نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال دوازدهم- شماره ۴۱- تابستان ۱۳۹۷

Vol. 12, No. 41, Summer 2018

مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از تکنیک GIS و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

علیرضا عرب عامری[۱]، مسعود سهرابی[۲]، خلیل رضایی[۳] و کورش شیرانی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۲/۰۲

چکیده

احداث سدهای زیرزمینی راهکاری عملی برای استفاده بهینه از منابع آب و مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی به شمار می‌رود. از مسائل مهم و قابل بررسی در مورد این سدها تعیین مناطق مستعد جهت احداث می‌باشد و عدم وجود مطالعات دقیق برای انتخاب محل احداث منجر به عدم کارایی بهینه سدهای زیرزمینی می‌گردد. لذا در این پژوهش به شناسایی مکان های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در منطقه اردستان واقع در شمال شرق اصفهان با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) پرداخته شده است. بدین منظور با در نظر گرفتن معیارهای زمین شناسی مهندسی، عوامل موثر در تعیین گزینه‌های مناسب جهت احداث سدزیرزمینی مشخص شده‌اند. آنگاه بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مسئله بر اساس معیارهای لازم و تاثیر گذار به اجزای کوچکتر و سطوح مختلف تقسیم گردیده و با توجه به قضاوت کارشناسی، درجه اهمیت (اوزان) برای هر سطح محاسبه شده است. سپس به منظور بالا بردن دقت، سرعت و سهولت آنالیز، وزن‌های محاسبه شده برای رده‌های هر شاخص در لایه های برداری تهیه گردیده از معیارهای فوق در محیط Arc GIS, 9.3 وارد گردیده و گزینه‌هایی که دارای بیشترین مقدار شاخص تناسب می‌باشند مشخص شده اند. بررسی‌های صورت گرفته با این روش، مخروط افکنه‌های واقع در قسمت‌های غربی، شمالی و مرکزی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ اردستان را برای احداث سدهای زیرزمینی پیشنهاد می‌نماید.

کلید واژه‌ها: ***مکان‌یابی، سد زیرزمینی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تحلیل سلسله مراتبی (AHP).***

مقدمه

یکی از راه‌های برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، استفاده از آب‌های زیرزمینی است. امروزه بهره‌گیری از این منابع، برای مصارفی چون کشاورزی، صنعتی و خصوصا شرب توسعه زیادی پیدا کرده و در مناطق خشک و دور از رودخانه‌ها غالبا تنها راه تامین آب برای مصارف مختلف استفاده از منابع آب زیرزمینی است. در سال‌های اخیر استفاده از سدهای زیرزمینی در جهان به دلیل مزایای بسیار آنها در مدیریت منابع آب با استفاده از فن‌آوری‌های سازگار با طبیعت رواج یافته است. با توجه به هزینه‌ی پائین، روش ساخت آسان، ذخیره‌ی آب بهداشتی و مزایای بسیاری که این سدها نسبت به سدهای سطحی دارند، می‌توانند یک روش مقرون به صرفه و ساده برای ذخیره‌سازی و استفاده از آب‌های زیرزمینی باشند. همانند سدهای سطحی اولین قدم در احداث سدهای زیرزمینی تعیین مکان مناسب جهت احداث می‌باشد. به دلیل قرار گرفتن بدنه این سدها در زیر زمین یکی از مهمترین مشکلات در توسعه و ایجاد آنها پیچیدگی تعیین مناطق مناسب جهت احداث می‌باشد. بعلاوه دخالت معیارها و عوامل متفاوتی نظیر معیارهای اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، زمین شناسی و ... در مکان‌یابی این سدها باعث پیچیده شدن این مسئله گردیده است. بررسی و تعیین این عوامل با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پر هزینه بوده و نیاز به صرف وقت بسیار دارد. لذا در مکان‌یابی این سدها برای به حداقل رساندن هزینه‌های مطالعات و بررسی‌ها و نیز صرفه جویی در وقت و افزایش دقت از تکنیک‌هایی نظیر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[۵] (GIS) استفاده می‌گردد. این سیستم روش مناسبی برای مکان‌یابی اصولی برطبق ضوابط و معیارهای موجود در این زمینه می‌باشد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این روش توسط محققی به نام «توماس ال ساعتی» در سال ۱۹۷۰ پیشنهاد گردید. این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را بصورت سلسله مراتب فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری

۱- نویسنده مسئول و دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، پست الکترونیک: alireza.ameri91@yahoo.com
۲- کارشناس ارشد عمران، خاک و پی، بخش عمران،گروه خاک وپی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد ارومیه.
۳- استادیار رسوب شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی
۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

5. Geographic Information System

Archive of SID
www.SID.ir

دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، علاوه بر این برمبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد [۷]. تحقیقاتی بصورت موردی در این زمینه صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: بررسی پتانسیل ذخیره آب زیرزمینی در حوضه بیرجند به روش [AHP۱۷]. بررسی آسیب‌پذیری آبهای زیرزمینی در سفره های سطحی بر مبنای GIS [۳]. مطالعه اولویت‌بندی پخش سیلاب با استفاده از DSS و AHP و استفاده از تکنیکهای GIS و تصاویر ماهواره‌ای جهت بهبود وضعیت آبهای زیرزمینی و مکان‌یابی سد زیرزمینی [۱۰، ۱۱، ۱۵، ۲۱]. مطالعه در زمینه جنبه‌های مختلف سدهای زیرزمینی و طریقه احداث آنها [۵، ۶، ۸، ۹، ۱۴، ۱۶]. بعلاوه مطالعاتی در زمینه سدهای زیرزمینی توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در قالب گزارشات و طرح‌های اجرایی انجام گرفته است[۱۷]. همچنین مطالعات موردی در قالب پایان‌نامه های کارشناسی ارشد در زمینه مکان‌یابی سد زیرزمینی به روش‌های مختلف نگارش یافته است [۱،۱۳،۱۸،۲۱].

