

مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: دشت کاشان)

۱- نصرت الله امانیان، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه یزد

namanian@yazd.ac.ir

۲- عیسی ایلپاتی، دانش آموخته رشته کارشناسی ارشد عمران دانشگاه یزد

۳- محمد حسین مختاری، استادیار گروه مناطق خشک و بیابانی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۸

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

مکان‌یابی مناسب سد زیرزمینی با توجه به عوامل فیزیوگرافی، کارکرد آن را در تامین منابع آبی برای مناطق گرم و خشک و بدون ایجاد مشکلات زیست محیطی ناشی از احداث سدهای روزمینی، تضمین می‌کند. در این مطالعه مکان‌یابی محل‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی در دشت کاشان با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی توپوگرافی، شیب، سنگ شناسی، آبراهه‌ها، خطواره‌ها و قنات‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه از داده‌های رقومی ارتفاعی و داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ تهیه گردیدند. تهیه لایه سنگ شناسی منطقه از روش کلاس‌بندی نظارت شده و با کمک نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ نطنز انجام گرفت. از آنجا که در سدهای زیرزمینی وجود آبرفت مناسب در بالادست، جهت ذخیره‌سازی منابع آبی زیر سطحی از اهمیت زیادی برخوردار است، این نواحی در لایه سنگ شناسی شامل آبرفت‌های جوان، آبرفت‌های قدیمی و کنگلومرا و ماسه‌سنگ در اولویت مکان‌یابی قرار می‌گیرند. گسل‌ها نیز همواره از عوامل گریز آب از پشت سدها بوده‌اند و در مکان‌یابی سدها مورد توجه قرار می‌گیرند. با استفاده از اعمال فیلترهای جهتی بر روی داده‌های ماهواره‌ای لایه رقومی شامل گسل‌ها و خطواره‌های موجود در منطقه شناسایی و تهیه شد. به منظور مقایسه و ارزش‌گذاری لایه‌ها و زیرلایه‌های تهیه شده از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. با وزن‌های بدست آمده از این روش، تمامی لایه‌های اطلاعاتی با روش همپوشانی وزنی با یکدیگر ترکیب و نقشه نهایی اولویت مکانی تهیه شد. پس از شناسایی مناطق با اولویت بالا با انجام بازدیدهای صحرائی و توجه به فاکتورهای دسترسی و اجراء، ضخامت آبرفت مناسب و عدم تاثیر تاسیسات بالادستی بر کیفیت آب مخزن سد، هفت نقطه مناسب شناسایی گردیدند. از این نقاط، چهار نقطه به منظور ذخیره آب زیرسطحی، یک نقطه به منظور افزایش آبدهی قنات و دو نقطه با هدف جلوگیری از کاهش کیفیت آب زیرسطحی در نظر گرفته شدند.

واژگان کلیدی: سد زیرزمینی؛ سنجش از دور؛ سامانه اطلاعات جغرافیایی؛ روش تحلیل سلسله مراتبی.

مقدمه

این روش مقرون‌به‌صرفه نیست [۱۱]. در نواحی گرم و خشک با توجه به شرایط خاص جوی و اقلیمی و بالا بودن میزان تبخیر، ذخیره‌سازی جریان‌ات زیربستری درون مخازن آبرفتی سدهای زیرزمینی در مقیاس کوچک اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه است. با این روش می‌توان

یکی از روش‌های برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، استفاده از آب‌های زیرزمینی است، ولی این منابع دائمی نیستند و در صورت عدم تغذیه مناسب، منابع آب زیرزمینی نیز به انتها می‌رسند و برای بهره‌برداری از آن‌ها، نیاز به حفر چاه‌های عمیق و نصب پمپ می‌باشد که البته

وجود آبخوان)، شرایط محیطی (عدم شوری آب و خاک و نبود منابع آلودگی) و نیز ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی ضروری تشخیص داده شده و مکان‌های مناسب اولیه را مخروط‌افکنه‌های بین دو کوه، آبرفت رودخانه و رسوبات مسیل، تراس‌های آتشفشانی و آذرین نفوذی هوا دیده یاد می‌کنند [۱۰]. برای تعیین مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، مطالعه‌ای بر روی دامنه‌های شمالی کوه‌های کرکس انجام شده است. نتیجه این مطالعه نشان داده که به منظور تعیین نقاط مناسب جهت احداث سد زیرزمینی، استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری باعث کاهش هزینه و زمان خواهد شد. همچنین روش تحلیل سلسله مراتبی ابزاری موثر جهت اولویت‌بندی متغیرهای موثر در مکانیابی می‌باشد.

با مقایسه سه مدل تصمیم‌گیری تاپسیس^۲، الکت^۳ و فرآیند تحلیل شبکه‌ای در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب سد زیرزمینی در منطقه کریان هرمزگان و ارزیابی ۱۰ معیار موثر در ۱۰ نقطه از پیش تعیین شده، مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۴ مناسب‌ترین مدل برای اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی تشخیص داده شده است [۲].

در راهنمای عملی مکان‌یابی و ساخت سدهای ذخیره‌ای شنی (با توجه به پروژه استحصال آب در جنوب اتیوپی و سدهای ذخیره‌ای شنی در کنیا) پارامترهای شیب، توپوگرافی، زمین‌شناسی (رسوبات و عمق سنگ بستر)، هیدرولوژی (بارش و تبخیر، شبکه آبراهه‌ای و عرض آن‌ها)، پوشش گیاهی و منابع قرضه و نیاز آبی را برای انتخاب آبراهه مستعد عنوان شده [۱۶] و همچنین در ارزیابی سدهای زیرزمینی احداث شده در برزیل نشان داده که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن و کیفیت شیمیایی خاک مخزن نقش موثری در موفقیت سدهای زیرزمینی دارند [۶].

در مطالعه دیگری نیز که به منظور مکان‌یابی سدهای زیرزمینی در منطقه منشاد استان یزد انجام شده از

جریانات زیرقشری و سطحی را در فصول پرباران که نیاز به آب کمتر است، ذخیره کرده و در مواقع کم‌آبی برای شرب، کشاورزی، صنعت و غیره استفاده کرد. بررسی عملکرد و تاثیر اجرای این پروژه‌ها بر محیط زیست از عوامل مهم و اساسی موفقیت مطرح است [۱]. در مقایسه با سدهای احداثی بر روی زمین، این سدها علاوه بر اینکه تاثیرات زیست محیطی مخربی در بالا دست و پایین دست سد ایجاد نمی‌کنند به دلیل قرارگیری بدنه سد در زیرزمین نیازمند عملیات تحکیم گسترده نیستند و خطرات ناشی از شکست سد نیز پیش رو نمی‌باشند. اگرچه ساخت سدهای زیرزمینی با هدف ذخیره‌سازی آب‌های زیرسطحی معمول است، در مواردی از این سدها برای اهدافی متفاوت استفاده می‌شود، مانند سد زیرزمینی در بخش شمال استان اوکیناواوی ژاپن که به منظور جلوگیری از پیشرفت آب دریا به سمت منابع آب شیرین احداث شده است [۱۳]. گاهی نیز از سدهای زیرزمینی در جهت اصلاح و بهبود سیستم آبدهی قنات استفاده می‌شود، در پژوهش انجام شده، سیستم آبدهی قنات توسط نرم‌افزار Mod flow شبیه‌سازی گردید، نتایج نشان داد، اصلاح و مهار سیستم قنات با استفاده از سد زیرزمینی، باعث افزایش حداقل ۳۰ درصدی دبی قنات خواهد شد [۱۵]. بنابراین در مطالعه مکان‌یابی سد زیرزمینی نباید محدوده قنات‌ها را به‌طور کامل از مطالعات حذف کرد، بلکه می‌توان از سد زیرزمینی برای افزایش دبی و حفظ حیات قنات استفاده نمود [۴]. سدهای زیرزمینی دارای مزایایی از جمله افزایش ظرفیت چاه‌های موجود، سادگی و هزینه کم اجرایی، قابلیت تکرار و سهولت بهره‌برداری توسط اهالی محلی و خطر آلودگی پایین می‌باشند [۱۷]. از آنجا که شرایط احداث سد زیرزمینی با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی هر منطقه متفاوت است، بررسی این ویژگی‌ها برای هر منطقه به صورت محلی ضرورت پیدا می‌کند. با مطالعه در حوزه آبخیز نیمه خشک خرات^۱ واقع در شمال شرق تایلند با هدف استفاده از سد زیرزمینی در توسعه منابع آب زیرزمینی، وجود شرایط لازم هیدروژئولوژی (تخلخل کافی، سنگ کف نفوذناپذیر و

خصوصیات زمین‌شناسی مثل گسل‌ها، عمق سنگ بستر، تخلخل و نیز وجود سکنه و افراد ذینفع و میزان بارش، در مرحله اول ۱۷ منطقه از ۶۶ منطقه معرفی شده انتخاب شد که براساس تخمین اهمیت آب‌بند و جنبه‌های کاربردی ۳ منطقه انتخاب و در نهایت ساخت سد در بهترین محل پیشنهاد شد.

