمطالعه

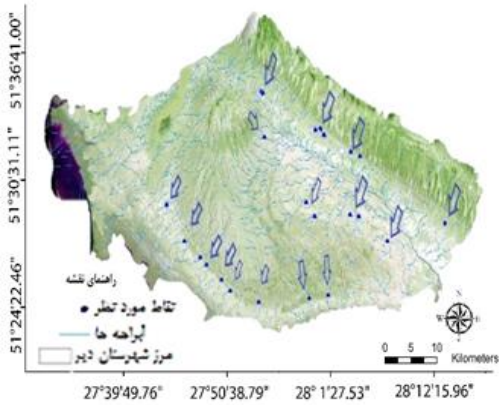
Figure 5- Map of waterways network in the study area

پس از تهیه نقشه‌های پراکنش و موقعیت چاه‌ها و شبکه آبراهه‌ها، از نظر کارشناسان ذی‌ربط نیز استفاده گردید. بر اساس سایر عوامل همچون کاربری زمین‌های پایین‌دست، توپوگرافی و راه‌های دسترسی، گسترده‌ترین نقاط به لحاظ سطح منبع ذخیره و سهولت اجرای سازه، به‌عنوان معیارهای کیفی و مدیریتی و بازدیدهای میدانی، در نهایت نسبت به پیشنهاد ۲۵ مکان مناسب و مستعد جهت ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب اقدام گردید که موقعیت آن‌ها بر روی نقشه آبراهه و به‌صورت ۳ بعدی در سطح منطقه به ترتیب در شکل‌های (۶ و ۷) نشان داده شده است. این نقاط با ترکیب عوامل مختلف ارائه گردیده است و جهت کاربردهایی همچون کمک به افزایش سطح آب زیرزمینی منطقه به لحاظ بیلان منفی حوضه، مصرف شرب دام در منطقه عشایرنشین، آبیاری تکمیلی مزارع گندم در فصل بارندگی، کمک به کنترل هجوم آب‌های شور در مناطق ساحلی و جلوگیری از هدررفت آب باران، تثبیت و کنترل فرسایش، جمع‌آوری و بهره‌برداری از خاک‌های حاصلخیز کشاورزی و سایر موارد تعیین و ارائه گردید.



شکل ۶- موقعیت نقاط پیشنهادی جهت طرح‌های کوچک تأمین آب بر روی نقشه آبراهه

Figure 6- Location of suggested points for small water supply projects on the waterway map



شکل ۷- نقشه سه‌بعدی موقعیت نقاط پیشنهادی جهت طرح‌های کوچک تأمین آب

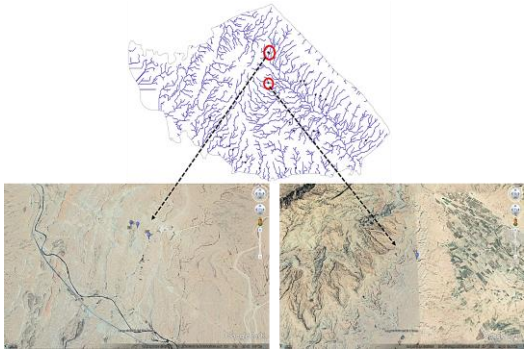
Figure 7- 3D map of the location of the proposed points for small water supply projects

همچنین جهت نمایش بهتر موقعیت مکان‌های پیشنهادی جهت طرح‌های کوچک تأمین آب، از نرم‌افزار گوگل ارث نیز استفاده گردید و موقعیت‌های بالقوه پیشنهادی نیز در شکل (۸) نشان داده شده است.