مواد و روش‌ها

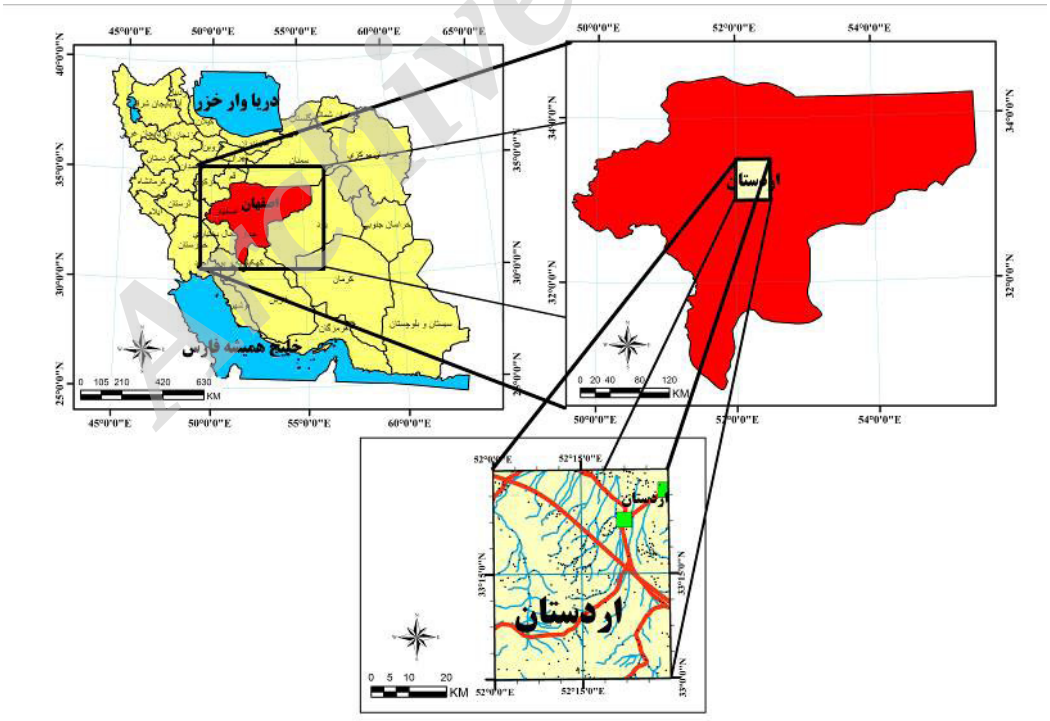
موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق شرایط مناسب جهت مکان‌یابی سد زیرزمینی در منطقه اردستان واقع در شمال شرق اصفهان مورد بررسی قرار گرفته است. وسعت منطقه مورد مطالعه برابر ۲۵۸۲۶۵/۱۸ هکتار بوده و موقعیت جغرافیایی آن از ۳۳°۰۰′ تا ۳۳°۳۰′ عرض شمالی و ۵۲°۰۰′ تا ۵۲°۳۰′ طول شرقی واقع می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه نشان داده شده است. منطقه‌ی مذکور از نظر تقسیمات زمین ساختی در زون ایران مرکزی و زیر زون آتشفشانی- رسوبی ارومیه – دختر واقع شده است. در این منطقه بیشتر رخنمون‌ها مربوط به فعالیت آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیت، داسیت و ریولیت است که در میان آن‌ها توف و ایگنمبریت هم دیده می‌شود.

روش کار

در این پژوهش، پس از زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی به وسیله نرم‌افزار Arc GIS, 9.3 و Er Mapper, 7 اقدام به تهیه لایه های مورد نیاز بدین شرح گردیده است:

لایه اطلاعاتی شیب و فاصله از آبراهه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و نقشه توپوگرافی حوضه در محیط ArcGIS, 9.3 تهیه گردیده است. لازم به ذکر است که مبنای نقشه توپوگرافی مورد استفاده، نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور می‌باشد. لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی و نفوذپذیری سنگ بستر بر مبنای نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰سازمان زمین شناسی کشور تهیه گردیده است. در این پژوهش جهت تهیه لایه ضخامت آبرفت و عمق آب



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه مورد مطالعه

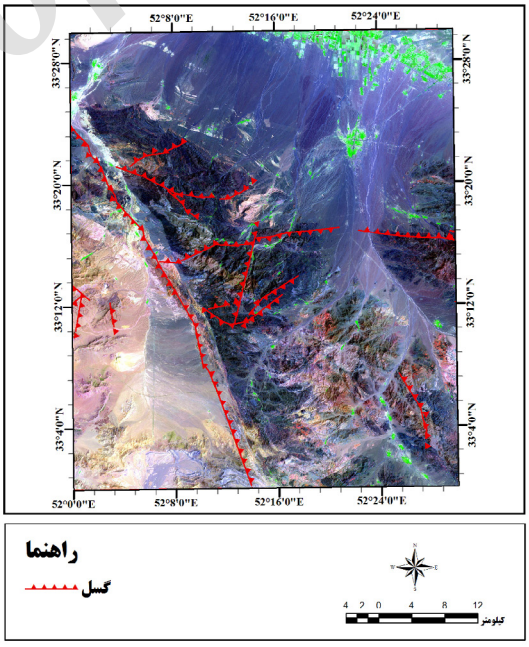
Figure1. Geographic location and access routes of the study area

Archive of SID
www.SID.ir

زیرزمینی محدوده مورد مطالعه از اطلاعات چاه‌های پمپاژ، گمانه‌ها و گزارشات ژئوفیزیکی سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان استفاده شده است. همچنین به منظور شناسایی گسل‌های موجود در حوضه مورد مطالعه، به پردازش داده‌های رقومی TM ماهواره لندست پنج در محیط Er Mapper, 7 پرداخته شده است. پردازش‌های انجام گرفته روی این تصویر، عبارتند از:

الف) استفاده از ترکیب باندی RGB= 741، ب) استفاده از فیلترهای گذر بالا[1] و فیلتر زاویه تابش خورشید[2] و ج) کشیدگی تصویر از نوع Histogram Equalize.