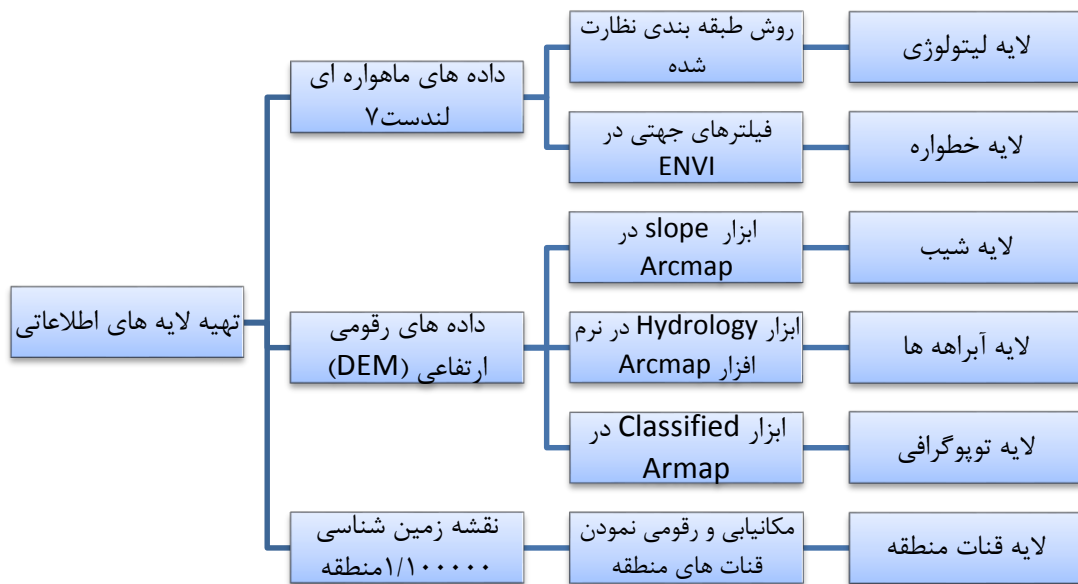
مواد و روش‌ها

مکان‌یابی سد زیرزمینی مهم‌ترین مرحله در احداث یک سد زیرزمینی است چون سود و زیان پروژه به آن وابسته است. اولین گام در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی تهیه بانک اطلاعاتی است. تمامی اطلاعات شامل نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، آمارهای هیدروکلیماتولوژی، اطلاعات بافت خاک، اطلاعات ژئوفیزیکی منطقه، چاه‌های پیژومتریک و مشاهده‌ای، اطلاعات اقتصادی-اجتماعی و اطلاعات جمع‌آوری شده از پیمایش‌های صحرائی می‌تواند در تعیین بهترین مکان جهت احداث سد زیرزمینی مفید باشند و بسته به منطقه مورد مطالعه تهیه و ارزش‌گذاری شوند. در این مطالعه اطلاعات رقومی ارتفاعی منطقه (DEM)، داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM) و نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مربوط به منطقه تهیه شدند و با استفاده از نرم‌افزار سنجش از دور ENVI و Arc map لایه‌های اطلاعاتی مطابق فلوجارت شکل ۱ تهیه گردیدند. با توجه به تاثیرهای مثبت و منفی لایه‌های مختلف بر انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی و ارزش متفاوت هر کدام، باید وزن‌دهی به لایه‌ها متناسب با تاثیر آنها بر موفقیت اجرای طرح، صورت گیرد. بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب وزن مناسب برای لایه‌های اطلاعاتی و زیرگروه‌های هر لایه استفاده شد. روش AHP بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودوئی یا جفتی، جمع‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار می‌باشد و لایه‌ها و زیرلایه‌ها با استفاده از جدول (۱) وزن‌دهی [۱۴] دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و وزن آنها مشخص می‌گردد.

فاکتورهای شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و تراکم آبراهه‌ها، استفاده شده و پس از تحلیل لایه‌ها در نرم افزار وزن لازم بر اساس میزان تاثیر هر لایه در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی تعیین و با استفاده از فرآیند هم‌پوشانی در نرم‌افزار Arc GIS نقشه مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی تهیه گردیده است [۳]. براساس نتایج حاصله مخروط افکنه‌های منطقه دارای بیشترین استعداد جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشند. همچنین اراضی سنگ آهک ضخیم لایه در اولویت بعدی جهت احداث سد قرار دارند. نقطه تفاوت تحقیقات انجام شده در زمینه مکان‌یابی سدهای زیرزمینی انتخاب لایه‌های اطلاعاتی موثر می‌باشد که به نظر می‌رسد باید به صورت محلی و برای هر منطقه به صورت جداگانه انجام شود [۹].

در مطالعه محدوده دشت کلات، معیارهای شیب، زمین‌شناسی و کاربری اراضی، قنات و ... را به عنوان معیارهای حذفی مکان‌یابی سد زیرزمینی در نظر گرفته‌اند و با وزن‌دهی به روش بولین بر اساس اعداد ۱ و ۰ مناطق نامناسب را حذف نموده‌اند [۸]. در اولویت بندی مناطق مناسب احداث سد زیر زمینی در حوزه آبخیز همدان-بهار با استفاده از روش میانگین هندسی، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS را با استفاده از تابع لجستیکی (انتقال به دامنه صفر و یک) وزن‌دار نمودند [۱۸]. بر مبنای این مطالعه روش‌های وزن‌دهی پیوسته در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، ابزاری مفید در تعیین محل‌های مناسب احداث سد زیر زمینی است که باعث کاهش خطای حاصل از نظرات کارشناسان در وزن‌دهی به لایه‌ها می‌گردد.

در برخی مطالعات بدون تهیه لایه‌های اطلاعاتی وسیع و با استفاده از خصوصیات اولیه مورفولوژیکی مورد نیاز ساخت سد زیرزمینی و با تکیه بر تجربه فردی انجام گرفته است مانند پژوهش [۵] در منطقه کایدال کشور مالی که به بررسی و تعیین مکان‌های مناسب احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و GIS پرداخته‌است. در این مطالعه پس از بررسی‌های اولیه خصوصیات مورفولوژی مثل وجود تنگه در مسیر آبراهه، طول آبراهه، سطح حوضه آبخیز، شاخص پوشش گیاهی و



شکل ۱- تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز برای مکان یابی سد زیرزمینی

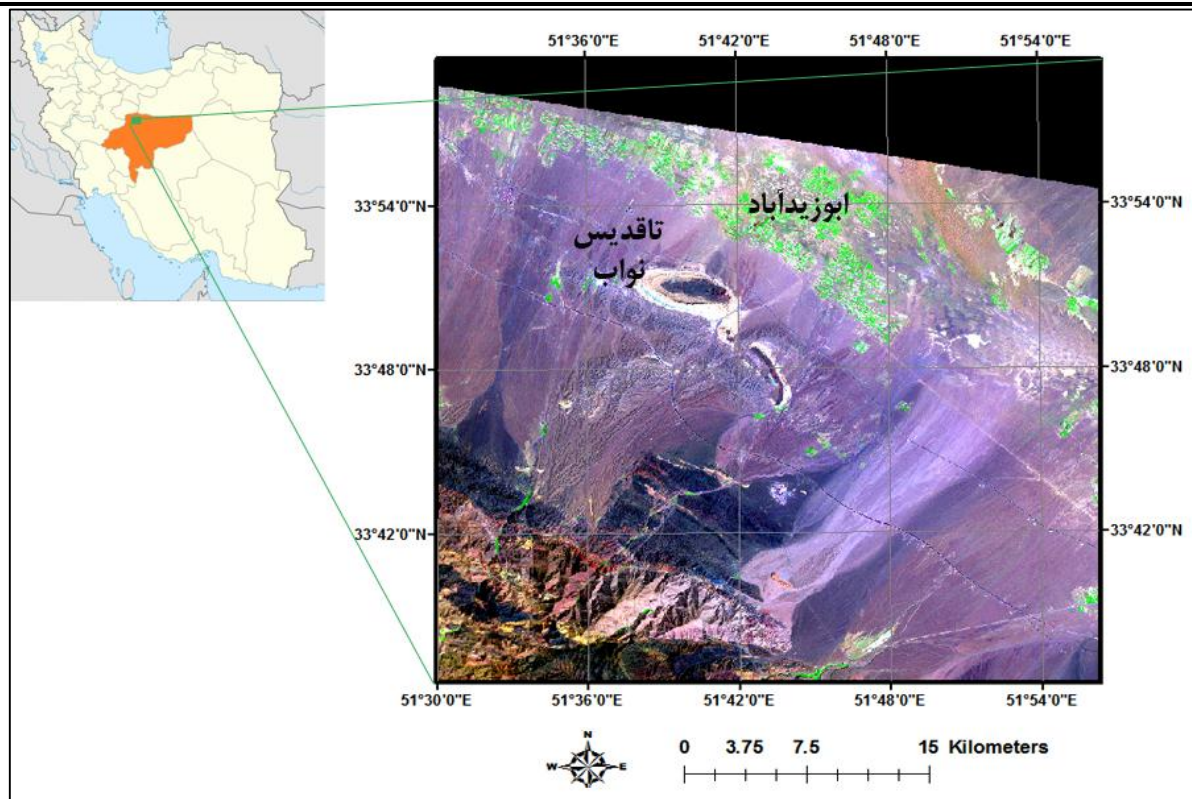
جدول ۱- تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر [۱۴]

| ارزش عددی معادل ارزش نظری | ارزش نظری بر مبنای مقایسه بین دو معیار |
|---------------------------|--|
| ۱ | دارای ارزش یکسان و برابر Equal preference |
| ۳ | ارزش یکی نسبت به دیگری کمی بیشتر است Weak preference |
| ۵ | ارزش یکی نسبت به دیگری بیشتر است Strong preference |
| ۷ | ارزش یکی نسبت به دیگری مسلماً بیشتر است Demonstrated preference |
| ۹ | ارزش یکی نسبت به دیگری مطلقاً بیشتر است Absolute preference |
| ۲، ۴، ۶، ۸ | ارزش های بینابینی Intermediate values |