شکل ۸- موقعیت مکانی نقاط پیشنهادی طرح‌های کوچک تأمین آب روی گوگل ارث

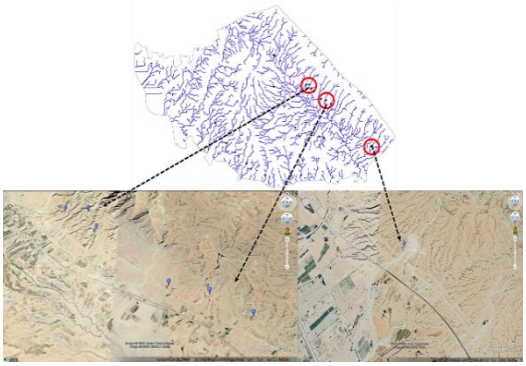
Figure 8- The location of the suggested points of small water supply projects on Google Earth

جهت شناسایی بهتر موقعیت‌های پیشنهادی نسبت به تفکیک مکان‌های بالقوه اقدام و نتایج به‌صورت تفکیکی با موقعیت آبراهه‌ها و نقاط پیشنهادی در شکل‌های (۹ تا ۱۲) نشان داده شده است.



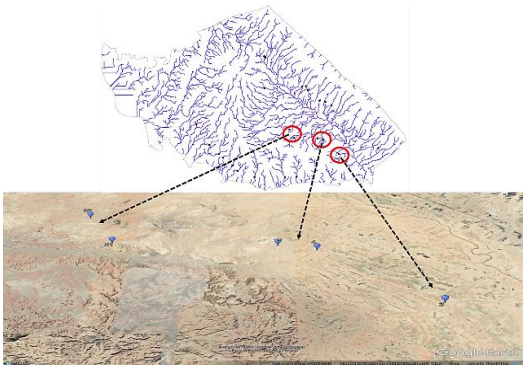
شکل ۹- موقعیت پیشنهادی گزینه‌های ۱۱،۲۳،۲۴،۲۵

Figure 9- The suggested location of options 11,23,24,25



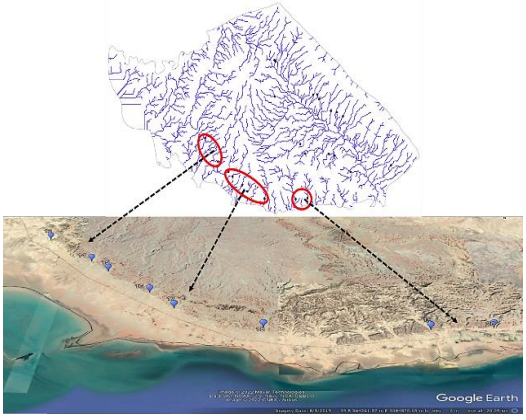
شکل ۱۰- موقعیت پیشنهادی گزینه‌های ۱،۲،۶،۷،۸،۹،۱۰

Figure 10- The suggested location of options 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10



شکل ۱۱- موقعیت پیشنهادی گزینه‌های ۳،۴،۵،۲۱،۲۲

Figure 11- The suggested location of options 3,4,5,21,22



شکل ۱۲- موقعیت پیشنهادی گزینه‌های ۱۳،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰

Figure 12- The suggested location of options 13,14,15,16,17,18,19,20

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس هدف اصلی این تحقیق، مکان‌یابی و شناسایی مناطق آبی بالقوه در راستای ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب انجام گرفت. نتایج نشان داد که از نظر خطر آسیب‌پذیری می‌توان منطقه را به پنج پهنه با خطر آسیب‌پذیری بسیارکم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تقسیم نمود. به‌طوری که از ۲۳۰۶ کیلومترمربع کل مساحت منطقه موردمطالعه، بیش از یک‌سوم منطقه (۳۶/۷ درصد) دارای خطر زیاد تا بسیار زیاد سیل‌خیزی است و باید این مناطق، کانون توجه برنامه‌ریزی‌های کلان مدیریت شهری قرار گیرد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج تحقیق سایر محققین نیز همخوانی دارد (Rostami *et al*., 2021).