در این تحقیق گسل‌های موجود در گستره‌ای با شعاع ۱۰۰ کیلومتر مورد شناسایی قرار گرفتند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که تعداد گسل‌های فعال و مهم، نسبت به موارد شناسایی شده در نقشه‌های موجود در گستره‌ی طرح مطالعاتی بیشتر می‌باشند. تصویر پردازش شده محدوده مورد مطالعه به همراه گسل‌های شناسایی شده در شکل (۲) به نمایش درآمده است. این تصویر شامل ۵۳ گسل با طول بیش از ۱۵ کیلومتر می‌باشد. در نهایت نتایج بدست آمده بصورت یک Shapfile خطی به محیط GIS منتقل شدند و قسمت‌هایی که در محدوده مطالعاتی مکان‌یابی واقع شدند (برگه یکصد هزار اردستان)، با استفاده از دستور کلیپ، برش داده شده و از بقیه قسمت‌ها جدا گردیدند.



شکل ۲- تصویر پردازش شده داده‌های TM محدوده مورد مطالعه به همراه گسل‌های شناسائی شده

Figure 2: Processed image of TM data with studied faults

1. High Pass
2. Sun Angle

لازم به ذکر است که برای بدست آمدن واحدهای همگن و کمی کردن عوامل، در مورد برخی از عوامل مانند فاصله از آبراهه و گسل با استفاده از تابع Distance برای این مناطق حریم تعریف گردیده است. افزون بر اینها، رده بندی نقشه‌های زمین شناسی، نفوذپذیری سنگ بستر و کاربری اراضی با توجه به محتویات هر لایه انجام گرفته است. همچنین اطلاعات ضخامت آبرفت و عمق آب زیرزمینی که بصورت داده‌های نقطه‌ای وارد نرم‌افزار گردیدند، به روش Kriging درون‌یابی شده و سپس با اندازه پیکسل ۳۰ متر ذخیره گردیدند. این لایه‌ها نیز با توجه به محتویاتشان رده‌بندی شده‌اند.

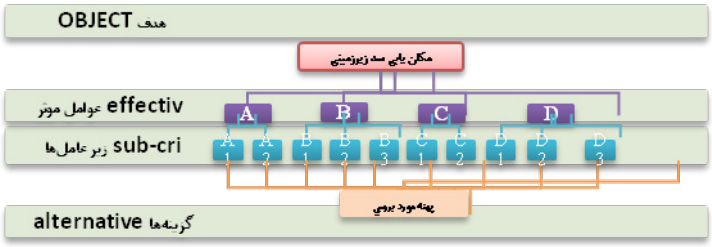
نتایج

انجام روش تحلیل سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[3] بر مقایسه زوجی معیارها استوار است. در این سیستم ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل در نظر گرفته شده و سپس امتیاز دهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به هر معیار، ضرایبی به دست می‌آیند که مدل نهایی براساس آنها ارائه می‌گردد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشتر در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مسایلی بکاربرده می‌شود که در آنها هدف انتخاب بهترین گزینه یا اولویت‌بندی گزینه‌ها می‌باشد، و وزن‌های نهایی به صورت عددی ارایه می‌گردد. تحلیل سلسله مراتبی بکار رفته در این روش از نوع سلسله مراتبی وظیفه‌ای با ساختار ناقص و با استفاده از دانش کارشناسی می‌باشد. در سلسله مراتبی وظیفه‌ای، اجزاء به صورت اعتباری یا وظیفه‌ای با هم مرتبط بوده و تشکیل یک سیستم را می‌دهند. اهمیت این اجزاء و عوامل در شرایط مختلف متغیر بوده و در برخی مواقع ممکن است این عوامل حذف و یا اضافه شوند. همچنین در سلسله مراتبی ناقص عوامل به زیر عامل‌های دیگری تقسیم می‌شوند، اما معیارهای جزیی‌تر همگی با تمامی معیارهای سطح بالاتر بعدی مقایسه نمی‌گردند. در این روش کلاس‌های هر عامل موثر تنها در داخل آن عامل و در مقایسه با دیگر کلاس‌های آن عامل از لحاظ تاثیر مقایسه می‌گردد. عملیات وزن دهی فاکتورها در تحلیل سلسله مراتبی به سه روش استفاده از دانش کارشناسی، داده‌ای و استفاده از دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت توام می‌باشد. همانطور که اشاره شد در این تحقیق از دانش کارشناسی استفاده گردیده است. در این روش با توجه به نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و استفاده از اطلاعات موجود، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می‌گیرد. اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند [۷]. در این ساختار در سطح اول هدف سلسله مراتبی، در سطح دوم عوامل موثر در مکان‌یابی سد زیرزمینی، در سطح سوم رده‌های عوامل موثر و در سطح چهام نیز گزینه‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۳).

3. Analytical Hierarchyy Process

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی برای پهنه بندی

Figure 3. Hierarchical structure for zonation

جدول ۱- وزندهی به عوامل براساس ارجحیت [۷].