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد نظر در جنوب دشت کاشان با وسعتی حدود ۱۵۰۰ کیلومتر مربع و بین طول های جغرافیایی $۵۱^{\circ}۳۰'$ و $۵۱^{\circ}۵۶'$ و عرض های جغرافیایی $۳۳^{\circ}۳۶'$ و $۳۳^{\circ}۵۸'$ قرار گرفته است (شکل ۲). منطقه در حال حاضر در قلمرو اقلیم گرم و خشک تا نیمه خشک قرار دارد، اما دارای شواهدی از اقلیم سرد و مرطوب در گذشته ای نه چندان دور بوده است. میانگین دما، بارش و تبخیر سالیانه محدود به ترتیب، $۱۹/۱$ درجه سانتی گراد، $۱۳۸/۴$ میلی متر و $۲۱۲۰/۸۹$ میلی متر است. همین تبخیر بالا یکی از عوامل مناسب بودن ساخت سد زیرزمینی در این منطقه است چرا که با ذخیره سازی منابع آبی در زیر سطح زمین از میزان تبخیر آن نیز به شدت کاسته می شود.

پس از محاسبه وزن لایه ها و زیر لایه های موجود نسبت به یکدیگر، با استفاده از ابزار Weight Overlay در نرم افزار Arc map تلفیق لایه ها انجام و نقشه نهایی به دست آمد. از ویژگی های روش همپوشانی وزنی امکان مقایسه نسبی در مجموعه لایه های در دسترس می باشد. بر این اساس معیارهای شیب، قنات، گسل و ... که به عنوان معیارهای نامناسب در مکان یابی سد زیرزمینی می باشند با این روش به صورت نسبی وزن دهی می شوند، به عبارتی در نقشه حاصل از تلفیق لایه ها، امتیازی مابین ۱ (نامناسب ترین) تا ۱۰ (مناسب ترین) به هر نقطه داده می شود که نقاط نامناسب همان مناطقی هستند که بر اساس معیارهای مقایسه ای، امتیاز کمتری کسب نموده اند. در نقشه نهایی پس از انجام باز دیدهای میدانی از مناطق مناسب، تعداد ۷ نقطه با اولویت بالا شناسایی و معرفی شدند.



شکل ۲- محدوده مورد مطالعه جنوب دشت کاشان

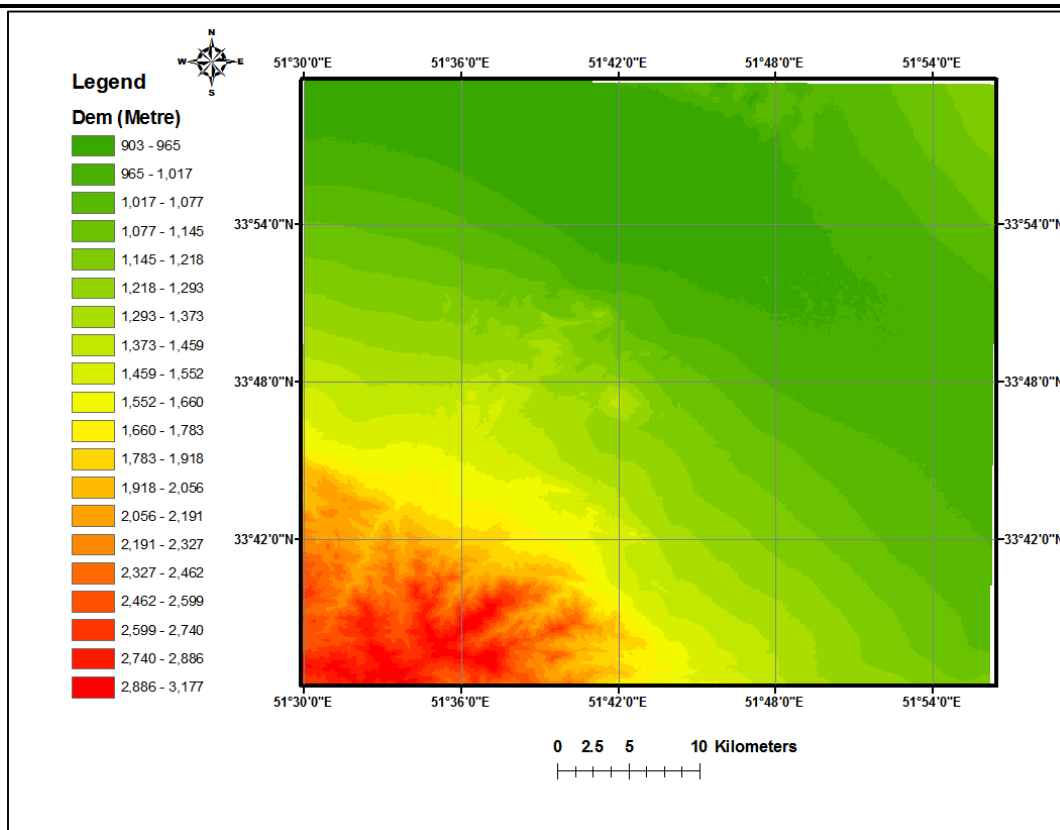
نتایج

آبراهه‌ها بدین دلیل که محل اصلی جریان یافتن رودخانه‌های فصلی و جریان‌های زیربستری ناشی از سیلاب‌ها است مورد توجه قرار می‌گیرند. با استفاده از ابزار Hydrology در نرم‌افزار Arc map آبراهه‌های منطقه استخراج و لایه حریم تا فاصله ۵۰۰ متر از مرکز آبراهه تهیه گردید (شکل ۵).

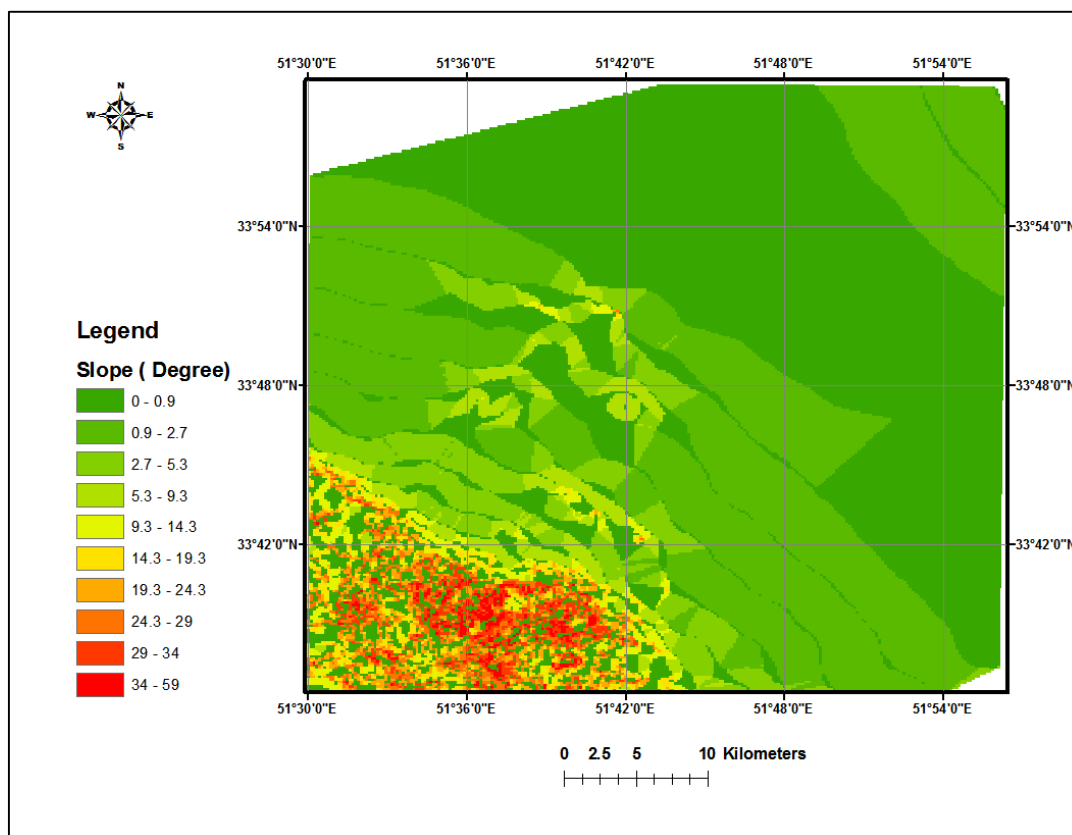
در تهیه لایه خطواره‌ها از اعمال فیلترهای جهتی در چهار جهت اصلی بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM در نرم‌افزار ENVI استفاده شد، در نهایت خطواره‌های چهار جهت با یکدیگر تلفیق و لایه رقومی خطواره‌ها حاصل گردید. برای خطواره‌ها محدوده حریمی تا فاصله ۲۰۰ متری ترسیم گردید که مکان‌های مناسبی برای احداث سد زیرزمینی نیستند و در وزن‌دهی نقاط نزدیک به گسل با تاثیر منفی بر مکانیابی اعمال می‌شوند (شکل ۶).