علاوه بر این، نتایج حاصل از مکان‌یابی و شناسایی مناطق بالقوه جهت ایجاد طرح‌های کوچک تأمین آب نشان داد که ۲۵ نقطه در کل منطقه مناسب بوده که مکان‌یابی این نقاط بر اساس نقشه‌های تهیه‌شده، موقعیت چاه‌ها و آبراهه‌ها، بازدیدهای میدانی، نظر کارشناسان ذی‌ربط و سایر عوامل همچون کاربری زمین‌های پایین‌دست، توپوگرافی و راه‌های دسترسی، گسترده‌ترین نقاط به لحاظ سطح منبع ذخیره و سهولت اجرای سازه نیز به‌عنوان معیارهای کیفی و مدیریتی پیشنهاد گردیده است. نتایج حاصل از این تحقیق همسو با مطالعه‌ای است که با بهره‌گیری از GIS در ناحیه مالاکند[1] واقع در کشور پاکستان پس از انجام تحلیل‌ها، صورت گرفته است. بر اساس نتایج حاصله ۱۵ گزینه جهت احداث سدهای ذخیره کوچک در اراضی بایر پیشنهاد گردید (Raza *et al*., 2018). در تحقیقی دیگر که در شهر بورتالا[2] واقع در ناحیه شمال غربی چین با استفاده از AHP و در نظر گرفتن عوامل محیطی نظیر شیب، بارندگی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و تراکم زهکشی انجام گردید، در نهایت ۲ مکان جهت احداث سد و طرح کوچک تأمین آب پیشنهاد شد (Dai, 2016). در تحقیقی که در نواحی شهر هرسین در غرب ایران با استفاده از AHP جهت انتخاب بهترین مکان به جهت احداث سد خاکی صورت پذیرفت، ۴ گزینه پیشنهاد گردید (Minatour *et al*., 2013). در تحقیقی در ناحیه وزیرستان[3] پاکستان با هدف ارزیابی مکان‌های ساخت سد برای اهداف چندمنظوره آبیاری و مصارف کشاورزی با استفاده از GIS و تکنیک‌های RS در ترکیب با AHP، چهار منطقه جهت احداث سد پیشنهاد گردید (Zada *et al*., 2023). در مطالعه‌ای دیگر که به‌منظور ارزیابی مناسب بودن مکان سدهای کوچک ساخته‌شده از گابیون و چوب در حوزه آبخیز ماتانیکو[4]، جزایر سلیمان با استفاده از GIS انجام گرفت، ۳۵ مکان مناسب سد کوچک انتخاب گردید (Liu *et al*., 2023).

نکته‌ای دیگر که در این تحقیق باید به آن توجه کرد این است که در پایاب ۲۳ نقطه پیشنهادی حدود ۴۲۱۸ هکتار اراضی تحت کشت گندم دیم وجود دارد، لذا می‌توان با ایجاد طرح‌های تامین آب مناسب، افزایش تولید محصول را انتظار داشت. در پژوهشی که در خصوص بررسی سازه‌های سنتی ذخیره آب انجام‌شده، نتایج نشان داد که این سازه‌ها نقش اساسی در تامین‌آب به‌ویژه مصارف کشاورزی دارند. در مکان‌هایی که از سازه‌های ذخیره و تأمین آب استفاده شده است، میزان محصول تولیدی ۲ تا ۴ برابر شرایط متعارف است و بیش از ۸۰ درصد کشاورزان تأثیر این سازه‌ها را در تولید و افزایش درآمد به میزان زیاد لمس نموده‌اند (Broushke *et al*., 2015). لذا با توجه به اینکه در حال حاضر میزان برداشت محصول گندم دیم در منطقه موردمطالعه به‌طور متوسط ۱/۳ تن در هکتار است، لذا در صورت اجرا شدن سازه‌های مناسب تأمین و ذخیره آب و آبگیری پس از هر بارش در فصل بارندگی و کشت، می‌توان انتظار داشت مقدار گندم دیم

1. Malakand
2. Bortala
3. Waziristan
4. Mataniko

تولیدی شهرستان تا حدود ۱۶۰۰۰ تن در سال برسد. موقعیت‌های پیشنهادی در تحقیق حاضر که با ترکیب عوامل مختلف ارائه گردیده است، می‌تواند جهت کاربردهایی همچون کمک به افزایش سطح آب زیرزمینی منطقه به لحاظ بیلان منفی حوضه، مصرف شرب دام در منطقه عشایر نشین، آبیاری تکمیلی مزارع گندم در فصل بارندگی، کمک به کنترل هجوم آب‌های شور در مناطق ساحلی و جلوگیری از هدررفت آب باران، تثبیت و کنترل فرسایش، جمع‌آوری و بهره‌برداری از خاک‌های حاصلخیز کشاورزی و سایر موارد مثبت مورداستفاده و بهره‌برداری قرار گیرد.

