



دوره ۳۲، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۳۲، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۸۳-۷۳  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2019.101703.1016

# پژوهش‌های آبخیزداری

## مکان‌یابی ساخت سدهای زیرزمینی به روش تحلیل سلسله‌مراتبی گسترده در آبخیز شهر خرم‌آباد

فرشته ملکی\*

(نویسنده‌ی مسئول)\* کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه لرستان

ناصر طهماسبی پور

استادیار دانشگاه لرستان

علی حقی‌زاده

استادیار دانشگاه لرستان

حسین زینی‌وند

استادیار دانشگاه لرستان

بهروز ابراهیمی

کارشناس ارشد آب منطقه‌ای لرستان

\*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: fershteh.maleky176@yahoo.com

تاریخ دریافت: تاریخ دریافت: ۱۱ مهر ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۷

### چکیده

یکی از راه‌های رسیدن به توسعه‌ی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک ساخت سد زیرزمینی است، که به دلیل تبخیر زیاد در این مناطق اهمیت ویژه‌ی دارد. در این پژوهش آبخیز خرم‌آباد برای شناسایی مکان‌های مناسب سد زیرزمینی با روش تحلیل سلسله‌مراتبی انتخاب و امکان کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی ارزیابی شد. همگام با بررسی پیشینه‌ی تحقیق و اصلاح برخی اطلاعات پایه پیمایش‌های صحرایی متعدد انجام شد. با استفاده از روش جی‌آی‌اس معیارهای مکان‌یابی (محور-مخزن-پوشش-اقلیم و آب) مشخص شد. ابتدا محدوده‌هایی که در آن امکان ساخت سد زیرزمینی بود مشخص، و نقطه‌های مناسب موجود در این محدوده‌ها شناسایی شد. سپس ارزیابی نقطه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها برای ساخت سد زیرزمینی با استفاده از روش نظرسنجی از متخصصان (تحلیل سلسله‌مراتبی گسترده) انجام شد و لایه‌های تهیه‌شده‌ی هر معیار با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی گسترده با توجه به نقش آن در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی امتیازدهی و وزن‌دهی شد، و لایه‌ها در نرم‌افزار ARC GIS با یکدیگر تلفیق شد. نتایج نشان داد که تحلیل سلسله‌مراتبی گسترده روشی است که اهمیت معیارهای موثر در مکان‌یابی را نشان می‌دهد و بر معیارهای کیفی تاکید دارد، برای وقتی که شمار معیارها زیاد باشد کاربردی‌تر است، و معیارهای کمی را در نظر نمی‌گیرد.