Table 1- Weighting factors by priority

مقدار عددی Numerical values	ترجیحات Preferences
9	کاملا مهمتر Much more important
7	ترجیح قوی Strong preference
5	مهم Important
3	کمی مهم A little important
1	اهمیت یکسان The same importance
2.4.6.8	ترجیحات بینابین Intermediate preferences

ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه وزن آیتم‌ها (عوامل وکلاس‌ها)

پس از تشخیص عوامل موثر در مکان یابی سد زیرزمینی در منطقه اردستان، پرسش‌نامه‌هایی برای اولویت بندی عوامل نسبت به هم با در نظر گرفتن محل احداث سد زیرزمینی تهیه گردید. جهت کمی کردن قضاوت‌ها و اعمال آنها در ماتریس مقایسه زوجی اولویت هریک از عناصر نسبت به عنصر دیگر یکی از حالت‌های زیر خواهد بود (جدول ۱). بر اساس این جدول عوامل و معیارها در تحلیل سلسله مراتبی به صورت عددی و بین ۱ تا ۹ رتبه‌بندی می‌شوند. عدد ۹ به معنی ارجحیت کامل یک عامل نسبت به عوامل دیگر می‌باشد. سپس نتایج حاصل با هم تلفیق شده و ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس قضاوت‌های کارشناسی برای عوامل و زیرعامل‌ها تشکیل می‌گردد. در جدول (۲) ماتریس مقایسه زوجی عوامل شرکت کننده در ساختار سلسله مراتبی و در جدول (۳) ماتریس مقایسه زوجی رده‌های شیب برای نمونه آمده است.

نرمال نمودن داده‌ها و محاسبه وزن عوامل و کلاس ها

پس از تشکیل اولویت‌بندی جهت بی بعد کردن داده‌ها و بدست آوردن وزن پارامترها از روش میانگین حسابی(یکی از روش‌های تقریبی) استفاده شده است. بدین منظور، ابتدا جمع مقادیر هر یک از ستون‌ها را بدست آورده، سپس نسبت مقادیر هر پارامتر را به جمع تمامی ستون‌های مربوط به آن پارامتر بدست می‌آوریم، در مرحله

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی عوامل موثر

Table 2. Comparative matrix of effective factors

معیارها Criteria	A	B	C	D	E	F	G
*A	1	3	3	7	9	9	9
B		1	3	5	7	8	9
C			1	3	7	8	9
D				1	5	7	7
E					1	3	5
F						1	3
G							1
مجموع Sum	2.1	4.9	7.7	16.4	29.5	36.3	43

***A، شیب، B، عمق آب زیرزمینی، C، ضخامت آبرفت، D، فاصله از آبراهه، E، نفوذپذیری پی سنگ، F، فاصله از گسل، G، کاربری اراضی.**

A *, slope, B, groundwater depth, C, alluvium thickness, D, distance from the waterway, E, permeability of the substructure, F, distance from fault, G, land use.

جدول ۳- ماتریس مقایسه زوجی رده‌های شیب

Table 3. Comparison matrix of slope classes

شیب ٪ Slope	0-10	10-20	>20
0- 10	1	7	9
10-20		1	5
>20			1
مجموع Sum	1.254	8.2	15

بعد میانگین مقادیر عناصر در هر سطر را محاسبه کرده تا وزن پارامتری که در آن سطر قرار دارد، بدست آید. در جدول (۴) نتایج حاصل از نرمالیزه نمودن ماتریس‌های مقایسه زوجی عوامل موثر و در جدول (۵) زیرعامل‌ها یا کلاس‌های شیب (slop) به عنوان نمونه آمده است. ستون متوسط(میانگین هر سطر) در ماتریس نرمالیزه وزن نسبی هر عنصر را نشان می‌دهد. پس از محاسبه وزن نسبی عوامل، برای محاسبه وزن نهایی کلاس‌ها یا زیر عامل‌ها، وزن‌های

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴- ماتریس نرمالیزه و وزن نسبی معیارهای موثر با استفاده از دانش کارشناسی

Table 4: Normalized Matrix and Relative Weights of Effective Criteria

Criteria معیارها	A	B	C	D	E	F	G	متوسط Average
*A	0.467	0.61	0.39	0.425	0.3	0.25	0.21	0.38
B	0.21	0.22	0.24	0.3	0.39	0.203	0.155	0.245
C	0.21	0.22	0.24	0.182	0.13	0.067	0.155	0.172
D	0.163	0.193	0.170	0.061	0.043	0.041	0.067	0.12
E	0.12	0.083	0.034	0.012	0.018	0.029	0.052	0.05
F	0.07	0.028	0.011	0.009	0.017	0.029	0.052	0.031
G	0.023	0.009	0.007	0.009	0.014	0.023	0.052	0.019
Sum مجموع	1	1	1	1	1	1	1	1

جدول ۵- ماتریس نرمالیزه کلاس های شیب

Table 5. Normalized Matrix of Slope Classes

شیب ٪ Slope	0-10	10-20	>20	متوسط
0- 10	0.797	0.854	0.6	0.75
10-20	0.114	0.122	0.333	0.189
>20	0.088	0.024	0.066	0.106
مجموع Sum	1	1	1	1

نسبی هر عامل در زیر عامل‌های مربوطه ضرب و وزن نهایی زیر عامل‌ها بدست می‌آید (جدول ۶).

بنابراین با توجه به ماتریس نرمالیزه و وزن نسبی بدست آمده برای هر آیتم (جدول۴)، عامل شیب با ارجحیت ۰/۳۸ موثرترین عامل و عامل کاربری اراضی با ارجحیت ۰/۰۱۹ کم اثرترین عامل می‌باشد.

ابراین با توجه به ماتریس نرمالیزه و وزن نهایی بدست آمده برای هر آیتم، شیب ۰- ۱۰ درصد با ارجحیت ۰/۲۸۵ موثرترین عامل و زمین‌های بایر و سنگی از عامل کاربری اراضی با ارجحیت۰/۰۰۱ کم اثرترین عامل می‌باشد.