از آنجا که محدوده مورد مطالعه شامل ارتفاعات و نواحی پست منتهی به دشت است و اولویت احداث سد زیرزمینی در ورودی آبراهه در دامنه می‌باشد لایه توپوگرافی منطقه مورد استفاده قرار گرفت. در این لایه ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا که دامنه رشته کوه‌های منطقه را پوشش می‌دهد به‌عنوان ارتفاع مناسب برای احداث سد زیرزمینی در نظر گرفته شد (شکل ۳).

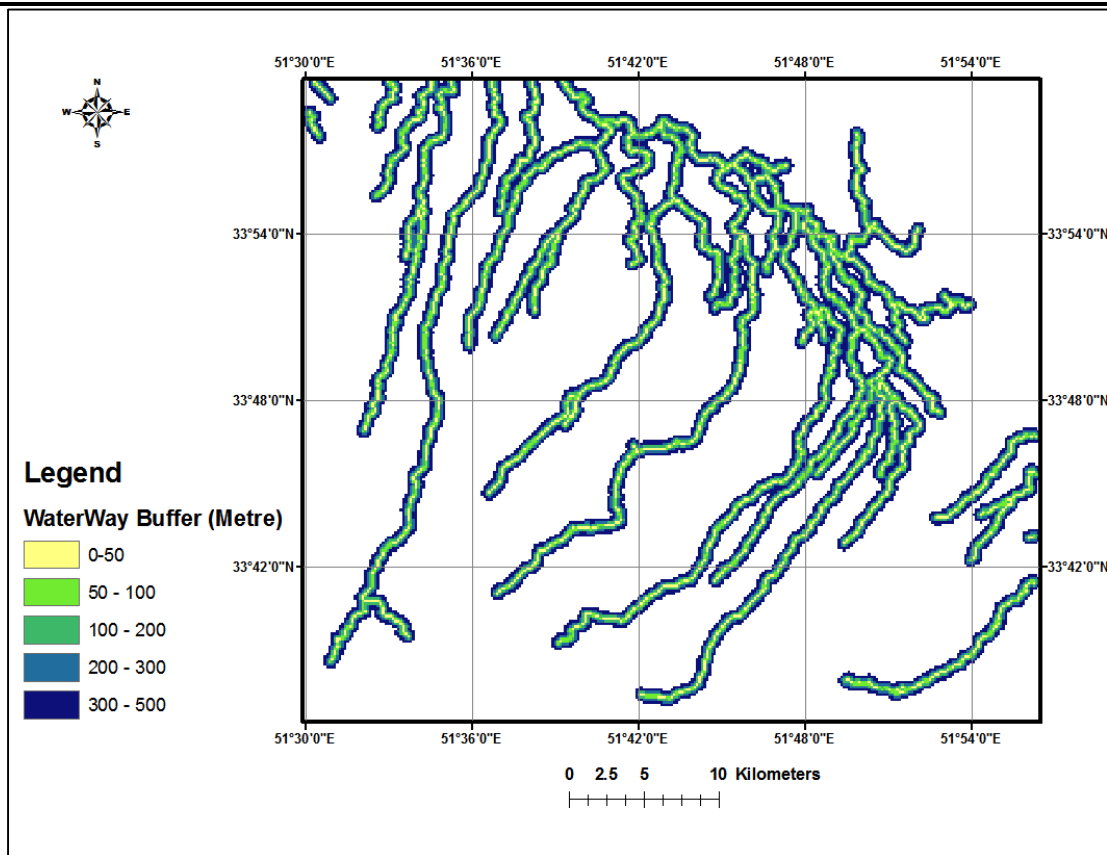
معمولاً شیب محل احداث سدها در حدود ۰/۱۱ تا ۵ درجه می‌باشند، اما در برخی موارد نیز سدها در شیب‌های ۶ تا ۱۰ درجه ساخته شده‌اند [۱۲]. بنابراین با در نظر گرفتن دره‌ها و رودخانه‌های باریک و یک‌دست شیب مناسب برای احداث سد زیرزمینی کمتر از ۱۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از داده‌های ارتفاعی موجود و ابزار Slope در نرم‌افزار Arc map لایه شیب منطقه نیز تهیه و کلاس‌بندی شد (شکل ۴).



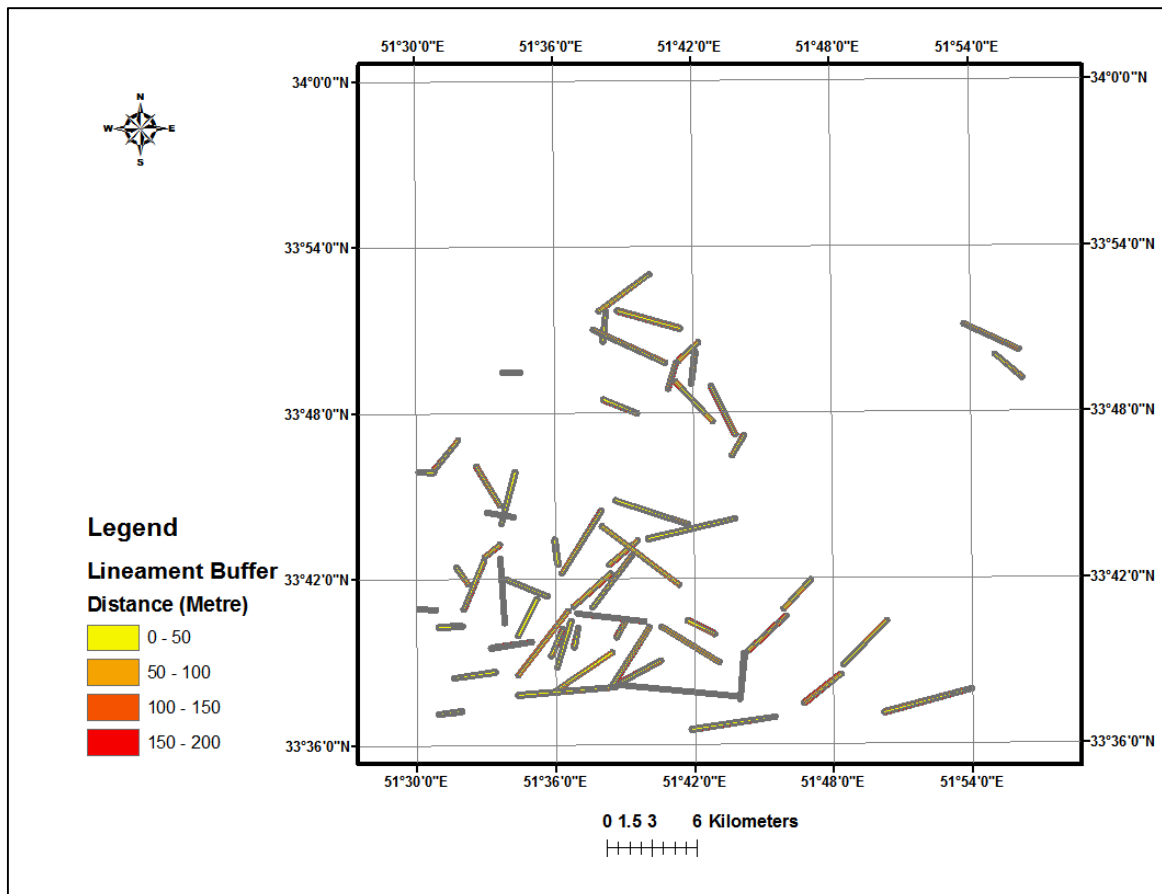
شکل ۳- داده‌های ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۴- داده‌های شیب در محدوده مورد مطالعه