واژگان کلیدی: سدهای زیرزمینی، سلسله‌مراتبی، مکان‌یابی، GIS

### مقدمه

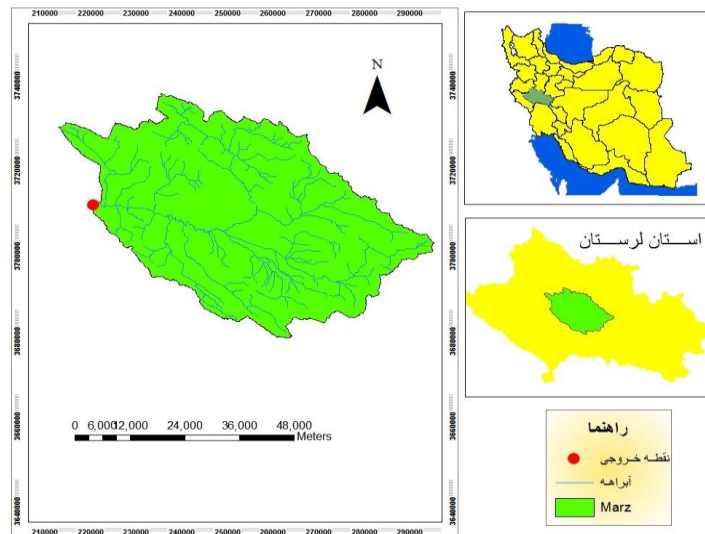
سد زیرزمینی سازه‌ی است که توانایی مسدود کردن آب در سفره‌های مجاور، بالابردن تراز آب زیرزمینی، ذخیره کردن و دسترس قرار دادن آب زیرزمینی را دارد. این سازه‌ها در مناطقی به کار می‌رود که جریان آب‌های زیرزمینی در طول سال تغییر زیادی می‌کند، و قاعده‌ی کلی این است که آب به‌جای ذخیره شدن در سطح، در زیر زمین ذخیره می‌شود (سلامی ۲۰۰۶). مهم ترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین محل مناسب ساخت سد است. معیارها و عوامل زیادی مانند معیارهای فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی در مکان‌یابی مناسب آن‌ها دخالت دارد. بررسی و تعیین این عوامل در عرصه با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پرهزینه است و نیاز به صرف وقت بسیار دارد. بهترین وسیله برای یافتن محل مناسب سدهای زیرزمینی ترکیب کردن عکس‌های هوایی و تصویرهای ماهواره‌ی همراه با مطالعه‌ی نقشه و کنترل صحرایی است. سد زیرزمینی سازه‌ی است که جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی را مسدود می‌کند و سبب ایجاد ذخایر آبی در زیرزمین می‌شو. اونسدر و یلماز (۲۰۰۵) عوامل زمین‌شناختی و زمین‌ساختی، زمین‌ریخت‌شناسی، سامانه‌های زمین‌شناختی و شرایط اقلیمی را از جمله عوامل اصلی در انتخاب مکان‌های مناسب برای ساخت این می دانست. فورزئیری و همکاران (۲۰۰۸) روش انتخاب نقطه‌های مناسب را برای ساخت سدهای زیرزمینی کوچک در مناطق خشک با پژوهشی در منطقه‌ی کیدال مالی بررسی کردند. انتخاب نقطه‌های مناسب در سه مرحله‌ی شناسایی آن‌ها با تفسیر تصویرهای ماهواره‌ی و نقشه‌های بزرگ‌مقیاس، انتخاب کیفی نقطه‌های شناسایی شده براساس ویژگی‌های کارکردی و ژئومورفیکسی و اولویت‌بندی نقطه‌ها با روش تصمیم‌گیری چند معیاره انجام گرفت. نتیجه‌ی به دست آمده نشان داد که این روشی کلی برای نقطه‌های مناسب برای ساخت سدهای زیرزمینی است و تفسیر ماهواره‌ی و نقشه‌های بزرگ‌مقیاس ابزارهای بارز روشی برای تحلیل زمینی مقدماتی و ویژگی‌های تکنیکی است. حسنلو و همکاران (۲۰۰۹) در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ی در دشت زنجان منطقه‌ی نیمه‌خشک دشت زنجان در حوزه‌ی زنگان رود را برای تعیین مکان مناسب ساخت سد زیرزمینی بررسی کردند. ویژگی‌های زمین‌شناسی، پستی و بلندی، هیدرولوژی، کاربری زمین‌های منطقه با عکس‌های هوایی، تصویرهای ماهواره‌ی و نقشه‌های پستی و بلندی موجود بررسی شد. با استفاده از اطلاعات و به‌کارگیری سامانه‌ی اطلاعات