محاسبه نرخ ناسازگاری داده ها

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کنترل سازگاری تصمیم است. به عبارت دیگر همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود و نسبت به قابل قبول یا مردود بودن آن قضاوت نمود. نرخ ناسازگاری معیاری است جهت سنجش معناداری و دقت داده‌های وارد شده در ماتریس‌ها و مقدار قابل قبول آن در روش تحلیل سلسله مراتبی کمتر از ۰/۱ می‌باشد. برای محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس، پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی (A) و بدست آوردن بردار وزن (W). ماتریس مقایسه زوجی (A) را در بردار وزن(W) ضرب نموده تا تخمین مناسبی از λmax W بدست آید به عبارتی A×W= λmax W می‌باشد. با تقسیم λmax W بر W مربوطه مقدار λmax محاسبه می‌شود. پس از محاسبه متوسط λmax مقدار شاخص ناسازگاری را از طریق رابطه زیر (۱) می‌توان محاسبه نمود (۷).

$$I.I. = (\lambda max - n)/(n-1) \quad (1)$$

I.I= شاخص ناسازگاری، n= بعد ماتریس

نرخ ناسازگاری نیز از رابطه (۲) بدست می‌آید:

$$I.R. = (I.I.)/(I.I.R.) \quad (2)$$

I.I.R = نرخ ناسازگاری ماتریس های تصادفی و I.R= نرخ ناسازگاری

جدول ۷- I.I.R ماتریس‌های تصادفی (۷)

n	1	2	3	4	5
I.I.R	0	0	0.58	0.9	1.12
n	6	7	8	9	10
I.I.R	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶- وزن نهایی زیر عامل‌های موثر در مکان‌یابی

Table 6. Final weight of the sub effective factors in locating

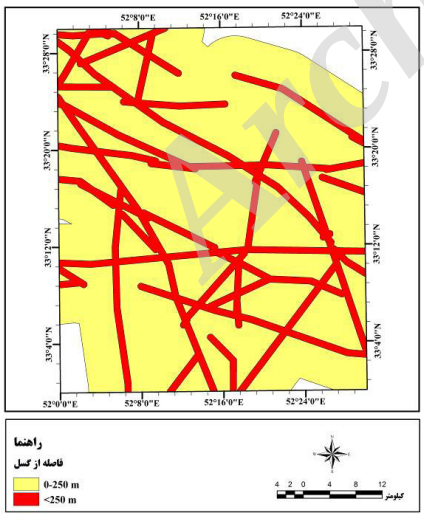
عامل factor	وزن نسبی Relative weight	کلاس Class	وزن نسبی Relative weight	وزن نهایی final weight	عامل factor	وزن نسبی Relative weight	کلاس Class	وزن نسبی Relative weight	وزن نهایی final weight
ضخامت آبرفت Alluvium Thickness	0.172	656 - 30	0.632	0.11	عمق آب زیرزمینی (متر) Underground water depth (m)	0.45	5 - 25	0.632	0.55
		0 - 6	0.316	0.054			0 - 5	0.316	0.08
		>30	0.052	0.009			25>	0.052	0.13
Slope شیب ٪	0.38	0 - 10	0.75	0.285	فاصله از گسل (متر) distance from fault (m)	0.31	250>	0.9	0.28
		10 - 20	0.189	0.72			0 - 250	0.99	0.03
		20>	0.106	0.04					
کاربری اراضی Land cover	0.019	مناطق زراعی Crop Areas	0.702	0.013	فاصله از آبراهه (متر) Distance from river (m0	0.12	0 - 500	0.65	0.08
		Forest جنگل	0.243	0.005			0 - 1500	0.26	0.032
		زمی‌ن بایر Wasteland	0.0556	0.001			1500>	0.08	0.01
					نفوذپذیری Permeability	0.05	پایین Low	0.7	0.035
							متوسط Moderate	0.243	0.012
							بالا High	0.056	0.003

بنابراین برای محاسبه نرخ ناسازگاری داده‌ها از روش میانگین حسابی استفاده نموده و مقدار آن برای ماتریس عوامل موثر (جدول۲) برابر ۰/۰۱ بدست آمد که قابل قبول می‌باشد.

نتایج آماده سازی لایه‌ها در محیط ARC GIS:

برای انجام محاسبات یاد شده و اعمال صحیح اوزان به دست آمده برای تک تک پارامترها و به دست آوردن خروجی مدل یعنی نقشه پهنه‌بندی احداث سد زیرزمینی از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 استفاده گردیده است.

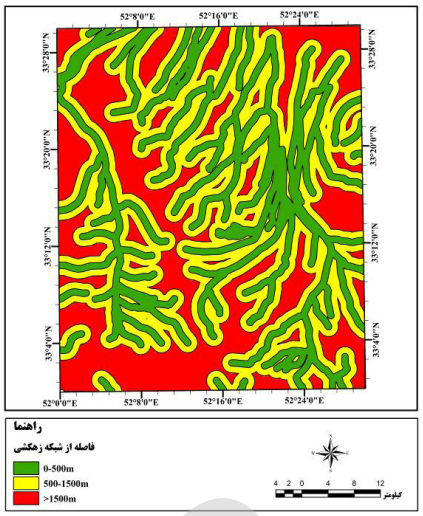
پس از تعیین وزن لایه‌ها به روش پیش گفته و محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها و تایید قابل قبول بودن داده‌ها، وزن‌های نهایی زیر عامل‌ها جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه اعمال گردید. بدین منظور در بانک اطلاعاتی (Attribute Table) کلیه لایه‌ها فیلدی به نام weight افزوده شد و وزن‌های هر طبقه از لایه اطلاعاتی در آن وارد گردید و سپس نقشه‌های وزنی عوامل مورد نظر تهیه گردید. نقشه‌های وزنی بدست آمده از عوامل مؤثر در مکان‌یابی سد زیرزمینی به روش AHP، در اشکال ۴ تا ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۴- نقشه فاصله از گسل