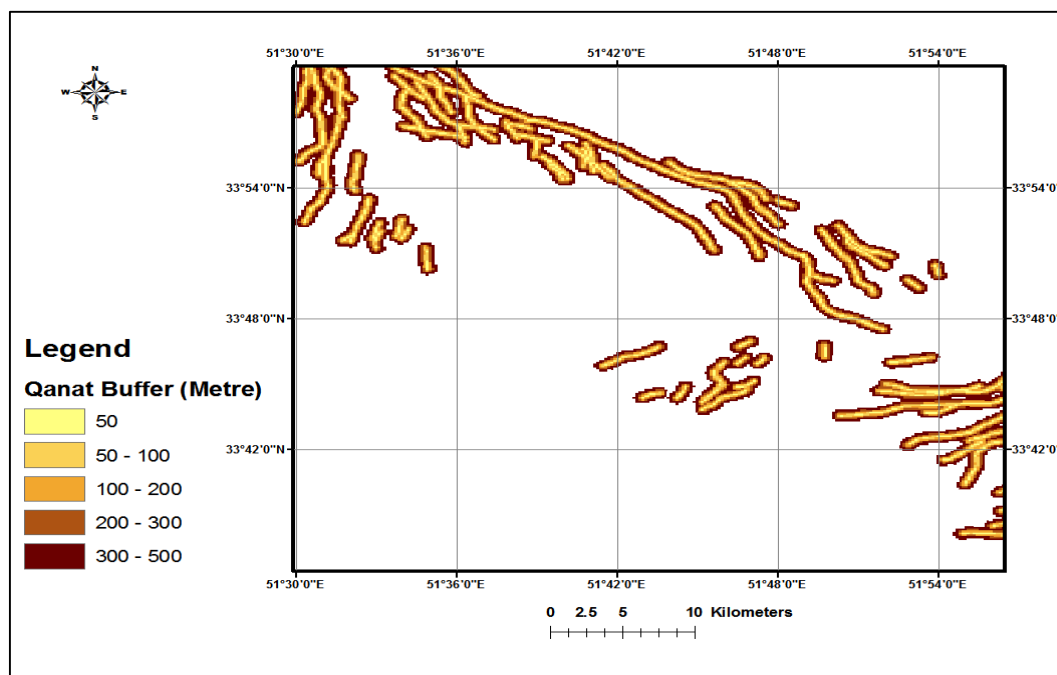
شکل ۵- لایه‌های حریم به شعاع ۵۰۰ متری از خط آبراه‌ها در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶- لایه‌های حریم بدست آمده از خطواره‌های منطقه در محدوده مورد مطالعه

قنات‌های منطقه از دو منظر اهمیت دارند اولاً اینکه که احداث سد زیرزمینی تاثیر مخربی بر سازه قنات نداشته باشد و دوماً بتواند به آبدهی بیشتر قنات کمک کند. برای شناسایی قنات‌های منطقه از نقشه زمین‌شناسی

۱/۱۰۰۰۰۰ نطنز استفاده گردید و لایه قنات‌ها به صورت رقومی و با حریمی تا شعاع ۵۰۰ متر از مرکز قنات تهیه گردید (شکل ۷).

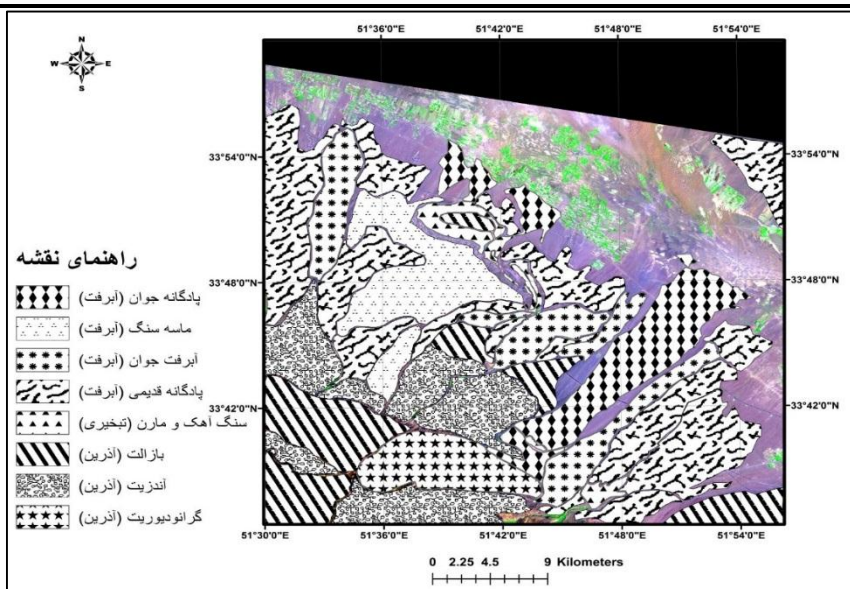


شکل ۷- لایه‌ی حریم قنات به شعاع ۵۰۰ متر در محدوده مورد مطالعه

پس از تهیه لایه‌ها و زیرلایه‌های مورد نظر برای وزن‌دهی به هر کدام از روش AHP استفاده گردید. در مقایسه لایه‌های اصلی با یکدیگر از مطالعات انجام شده قبلی [۳، ۴ و ۹] بهره گرفته شد و وزن‌های مقایسه‌ای بدست آمد (جدول ۲). در این مطالعات لایه‌های آبراهه و آبرفت در مکان‌یابی سد زیرزمینی بیشتر از بقیه تاثیر گذارند.

وزن‌دهی به زیرلایه‌ای موجود با توجه به مطالعات قبلی [۳، ۴ و ۹]، ماهیت لایه در مکان‌یابی سد زیرزمینی و واقعیات میدانی موجود در منطقه اتخاذ گردید. به عنوان مثال نزدیک بودن به محور آبراهه یا دور بودن از محور خطواره و قنات، اولویت شیب‌های کمتر از ۱۰ درجه و محدوده دامنه ارتفاعات (جهت تمرکز بر مخروط افکنه‌های ورودی به دشت) از وزن‌های بالاتری در مکان‌یابی سد زیرزمینی برخوردارند (جدول ۳ تا ۹).

با وجود آنکه نقشه زمین‌شناسی منطقه موجود بود اما در این پژوهش نیازمند نقشه زمین‌شناسی موضوعی با هدف مکان‌یابی سد زیرزمینی هستیم، چرا که بیشتر از آنکه جنس برونزدها، سن زمین‌شناسی و خاستگاه لیتولوژیکی مد نظر باشد، مکان‌یابی آبرفت‌ها به عنوان منبع اصلی که قابلیت ذخیره‌سازی آب‌های زیرسطحی را دارد مورد توجه است. بنابراین با استفاده از روش کلاس‌بندی نظارت شده در نرم‌افزار ENVI و داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷، ۱۵ کلاس لیتولوژی تعریف و مشخص شدند. تعیین جنس این کلاس‌ها با کمک نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ نطنز انجام گرفت. در نهایت سه گروه لیتولوژی: سازندهای آذرین، سازندهای تبخیری و آبرفت‌های منطقه شامل: آبرفت‌های جوان، آبرفت‌های قدیمی و کنگلومرا و ماسه‌سنگ، جداسازی و به صورت لایه رقومی آماده شدند (شکل ۸).



شکل ۸- نقشه سنگ شناسی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۲- وزن دهی به لایه‌های اصلی

| وزن نهایی | خطواره | آبراهه | سازند آذرین | آبرفت‌ها | سازند تبخیری | قنات | شیب | توپوگرافی |
|-----------|--------|--------|-------------|----------|--------------|------|-----|-----------|
| ۰/۰۶۸ | ۱ | ۱ | ۵ | ۱ | ۵ | ۳ | ۱ | ۱ |
| ۰/۱۶۲ | ۳ | ۱ | ۷ | ۱ | ۷ | ۵ | ۱ | ۳ |
| ۰/۰۰۵ | ۱ | ۱ | ۵ | ۱ | ۵ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۰۲۵ | ۱ | ۱ | ۳ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۲۴۱ | ۵ | ۱ | ۷ | ۱ | ۷ | ۵ | ۳ | ۵ |
| ۰/۰۱۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۳۴۶ | ۷ | ۱ | ۷ | ۳ | ۷ | ۵ | ۷ | ۵ |
| ۰/۰۸۹ | ۱ | ۱ | ۵ | ۱ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ |

جدول ۳- وزن‌دهی به زیرلایه‌های حریم آبراهه

| وزن نهایی | ۳۰۰-۵۰۰ | ۲۰۰-۳۰۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۵۰-۱۰۰ | ۰-۵۰ |
|-----------|---------|---------|---------|--------|------|
| ۰/۵۱۰ | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ |
| ۰/۲۶۴ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۱ |
| ۰/۱۳۰ | ۵ | ۳ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۰۶۴ | ۳ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۰۳۳ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| | ۷ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ |

به صورت نیمه مدفون یا ذخیره ای شنی در نظر گرفته میشود تا در کنترل سیلابهای رخ داده نیز موثر باشد. با بررسی صحرایی منطقه مشخص شد آبراهه‌های ورودی به دشت عرض متغییری از ۲۰ متر تا ۳۰۰ متر داشتند و از نظر ساختاری عامل مهمی در احداث سد محسوب می‌شود.