جغرافیایی (GIS) و تصویرهای ماهواره‌ی لایه‌های اطلاعاتی مربوط استخراج، و پس از تلفیق آن‌ها مناطق مناسب مشخص شد. ناصری و همکاران (۲۰۰۶) برای تعیین مناطق مناسب ساخت سد زیرزمینی با استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، در دامنه‌های شمالی کو‌های کرکس، با استفاده از شاخص ظرفیت آبرفتی مناسب‌ترین نقطه را برای ساخت سد زیرزمینی روی قنات شناسایی و تعیین کردند. جمع‌بندی مطالعات گذشته نشان داد که استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری به‌همراه بازبدهای صحرایی نقش مؤثری در کاهش هزینه‌ها و زمان تعیین نقطه‌های مناسب ساخت سدهای زیرزمینی داشته است، شهرودی و همکاران (۲۰۱۲) از روش چند معیاره مکانی ANP برای تصمیم‌گیری صنعتی در شهر رشت استفاده کردند که نتیجه نشان دادند که ANP روشی مؤثر کم هزینه با کیفیت است که ارتباط مؤثر معیارها را بخوبی نشان می‌دهد. امینی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی در مالزی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای توریسم پایدار از روش ANP استفاده کردند. خالدی و همکاران (۲۰۱۴) در مصر با ترکیب ارزیابی چند معیاره‌های مکانی ANP و GIS برای انتخاب مکان مناسب برای توسعه توریسم بکاربرد. عوامل و معیارهای مکانی مناسب گردشگری را بررسی کرد. نتیجه این مطالعه نشان داد که استفاده از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری به همراه بازبدهای صحرایی نقش مؤثری در کاهش هزینه‌ها و زمان تعیین نقاط مناسب احداث سدهای زیرزمینی داشته و روش تحلیل سلسله مراتبی ابزاری توانمند جهت مرتب کردن معیارها در ساختار درخت تصمیم‌گیری است.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی آبخیز شهر خرم‌آباد

آبخیز شهر خرم‌آباد بین طول جغرافیایی  $55^{\circ}47'$  تا  $50^{\circ}48'$  و عرض جغرافیایی  $40^{\circ}32'$  تا  $34^{\circ}20'$  در شرق آبخیز کرخه است. وسعت آن  $2501/4$  کیلومتر مربع است. آب‌وهوای خرم‌آباد تقریباً معتدل است. هوای آن در زمستان معتدل تا کمی سرد و در تابستان نسبتاً گرم است. متوسط ماهانه‌ی دما در سردترین ماه زمستان حدود  $6^{\circ}C$  و متوسط ماهانه‌ی دما در گرم‌ترین ماه تابستان حدود  $30^{\circ}C$  است، در حالی که کم‌ترین دمای مطلق در زمستان تا  $13^{\circ}C$  - و بیش‌ترین دمای مطلق در تابستان به  $47^{\circ}C$  نیز می‌رسد.



شکل ۱- موقعیت آبخیز شهر خرم‌آباد.

باشد، بنابراین معمولاً با ارتفاعی بین ۳ تا ۴ متر، و در مناطقی با شیب کم‌تر از ۵٪ ساخته می‌شود، خصوصیات آن که بیش‌تر در دره‌ها یا رودخانه‌های باریک و یک‌دست یافت می‌شود.

#### روش تحقیق

روش انجام کار را به‌طور کلی می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