References

Abdolazimi, H., Roshun, S.H., Shamsnia, S.A. & Shahinifar, H. (2021). Identification of Potential Areas to Flood Inundation in Shiraz City Using TOPSIS-GIS. *Hydrogeomorphology Journal*. 7(25): 139-159. https://doi.org/10.22034/hyd.2021.43413.1565

Adham, A., Riksen, M., Ouessar, M., Abed, R. & Ritsema, C. (2017). Development of Methodology for Existing Rainwater Harvesting Assessment in (semi) Arid Regions. *In book: Water and Land Security in Drylands*. pp.171-184.

Ahmad, I. & Verma, M.K. (2018). Application of Analytic Hierarchy Process in Water Resources Planning: A GIS Based Approach in the Identification of Suitable Site for Water Storage. *Water Resour Manage*, 32,5093–5114. https://doi.org/10.1007/s11269-018-2135-x.

Al-Ruzouq, R., Shanableh, A., Yilmaz, AG., Idris, A., Mukherjee, S., Khalil, MA. & Gibril, MBA. (2019). Dam Site Suitability Mapping and Analysis Using an Integrated GIS and Machine Learning Approach. *Water*,11(9),1880. https://doi.org/10.3390/w11091880

Ammar, A., Riksen, M., Ouessar, M. & Ritsema, C. (2016). Identification of Suitable Sites for Rainwater Harvesting Structures in Arid and Semi-arid Regions: A review. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(2), 108-120. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.03.001.

Arab Ameri, A., Sohrabi, M., Rezaei, K. & Shirani, K. (2018). Underground Dam Location using GIS Technique and Analysis Hierarchy Method (AHP). *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, 12(41), 51-60. (In Persian)

Arumugam, M., Kulandaisamy, P., Karthikeyan, S., Thangaraj, K., Senapathi, V., Chung, S.Y., Muthuramalingam, S., Rajendran, M., Sugumaran, S. & Manimuthu, S. (2023). An Assessment of Geospatial Analysis Combined with AHP Techniques to Identify Groundwater Potential Zones in the Pudukkottai District, Tamil Nadu, India. *Water*, 15(6),1101. https://doi.org/10.3390/w15061101

Atiq, M., Arslan, M., Baig, Z., Ahmad, A., Tanveer, M., Akhtar, A., Sohail, A., Naeem, K. & Mahmood, S.A. (2019). Dam Site Identification Using Remote Sensing and GIS (A case study Diamer Basha Dam Site). *International Journal of Innovations in Science and Technology*, 168-178. https://doi.org/10.33411/IJIST/2019010412 2.

Broushke, E., Namaki, M. & Bagharian, R. (2015). Investigating and Evaluating the Traditional Method of Using Small Water Resources Projects "Sase Study of West Azarbaijan province". *Watershed promotion and development*, 3(10), 15-20. (In Persian)

Dai, X. (2016). *Dam site selection using an integrated method of AHP and GIS for decision making support in Northern China*. M.Sc. thesis. Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund university.

Dash, P. & Sar, J. (2020). Identification and Validation of Potential Flood Hazard Area using GIS-Based Multi-Criteria Analysis and Satellite Data-Derived Water Index. *J*

Flood Risk Management, 13:12620. https://doi.org/10.1111/jfr3.12620

Ebrahimi, M. (2009). *The position of small water supply projects in water resources management*, The first conference on water resources management. (In Persian)

Greenwood, JB., Schoups, G., Campbell, ED. & Patrick, NJL. (2014). Bayesian Scrutiny of sSimplerainfall–runoff Models Used in Forest Water Management. *Journal of Hydrology*, 512, 344-365. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.074

Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N. & Ghasemi Tousi, E. (2018). A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection Using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran. *Geosciences*, 8(12), 494. https://doi.org/10.3390/geosciences8120494. (In Persian)

Liu, J., Tan, J., Zhang, S., Zhong, C. & Tara, A. (2023). Suitability Assessment of Small Dams' Location as Nature-Based Solutions to Reduce Flood Risk in Mataniko Catchment, Honiara, Solomon Islands. *Sustainability*, 15, 3313. https://doi.org/10.3390/su15043313.