مطابق راهنمای عملی مکانیابی ساخت سدهای ذخیره‌ای [۶] عرض شبکه آبراهه به عنوان عامل موثر در موفقیت طرح مد نظر قرار گرفته است. منظور از لایه حریم آبراهه، فاصله از خط مرکزی آبراهه است و این لایه به منظور سهولت ساختار سد در نظر گرفته شده است (و نه به منظور کمیت آب)، چون ترجیحا ساختار سد زیرزمینی

جدول ۴- وزن دهی به زیرلایه‌های توپوگرافی

| توپوگرافی (متر) | ۹۰۳-۱۲۰۰ | ۱۲۰۰-۱۸۰۰ | ۱۸۰۰-۳۱۷۷ | وزن نهایی |
|--------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| ۹۰۳-۱۲۰۰ | ۱ | $\frac{1}{5}$ | ۵ | ۰/۲۳۵ |
| ۱۲۰۰-۱۸۰۰ | ۵ | ۱ | ۵ | ۰/۶۸۵ |
| ۱۸۰۰-۳۱۷۷ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{5}$ | ۱ | ۰/۰۸ |
| | ۵ | ۵ | | |

مرحله همپوشانی وزنی) برمخروطافکنه‌های ورودی دشت که عمدتا در دامنه رشته کوه کرکس و ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته‌اند، لایه توپوگرافی به عنوان روش تکنیکی، جهت برآورده نمودن این دیدگاه در نظر گرفته شده است.

لایه توپوگرافی در این مطالعه تنها با توجه به شرایط منطقه و پس از بازدید صحرایی مد نظر قرار گرفت و از لایه‌های لازم در مکانیابی همه سدهای زیرزمینی نیست. اما از آنجا که این مطالعه در منطقه‌ای به وسعت ۷۸۴۴ کیلومتر مربع و تغییرات ارتفاع ۳۵۸۰ تا ۷۵۱ متر از سطح دریا انجام گرفته است، جهت افزایش وزن مکان‌یابی (در

جدول ۵- وزن دهی به زیرلایه‌های حریم خطواره

| حریم خطواره (متر) | ۰-۵۰ | ۵۰-۱۰۰ | ۱۰۰-۱۵۰ | ۱۵۰-۲۰۰ | وزن نهایی |
|----------------------|------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| ۰-۵۰ | ۱ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{7}$ | ۰/۰۵۵ |
| ۵۰-۱۰۰ | ۳ | ۱ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{5}$ | ۰/۱۱۸ |
| ۱۰۰-۱۵۰ | ۵ | ۳ | ۱ | $\frac{1}{3}$ | ۰/۲۶۳ |
| ۱۵۰-۲۰۰ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۰/۵۶۴ |

طبیعی خطی قابل تشخیص در تصاویر ماهواره‌ای است و فقط منحصر به گسل نیست و گسل اصلی منطقه زاگرس در راستای شمال غربی- جنوب شرقی در سازه سد یا مخزن قرار نمی‌گیرد.

به منظور جلوگیری از آبریزی از محل سازه سد لایه حریم خطواره‌ها در نظر گرفته شده است و با توجه به اثر منفی این لایه به فاصله‌های بیشتر از خطواره وزن بالاتری داده شده است. منظور از خطواره‌ها هر گونه ساختار

جدول ۶- وزن‌دهی به زیرلایه‌ی حریم قنات

| وزن نهایی | ۴۰۰-۵۰۰ | ۳۰۰-۴۰۰ | ۲۰۰-۳۰۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۵۰-۱۰۰ | ۰-۵۰ | حریم قنات (متر) |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|------|-----------------|
| ۰/۰۲۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰-۵۰ |
| ۰/۰۳۶ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۵ | ۵۰-۱۰۰ |
| ۰/۰۶۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۵ | ۵ | ۱۰۰-۲۰۰ |
| ۰/۱۱۷ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۵ | ۵ | ۲۰۰-۳۰۰ |
| ۰/۲۵ | ۱ | ۱ | ۵ | ۷ | ۷ | ۷ | ۳۰۰-۴۰۰ |
| ۰/۵۱۳ | ۱ | ۵ | ۷ | ۹ | ۹ | ۹ | ۴۰۰-۵۰۰ |

کند. مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوزه زهکشی قنات و حتی به صورت موردی در سازه میله قنات موجب بهبود آبدهی آن خواهد شد. چنانچه در مطالعه [۱۵] نشان داده شده اصلاح و مهار قنات با سد زیرزمینی می‌تواند منجر به حداقل افزایش ۳۰ درصدی دبی قنات گردد.

با توجه به وجود قنات‌های بسیار در منطقه، لایه حریم قنات به منظور عدم آسیب رسانی به سازه قنات مد نظر قرار گرفته است. بنابر مطالعه [۴] نباید محدوده قنات‌ها به طور کامل از مطالعه مکان‌یابی سد زیرزمینی حذف گردد بلکه سد زیرزمینی می‌تواند به افزایش دبی قنات کمک

جدول ۷- وزن‌دهی به زیرلایه‌های شیب

| وزن نهایی | ۲۰-۵۹/۸۳ | ۱۰-۲۰ | ۰-۱۰ | شیب (درجه) |
|-----------|----------|-------|------|------------|
| ۰/۷۷۲ | ۹ | ۷ | ۱ | ۰-۱۰ |
| ۰/۱۷۳ | ۵ | ۱ | ۱ | ۱۰-۲۰ |
| ۰/۰۵۵ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲۰-۵۹/۸۳ |

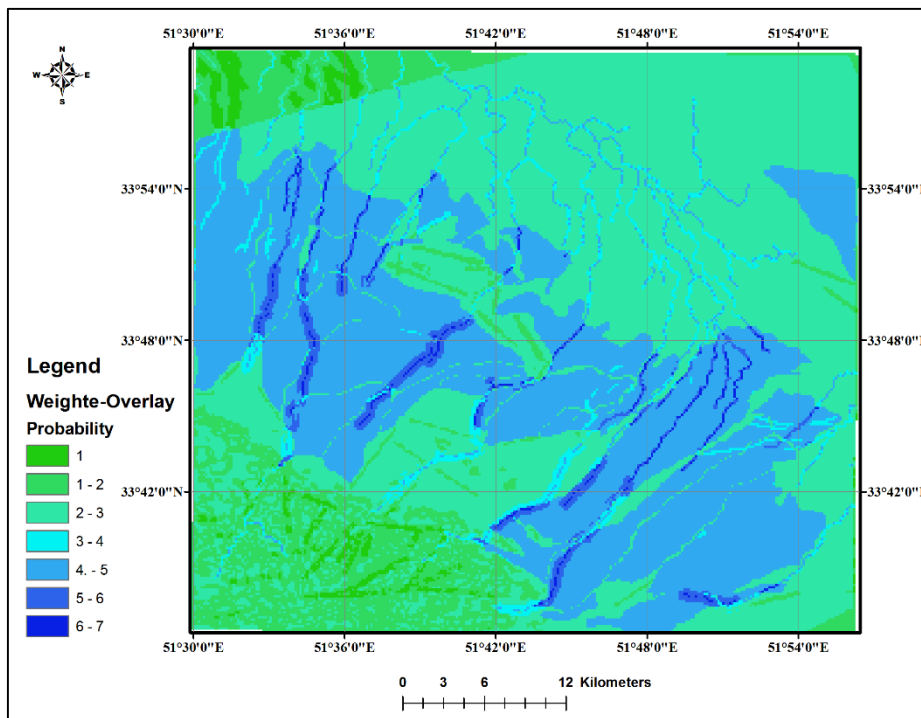
در ابزار Overlay نرم افزار Arc map وارد گردیدند. از آنجا که در روش Weighted Overlay وزن‌ها باید به فرمت اعداد صحیح وارد شوند، وزن‌های نهایی به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد شدند (جدول ۸). پس از تلفیق لایه‌ها با یکدیگر و با در نظر گرفتن وزن هر لایه و زیرلایه بدست آمده، تصویر نهایی که اولویت مکان‌یابی احداث سد زیرزمینی را در منطقه مشخص می‌کند حاصل می‌شود (شکل ۹).

از آنجا که شیب مطلوب جهت احداث سد زیرزمینی کمتر از ۱۰ درجه است، در نقشه شیب‌های موجود، به لایه شیب بین ۰ تا ۱۰ درجه بیشترین وزن داده شده است که عملاً شیب‌های بالای ۱۰ درجه در نقشه تلفیق نهایی حاصل از همپوشانی وزنی، از بررسی مکان‌یابی سد زیرزمینی حذف می‌گردند.