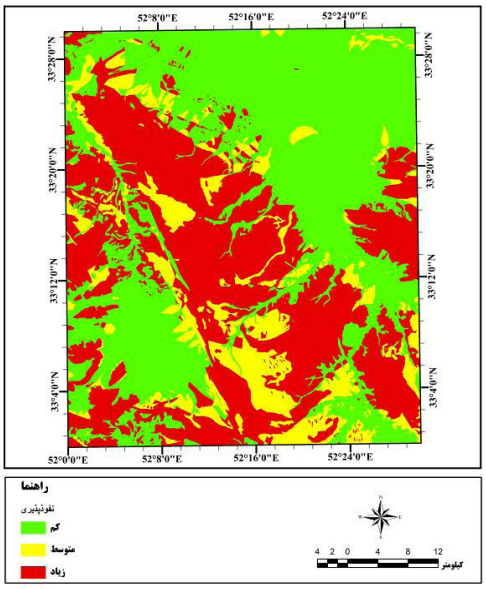
Figure4. distance from fault

Archive of SID
www.SID.ir



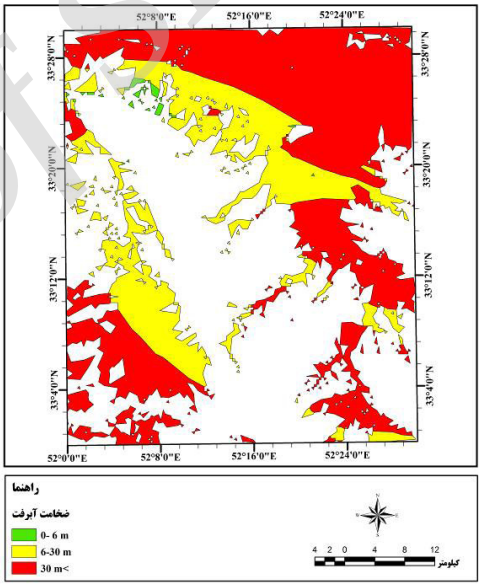
شکل ۵- نقشه فاصله از شبکه زهکشی

Figure5. distance from river



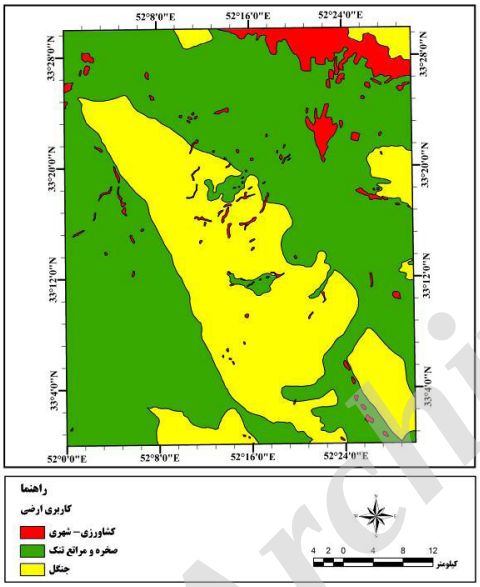
شکل ۷- نقشه ضخامت آبرفت

Figure 7. Alluvial thickness map



شکل ۶- نقشه نفوذ پذیری

Figure6. infiltration map



شکل ۸- نقشه کاربری اراضی

Figure8. land use map

تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه مناطق مناسب

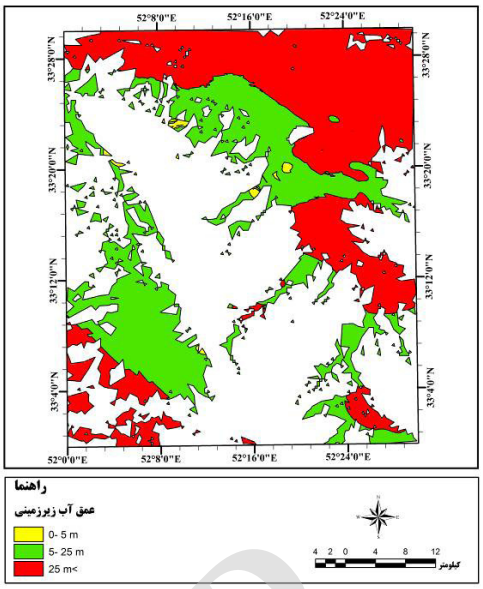
جهت ارایه نقشه نهایی لایه‌های اطلاعاتی تهیه گردیده شامل شیب، ضخامت آبرفت یا عمق سنگ کف، عمق آب زیرزمینی، فاصله از آبراهه، نفوذپذیری پی سنگ، فاصله از گسل و کاربری اراضی با اعمال وزن‌های نهایی بدست آمده از روش AHP، با استفاده از تابع یا عملگر Union هم پوشانی (Overlay) گردیده است. پس از تلفیق لایه‌های فوق نقشه نهایی مکان‌یابی سد زیرزمینی، با استفاده از عملگر Query Builder و رابطه (۳) بدست آمده است.