Luís, ADA. & Cabral, P. (2021). Small Dams/Reservoirs Site Location Analysis in a Semi-arid Region of Mozambique. *International Soil and Water Conservation Research*, 9 (3), 381-393. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.02.002.

Minatour, Y., Khazaei, J. & Ataei, MY. (2013). Earth Dam Site Selection Using the Aanalytic Hierarchy Process (AHP): A Case Study in the West of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 6,3417–3426. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0602-x.

Mohammad Doust, A. & Shamsnia, S.A. (2023). Identification and Zoning of Flood-Prone Areas Using AHP - GIS (Case Study: Dayyer County, Bushehr Province). *Journal of Geography and Environmental Studies*. 12(47): 152-167.Negese, A., Worku, D., Shitaye, A. & Getnet, H. (2022). Potential Flood-Prone Area Identification and Mapping using GIS-Based Multi-Criteria Decision-Making and Analytical Hierarchy Process in Dega Damot District, Northwestern Ethiopia. *Appl Water Sci*, 12, 255. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01772-7

Noori, AM., Pradhan, B & Ajaj, QM. (2019). Dam Site Suitability Assessment at the Greater Zab River in Northern Iraq using Remote Sensing Data and GIS. *Journal of Hydrology*, 574, 964-979, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.001

Othman, AA., Al-Maamar, AF., Al-Manmi, D., Liesenberg, V., Hasan, S. E., Obaid, AK. & Al-Quraishi, AMF. (2020). GIS-Based Modeling for Selection of Dam Sites in the Kurdistan Region, Iraq. ISPRS *International Journal of Geo-Information*, 9(4), 244. https://doi.org/10.3390/ijgi9040244

Portabari, MR., Mursali, M., Mursali, M. & Nouri, H. (2008). *Location of Potential Areas for the Implementation of Artificial Aquifer Feeding Projects using Geographic Information System: A Case Study of Hashtgerd Plain*, 4th National Congress of Civil Engineering, Tehran. (In Persian)

Raza, S., Shafique, M., Zia-ur-Rehman, M., Sikandar, A., Ahmad, N.& Shah, K. (2018). Site Selection of Water Storage Based on Multi-Criteria Decision Analysis. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 3(4),265-278. https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2018.04.01

Rezaei, AA. & Chabokro, Gr. (2009). *Drought and Optimal Management of Agricultural Water Resources*. National Water Crisis Management Conference. (In Persian).

Rostami, F., Tavakoli, M., Rostami, N.& Ebrahimi, H. (2021). Investigation of Flood Hazard Potential in Watersheds Using AHP (Case Study: Ilam City Watershed). *Integrated Watershed Management*, 1(1), 1-16.

https://doi.org/10.22034/iwm.2021.247934. (In Persian)

Talikani, AA. & Eshaaghzadeh Amlashi, A. (2018). The use of GIS in the construction of dams and hydraulic structures, *Mapping and Geospatial Information Journal of Guilan*, 3(2), 31-38. (In Persian)

Taqvai Abrishami, AA, (2005). *Watershed Management and Surface Water Extraction with the Implementation of Small and Low-Cost Projects (Investigation of Local Experiences in the East of the Country).* The second national conference on watershed management and water and soil resources management, Kerman. (In Persian)

Vagharfard, H. & Moghim, H. (2019). Locating Suitable Areas for Flood Spreading System, Using AHP Method and GIS Technique, Case Study: Naeim-Abad Region, Fars Province. *Watershed Engineering and Management*, 10(4), 763-773. DOI:10.22092/ijwmse.2018.105362.1106 fa (In Persian)

Zama, N., Javed, M., Ahmad, S. & Waleed, M. (2023). Dam Site Selection Using Remote Sensing Techniques and Geographical Information System (GIS): A case Study of Kurram Tangi North Waziristan. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2447939/v1