پس از تعیین وزن‌ها، وزن لایه‌های اصلی در محدوده صفر تا ۱۰۰ و وزن زیرلایه‌ها یا رده‌های هر لایه، در محدوده صفر تا ۱۰ نرمال شدند. تمامی لایه‌ها و زیرلایه‌ها

جدول ۸- وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی برای تلفیق

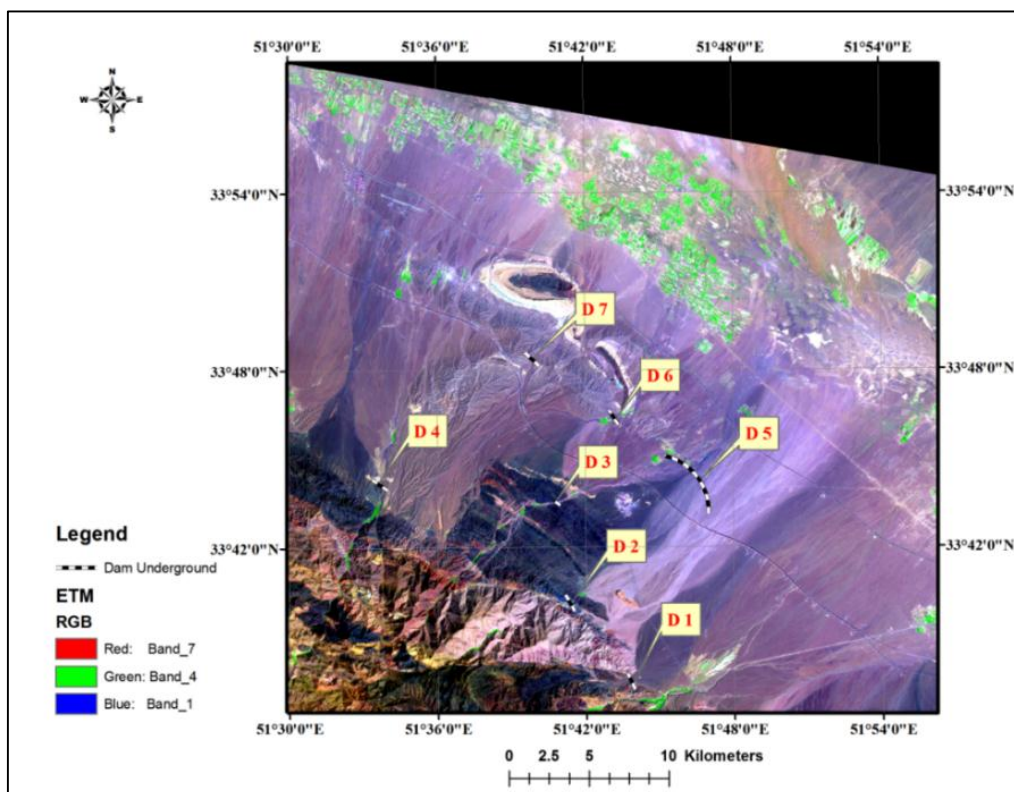
| امتیاز هر رده | رده بندی لایه | درصد تاثیر هر لایه | لایه |
|---------------|---------------|--------------------|-----------------|
| | ۰-۵۰ | | |
| ۵ | ۵۰-۱۰۰ | | |
| ۳ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۳۵ | آبراهه‌ها |
| ۱ | ۲۰۰-۳۰۰ | | |
| ۱ | ۳۰۰-۵۰۰ | | |
| ۰ | | | |
| ۲ | ۹۰۳-۱۲۰۰ | | |
| ۷ | ۱۲۰۰-۱۸۰۰ | ۷ | توپوگرافی |
| ۱ | ۱۸۰۰-۳۱۷۷ | | |
| ۷ | ۰-۱۰ | | |
| ۲ | ۱۰-۲۰ | ۱۶ | شیب |
| ۱ | ۲۰-۵۹/۸۳ | | |
| ۱ | ۰-۵۰ | | |
| ۱ | ۵۰-۱۰۰ | | |
| ۳ | ۱۰۰-۱۵۰ | ۹ | خطواره‌ها |
| ۵ | ۱۵۰-۲۰۰ | | |
| ۰ | ۰-۵۰ | | |
| ۰ | ۵۰-۱۰۰ | | |
| ۱ | ۱۰۰-۲۰۰ | | |
| ۱ | ۲۰۰-۳۰۰ | ۵ | قنات‌ها |
| ۳ | ۳۰۰-۴۰۰ | | |
| ۵ | ۴۰۰-۵۰۰ | | |
| ۸ | ۱ | ۲۴ | سازندهای آبرفتی |
| ۱ | ۱ | ۲ | سازندهای تبخیری |
| ۱ | ۱ | ۲ | سازندهای آذرین |



شکل ۹- نقشه حاصل از تلفیق لایه‌های موثر در مکان‌یابی سد زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

آگاهی از نتایج حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بدست آمده، مناطق مناسب مورد بازدید قرار گرفتند و ۷ نقطه مناسب جهت احداث سد زیرزمینی شناسایی شدند (شکل ۱۰).

همانگونه که در شکل ۹ مشخص است، نقاط محدوده امتیازی بین ۱ (نامناسب‌ترین) تا ۷ (مناسب‌ترین) کسب نموده‌اند و عملاً معیارهایی مانند گسل و شیب و ... باعث حذف مناطق نامناسب در مطالعات میدانی شده‌اند. با



شکل ۱۰- مکانیابی ۷ نقطه مناسب از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محدوده مورد مطالعه

تعیین گردید و با استفاده از داده‌های زمین شناسی و ژئوفیزیکی ظرفیت آبدهی هر سد در صورت ساخت محاسبه گردید [۷].

هفت نقطه در نظر گرفته شده در نقشه تلفیق نهایی Weighted Overlay امتیازی مابین ۵ تا ۷ را کسب نموده‌اند. در بازدید صحرایی از این نقاط با استفاده از دستگاه GPR در مقطع آبراهه ضخامت آبرفت در هر نقطه

جدول ۹- خصوصیات نقاط تعیین شده برای احداث سد زیرزمینی

| نقاط تعیین شده | هدف از طراحی | ضخامت آبرفت (m) | طول مقطع (m) | مساحت حوزه آبریز بالادست (Km ²) | مساحت حوزه با قابلیت ذخیره‌سازی (Km ²) | ذخیره سالانه (M.C.M) | ظرفیت آبدهی (M.C.M) |
|----------------|---------------|-----------------|--------------|---|--|----------------------|---------------------|
| D1 | ذخیره | ۱۷ | ۳۱۱ | ۲۸/۲ | ۶/۴ | ۱ | ۴/۳۵ |
| D2 | ذخیره | ۱۷ | ۱۰۰ | ۲۴ | ۱/۵ | ۰/۹۶۰ | ۱/۰۲ |
| D3 | ذخیره | ۶ | ۱۱۶ | ۴۲ | ۲/۶ | ۱/۵ | ۰/۶۲۴ |
| D4 | ذخیره | ۵ | ۱۲۵ | ۷۲/۶ | ۲/۰۲ | ۲/۶ | ۰/۴۰۴ |
| D5 | تلفیق با قنات | ۱۸ | ۱۸۰۰ | ۱۱۲/۳ | ۱۸/۵ | ۴/۰۴ | ۱۳/۳۲ |
| D6 | حفظ کیفیت آب | ۱۸ | ۱۷۹ | ۸۳ | ۱۲/۱۳ | ۲/۹۸ | ۸/۸۵۶ |
| D7 | حفظ کیفیت آب | ۱۶ | ۱۹۶ | ۵۳/۷ | ۱۸/۳ | ۱/۹۳ | ۱۱/۷۱ |

مخروط افکنه‌ها و آبرفت مناسب است، علاوه بر لایه‌های در نظر گرفته شده در مطالعات مکانیابی، لایه توپوگرافی نیز مد نظر قرار گرفت تا تمرکز بر دامنه‌ها افزایش یابد. به عبارتی انتخاب لایه توپوگرافی به عنوان تکنیکی جهت افزایش وزن آبرفت‌های مخروط‌افکنه به کار گرفته شده است. نتایج مطالعه نشان داد با توجه به شرایط فیزیوگرافی محلی منطقه مورد مطالعه و اطلاعات در دسترس، می‌توان لایه‌های اطلاعاتی بیشتری علاوه بر لایه‌های ذکر شده در منابع جهت مکان‌یابی سد زیرزمینی در نظر گرفت.

در مطالعاتی که براساس معیارهای حذفی (باینری) انجام می‌گیرد، مناطق نامناسب از همان ابتدا حذف می‌گردند ولی در این مطالعه چون از روش همپوشانی وزنی استفاده گردیده، تمامی نقاط امتیازی بین ۱ (نامناسب) تا ۷ (مناسب) کسب کردند و سپس در مراحل بازدید میدانی مناطق نامناسب حذف گردیدند. این روش در مناطقی که با ترکیبی از سازندهای زمین‌شناسی مناسب، نامناسب و قنات روبرو هستیم از انعطاف بیشتری در انتخاب نقاط مناسب احداث سد زیرزمینی برخوردار است.

از بین نقاط تعیین‌شده، نقاط D1 تا D4، دارای شرایط مناسب زمین‌شناسی جهت احداث سد زیرزمینی بود. نقطه D1 دارای بستر و دیواره سنگی مناسب برای احداث سد زیرزمینی بود و عمق تقریبی آبرفت بالادست تا سنگ کف

در بازدید از مناطق مناسب، ویژگی‌های موثر دیگر بر مکان‌یابی سد زیرزمینی که در لایه‌های اطلاعاتی وجود نداشت، مانند؛ نبود منابع آلوده کننده بالادستی یا نداشتن اثرات مخرب زیست محیطی در پایین دست مد نظر قرار گرفت.

نقاط D1 تا D4 با هدف ذخیره آب زیرسطحی مکانیابی شدند و در بازدیدهای میدانی از شرایط زمین‌شناسی مناسب جهت احداث دیواره سد برخوردار بودند. نقطه D5 با توجه به مطالعات [۴ و ۱۵] جهت تلفیق با سازه قنات مکانیابی گردید و نقاط D6 و D7 به منظور جلوگیری از کاهش کیفیت جریان آب‌های زیرسطحی در مواجهه با سازندهای نامناسب تبخیری مکانیابی شدند، که به کاربرد دیگر سد زیرزمینی مورد اشاره در مطالعه [۱۳] توجه دارد.