رابطه (۳)

$final_w$= (perm×0.035) and (landuse×0.013 and (drinage×0.08) and (fault×0.028)and (slop×0.028) and (thick.alluv×0.11) and (grond water×0.155))

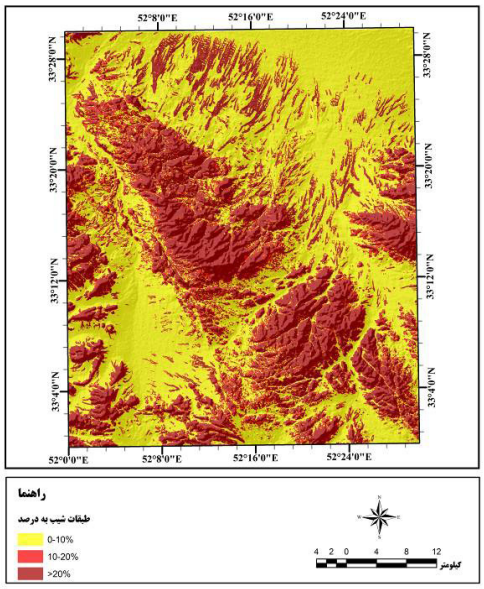
همانطور که در رابطه فوق مشاهده می‌گردد ترکیب این لایه‌ها با اندیس and صورت گرفته است. بنابراین تنها مناطقی که کلیه شرایط در نظر گرفته شده جهت مکان‌یابی سد زیرزمینی را دارا می‌باشند، در نقشه نهایی نمایان می‌گردند.

Archive of SID
www.SID.ir



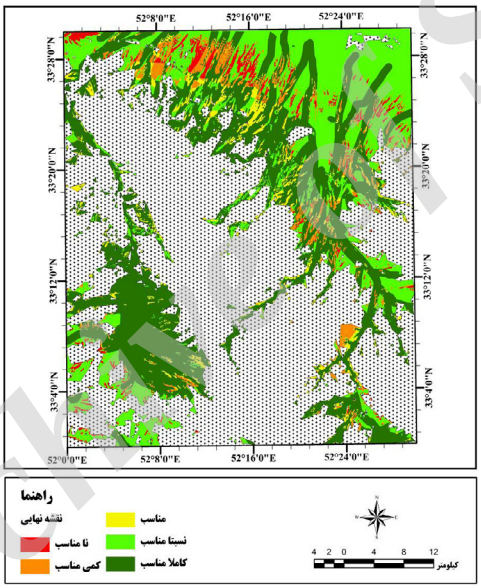
شکل ۹- نقشه عمق آب زیر زمینی

Figure 9 - Underground water depth map



شکل ۱۰. نقشه شیب

Figure10. slope map



شکل ۱۱. نقشه نهایی پهنه بندی

Figure12. final zonation map

نقشه نهایی (شکل ۱۲) شامل مناطق نا مناسب تا کاملاً مناسب جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد. در این نقشه مناطق با وزن بیشتر از ۰/۵ بعنوان گزینه‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد. این گزینه‌ها مخروط افکنه‌هایی با جهت شمالی- جنوبی و شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشند. انجام بازدیدهای میدانی از این مناطق پیشنهادی می‌تواند در اولویت بندی این مناطق تاثیر بسزایی داشته باشد.

بحث و نتیجه گیری

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با توانایی بالا در کاربرد توابع و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف و همچنین امکان استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نتایج حاصل از تفسیر این تصاویر، ابزار منحصر به فردی در مکان‌یابی می‌باشند. بدون استفاده از GIS، انجام مطالعات مکان‌یابی در مقیاس گسترده و با سرعت و دقت مناسب بسیار مشکل و هزینه بر می‌باشد. استفاده از روش AHP، با توجه

Archive of SID
www.SID.ir

به طیف وسیع کلاس‌بندی، قدرت تصمیم‌گیری کارشناسان را بالاتر می‌برد. همچنین قابلیت‌های این سیستم باعث تسهیل قضاوت و محاسبات می‌گردد. با بررسی این روش مشخص می‌گردد که با اعمال لایه‌های اطلاعاتی مختلف به ترتیب اهمیت، می‌توان اقدام به مکان‌یابی برای هدف مورد نظر نمود. در این پژوهش عوامل شیب، عمق آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، فاصله از آبراهه، نفوذپذیری پی سنگ، فاصله از گسل و کاربری اراضی در مکان‌یابی سد زیرزمینی موثر بوده‌اند. همچنین از میان کلاس‌های تعیین شده در مکان‌یابی سد زیرزمینی، با توجه به وزن نهایی آنها کلاس شیب۰ – ۱۰ درصد بیشترین تأثیر و کلاس زمین‌های بایر و سنگی از عامل کاربری اراضی کمترین تاثیر را داشته است. بررسی تمام فاکتورهای موثر در پهنه‌بندی و نقشه مکان‌یابی نهایی، مخروط افکنه‌های واقع در قسمت‌های غربی، شمالی و مرکزی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ اردستان را برای احداث سدهای زیرزمینی پیشنهاد می‌نماید. در نقشه نهایی (شکل ۶) مناطق با شیب کمتر از ۱۰ درصد، عمق آب زیرزمینی ۲۵– ۵ متر، ضخامت آبرفت ۳۰– ۶ متر، فواصل بیشتر از ۲۵۰ متر از گسل‌ها و کمتر از ۵۰۰ متر از آبراهه‌ها با در نظر گرفتن محدوده‌های آبرفتی جوان و سنگ بستر نفوذناپذیر که نزدیک به مناطق مسکونی و زمین‌های زراعی باشند، از دیگر نواحی جدا گردیده است. این مناطق کلیه شرایط ژئومتریک و جغرافیایی مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی که در بالا آمده را دارا بوده و جهت مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردند. با انجام بازدیدها و مطالعات میدانی و در نظر گرفتن عوامل دیگری نظیر نیاز آبی منطقه و تاثیرات اجتماعی و زیست محیطی، گزینه‌های پیشنهادی در نقشه نهایی اولویت‌بندی می‌گردند. شناسایی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی، تعیین عوامل مهم و موثر در شناسایی این مناطق، معیارهای موثر در شناسایی و تعیین قابلیت تکنیک‌های GIS و AHP از مهمترین دستاوردهای این تحقیق می‌باشد.