نتیجه‌گیری

بر طبق مطالعات [۳، ۸، ۱۰ و ۱۶]، جنس زمین شناسی و آبرفت‌های مخروط افکنه از امتیاز بالایی در مکان‌یابی نقاط مناسب احداث سد زیرزمینی برخوردار است از این رو در این مطالعه تمرکز بر این لایه‌ها مد نظر قرار گرفت. با توجه به اینکه محدوده دشت کاشان از گستره ارتفاعات زاگرس (کوه‌های کرکس) تا نواحی پست منتهی به کویر مرکزی امتداد می‌یابد، جهت تمرکز بر دامنه‌ها و محل ورود آبراهه‌ها به دشت که محل تشکیل

مناسبی را به این منظور جانمایی نمود. در نقطه D5 به دلیل قرارگیری در راستای قنات و آبراهه‌های اصلی می‌توان از طرح تلفیق سد زیرزمینی، قنات و سیل‌بند استفاده نمود. به صورتی که ساخت سد زیرزمینی در جهت هدایت آب‌های زیرسطحی به سمت مادر چاه قنات به کار گرفته شود.

نقاط D6 و D7 با هدفی متفاوت مکان‌یابی شده‌اند. همانگونه که در مطالعه [۱۳] اشاره شد می‌توان از سد زیرزمینی جهت جلوگیری از کاهش کیفیت منابع آبی موجود استفاده کرد. مطابق نقشه لیتولوژی در پایین دست این نقاط، تاقدیس نواب قرار دارد که از سازندهای تبخیری، ژئوپس، مارن تشکیل شده است و باعث کاهش کیفیت و افزایش سختی آب راه‌یافته به سفره‌های پایین‌دست می‌شوند. از این رو احداث سد زیرزمینی در این نقاط با هدف تغییر مسیر آب‌های زیرسطحی و حفظ کیفیت آب‌های ورودی به سفره‌های زیرزمینی مکان‌یابی شده‌اند.

حدود ۱۷ متر بود که امکان ذخیره مناسب آبی را فراهم می‌آورد. با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ نطنز حدود ۶/۴ کیلومتر مربع از مساحت بالادست نقطه D1 از ماسه‌سنگ و کنگلومرا پوشیده شده است و مساحت حوضه آبریز بالادست نقطه D1 برابر ۲۸/۲ کیلومتر مربع است، بنابراین با توجه به میانگین بارش سالانه، مقدار نفوذ و جنس آبرفت این منطقه، ساخت سد زیرزمینی در نقطه D1، می‌تواند سالانه حدود ۱ میلیون مترمکعب آب ذخیره‌سازی نماید و توانایی آبدهی ۴/۳۵ میلیون مترمکعب آب را داشته باشد [۷].

در اکثر مطالعات مکان‌یابی نواحی سازه قنات به طور کلی از مطالعات حذف می‌گردند، اما مطالعات [۴] و [۱۵] نشان داد با رعایت حریم سازه قنات می‌توان نقاط مناسبی جهت احداث سد زیرزمینی پیشنهاد نمود که با تلفیق در سازه قنات باعث افزایش آبدهی قنات می‌گردند. در این مطالعه نیز شرایط نقطه D5 نشان داد، می‌توان مناطق

References

- [1]. Aminzadeh-Bezenjani, M., Lashkaripor, GH. & Ghafari, M. (2010). Methodology of monitoring underground dams (case study: underground dam Rawar of Kerman). *Quarterly Journal of Irrigation and water engineering*, First year (2). (in Farsi)
- [2]. Chezgi, J., Maleki Nezhad, H., Ekhtesasi, M. R. & Nakhei, M. (2016). Prioritization suitable sites for underground dam construction using decision-making models in arid and semi-arid, *Arid biome scientific and research journal*, 6(2), 83-95. (in Farsi)
- [3]. Danayi, R., Hasanzadeh Nafoti, M., Moh-tashamniya, S. & Danayian, M. (2011). Underground dams location using RS/GIS (case study: Menashad of Yazd), *First national conference on modern topics in agriculture*, Islamic azad university Saveh branch. (in Farsi)
- [4]. Eshghizaseh, M. & Nora, N. (2009). Determine the proper location of underground dam on Qanat (case study: Qanat Dahan Chenar, Kalat Gonabad Watershed). *Journal of soil and water conservation research*, 7(3). (in Farsi)
- [5]. 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 (case study: in the region of Kidal, Mali). *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 74-85.
- [6]. Foster, S., Azevedo, G., & Baltar, A. (2002). Subsurface dams to augment groundwater storage in basement terrain for human subsistence-brazilian experience. World Bank, GWMAE Case Profile Collection, Vol. 5, P. 5.
- [7]. Ilyati, I. (2013). Feasibility of constructing an underground dam using remote sensing and geophysical methods (Case Study: Kashan plane). Master's thesis, Faculty of engineering department of civil engineering, Yazd University. (in Farsi)
- [8]. Jomeh Manzari, R. & Barati, R. (2015). Selection of suitable sites for the construction of subsurface dams. *First national congress on Iran's irrigation & drainage*. (in Farsi)
- [9]. Kheirkhah Zarkesh, M., Naseri, H., Davodi, M. & Salami, H. (2007). Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to prioritize appropriate locations for underground dam construction (case study: the northern slopes

- of Kars-Natanz mountains). *Journal of Research and Development in Natural Resources*, N79. (in Farsi)
- [10]. Laa, A., Kampanart, M. & Kriengsak, S. (2005). Approachability of subsurface dams in the northeast Thailand. *International conference on geology, Geo technology and Mineral Resources of Indochina (GEOINDO 2005)*, Khon Kaen, Thailand. Pp.149-155.
- [11]. Niknejad, S. (2010). Location of underground dam. Master's thesis, Department of revitalization of arid and mountainous regions. Faculty of natural resources, University of Tehran. (in Farsi)
- [12]. Nilsson, A. (1988). Groundwater dams for small-scale water supply. Intermediate technology publications, London, 69p.
- [13]. Ru, Y., Jinno, K., Hosokawa, T. & Nakagawa, K. (2001). Study of effect of subsurface dam in coastal seawater intrusion. *First international conference on saltwater intrusion and coastal aquifers monitoring, modeling, and management*. Essaouira, Morocco, April 23–25, 2001
- [14]. Saaty, T.L. (1994). How to make a decision: The analytical hierarchy process. *Interfaces* 24 (6, S): 19-43.
- [15]. Salmanpor, A., Abrishami, j. & Tabatabayi Yazdi, j. (2009). Investigate the idea of modifying the Qanat using underground dam. *Eighth hydraulic conference of iran*, faculty of engineering, university of Tehran. (in Farsi)
- [16]. Swiss, Re. (2007). A practical guide to sand dam implementation, water supply through local structures as adaptation to climate change. Rainwater harvesting implementation network. From:http://www.bebuffered.com/downloads/PracticalGuidetoSandDamImplementation_April_2011.pdf
- [17]. Vanrompay, L. (2003). Report on the technical evaluation & impact assessment of subsurface dams (SSDs). TLDP technical report, pp14.
- [18]. Yousefi, M., Farokhzadeh, B. & Basati, S. (2017). Prioritizing underground dam construction areas using geometric mean method in the geographic information system environment, *ECOhydrology*, 4(3), 663-672. (in Farsi)

Site Selection for underground dams using RS and GIS (Case study: Kashan Plain, Iran)

1- N. Amanian, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Yazd University
nமானian@yazd.ac.ir

2- I. Iliati, Msc in Civil Engineering, Yazd University

3- M. H. Mokhtari, Assistant Professor, Department of Desert and arid lands, Faculty of Natural Resources, Yazd University

Received: 08 May 2018

Accepted: 12 Feb 2019

Abstract

A suitable method of locating an underground dam according to physiographic factors ensures its operation in providing water resources for hot and dry areas without causing environmental issues. In this study, Remote Sensing (RS), and Geographic Information System (GIS) techniques were used to locate suitable locations for underground dams. To implement, several data layers; topography, slope, lithology, drainage, lineaments, and local Qanats of the region were collected using the Digital Elevation Data (DEM), and LANDSAT 7 ETM Satellite. The lithological layers were gained by means of a geological map of the 1/100000 of Natanz in Kashan plain. Regional lineament data were calculated and converted to a digital layer by applying directional filters on the ETM satellite data in four directions using ENVI (remote sensing software). A supervised classification tools in ENVI software were then used for mapping the lithological layers. Final map of the most suitable locations for the construction of an underground dam was prepared by weighting of the layers with the method of Analytical Hierarchy Process (AHP combined with the support of Weighted Overlay tool in a GIS. Following identifying the areas with high priority, seven convenient points were identified by visiting the area taking into account the accessibility, and the performances of the region. Of these, four points to reserve subsurface water, one point to increase watering of Qanats and two points to prevent reduction of subsurface water quality were selected.

Keywords: Underground dam; Remote Sensing; Geographic Information System; Analytic Hierarchy Process.