مراجع

1. Afkar, M. R. 2010. Site Selection inclind for creatinn underground dam in province Khorassanjonoobi by emphasis specialyin Rikhan Birjand site, M.Sc. Thesis engineering geology, Mashhad Ferdosi Univercity. : 105. **(In Persian)**
2. Amin Pajooh Sepahan Company Engineering Definit, 2010. Report studies geophysics and engineering geology Masbandy underground dam, Research Center Agriculture and Natural Sources: 75. (In Persian)
3. Atiqur, R. 2008. A GIS based drastic model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in aligarh, India, Applied Geography, . 28: 32- 53.
4. ESRI. 2009.ArcGIS 9.3.1.
5. Forzieri, G. Gardenti, M. and Caparrini, F. 2008. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surfaceand underground small dams in arid areas, A case study in the region of Kidal: Physics and Chemistry of the Earth, 33: 74- 85.
6. Foster, S. Azevedo, G. and Baltar, A. 2002. Subsurface dams to Augment ground water storage in basement terrain for human subsistence: Brazilian experience, Universidad Federal, 82: 49- 56.
7. Ghodsipour, S.H. 2009. Analytical Hierarchy Process (AHP). Tehran: Amirkabir University Publication. (In Persian)
8. Ishida, S. Fazal, M. A. Ishida, S. and Imaizumi, M. 2003. Construction of subsurface dam and their impact on the environment, RMZ-Materials and Geoenvironment, 50: 149- 152.
9. Janardhana, R. N. and Munirathnam, P. 2006. Subsurface dams to harvest rainwater, A case study of the swarnamukhi river basin, Southern India, Department of Geology, Banaras Hindu University, 14: 526- 531.
10. Kaijun, J. Hiroyasu, F. and Yuji, O. 2001. Water resource development in the quaternary ryukyu limestone regions of japan, Application of the GIS to the site selection of underground Dams, 75: 3, 254- 259.
11. Kheirkhah Zarkesh, M. Salami, H. and Naseri, H. R. 2008. Suitable site selection for construction of groundwater dams using analytical hierarchy process (AHP), GIS International conference along with ISPRS workshop.
12. Krishnamurthy, J. Man, A. and Jayaraman, V. 2000. Groundwater resources development in hard rock terrain- an approach using remote sensing and GIS techniques, AVG, 2: 204- 215.
13. Nicknajad, a. 2010. Site selection underground dam (case study Kat basin), M.Sc. Thesis, Tehran Univercity: 119. (In Persian)
14. Nilsson, A. 1985. Siting of groundwater dams for rural water supply in developing countries-hydro geological and planning aspects, Proceeding of the Fifth World Congress on Water Resources, 3: 1287-

Archive of SID
www.SID.ir

1296.

15. Oh, H. J. Kim, Y. S. Choi, J. K. and Parklee, E. S. 2011. GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang city, Korea, Journal of Hydrology, 399: 158- 172.

16. Onder, H. and Yilmaz, M. 2005. Underground dams a tool of sustainable development and management of groundwater resources, Publications Journal European Water, 11: 35- 45.

17. Rahimi, D. Soltanian M. and Movahedy, S. 2012. Zonation of Birjand Basin in Order to Facilitate Artificial Recharge of Groundwater Basins using the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method, American Journal of Scientific, 47:25- 30. (In Persian)

18. Saadati, M. 2001. Determining site selection index for creation underground dam dramatist flow model mathematic on the underground dam, M.Sc. Thesis, Sanaati Esfahan Univercity: 116. (In Persian)

19. Saaty, T. L. 1980. The Analytical Hierarchy Process, Planning Priority, Resource Allocation, TWS

20. Saaty, T.L. 1994. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications.

21. Soleymani, S. 2007. Engineering geology characterize evaluate for underground dams zonation using GIS & RS (case study of mashhad plain), M.Sc. Thesis engineering geology, Tarbiat Modares University: 75. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering
Vol. 12, No. 41, Summer 2018
سال دوازدهم- شماره ۴۱- تابستان ۱۳۹۷

Abstract

Site Selection of underground Dam Using GIS and AHP Model

A. R. Arabameri[1], M. Sohrabi[2], K. Rezaei[3] and K. Shirani[4]

Received:2016/06/01 Accepted : 2018/04/22

Creation of underground dam is a practical cure for the best use of water resources and true ground water management .One of the important and considerable problems for these dams is determining inclined areas for their creation. an Therefore, on this studied study has been determine suitable locations to for construction of subsurface dams has been determined on the Ardestan plain in the north eastern part of Isfahan by using some key criteria and Geographic Information System. In this regard, by considering geological engineering criteria, effective factor on the determining suitable case for construction of subsurface dams were defined. At this time on the basis of some criteria decision technique and by using Analytical Hierarchy (AHP) method problem on the basis of necessary and effective criteria to be divided in small parts and different levels and careful by the expertise judge, calculated importance degree (weight) for any level. Then, at the regard to raise analytical care, velocity and easily calculated weights prepared for any index classes on the vector layer of the above criteria to be recorded on the Arc GIS, 9.3 environment and cases than most ratio have been determined. The Researches by this method, are suitable alternatives in the slopes and alluvial fans of adjacent mountains in the western and north eastern part of Ardestan with the scale of 1/100000 sheet in order to construct the subsurface dam.

Keywords: Site selection, Underground dam, GIS, AHP.

Archive of SID

1.Corresponding author and PhD Student of Geomorphology, Faculty of Geographic Science and Planning, Tarbiat Modarres University, Tehran. E-mail: Alireza.ameri91@yahoo.com
2. MSC. department of civil engineering,urmia branch,islamic azad university,urmia.
3.Assistant Professor of sedimentology, Geology Department, Kharazmi University, Tehran.
4.Assistant professor, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Isfahan.

www.SID.ir