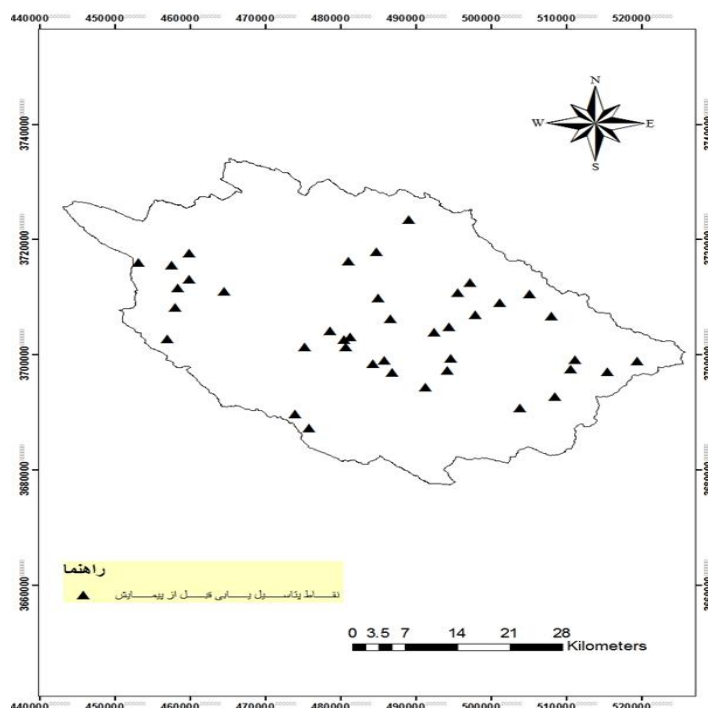
- ۱- شناسایی و انتخاب محدوده‌های ممکن برای ساخت سدهای زیرزمینی
- ۲- شناسایی نقطه‌های مناسب در این محدوده‌ها
- ۳- ارزیابی نقطه‌ها نسبت به یک‌دیگر، و اولویت‌بندی آن‌ها برای ساخت سدهای زیرزمینی

در مرحله‌ی اول محدوده‌های مناسب ممکن برای ساخت سد زیرزمینی مشخص شد. با در نظر گرفتن ملاک‌های برگزیده، مناطق نامناسب از میان تعداد زیادی مناطق ممکن، حذف کرده‌شد، تا مناطق مناسب مشخص شود. در مرحله‌ی دوم نقطه‌های مناسب در داخل محدوده‌ها مشخص شد، که برای آبخیز شهر خرم‌آباد ۴۰ مکان شناسایی بود.

#### جمع‌آوری اطلاعات

در اولین گام در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی باید بانک اطلاعاتی فراهم آورده شود. این بانک اطلاعاتی شامل نقشه‌ها، تصویرهای ماهواره‌ای و اطلاعات جمع‌آوری شده از پیمایش‌های صحرایی بود. صحت اطلاعات موجود و تطبیق آن‌ها با یک‌دیگر سنجیده شد، و اطلاعات و نقشه‌های پایه با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از پیمایش‌های صحرایی اصلاح شد. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصویرهای ماهواره‌ای مربوط، مرز آبخیز مشخص شد. **شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عوامل مهم در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی**

سدهای زیرزمینی را نمی‌توان در هر نقطه‌ی ساخت. با توجه به خصوصیات و اقلیم منطقه باید بهترین مکان برای ساخت آن‌ها در نظر گرفته شود. منطقه‌ی برگزیده از نظر اقلیمی باید شرایط زیر را داشته باشد: اقلیم آن خشک و نیمه خشک باشد، و بارش آن کم یا نامنظم، یا در فصل‌هایی باشد که به آن احتیاج نیست. سد زیرزمینی باید با کم‌ترین هزینه بیش‌ترین حجم مخزن داشته



شکل ۲- نقشه‌ی پراکنش نقطه‌های ممکن برای سد زیرزمینی قبل از پیمایش صحرائی.

نقشه‌ی هم‌بارش از رابطه‌ی گرادیان  $Y = 0.144X + 284$  به دست آمد، که در آن  $Y$  مقدار بارش (میلی متر) و  $X$  ارتفاع نقطه (متر) با ضریب همبستگی  $0.87$ ، نقشه‌ی دمایی از رابطه‌ی گرادیان  $Y = -0.008X + 26.67$  با ضریب همبستگی  $0.95$  به دست آمد که در آن  $X$  ارتفاع از سطح دریا و  $Y$ ، متوسط دمای سالانه است. در این رابطه‌ها به جای  $X$  مدل رقومی ارتفاعی گذاشته می‌شد تا نقشه‌ی هم‌بارش و هم‌دما به دست آید. از آن‌جا که دوری از گسل از مسائل مهم در ساخت سد است، خط گسل نیز با استفاده از نقشه‌ی زمین‌شناسی و تصویرهای ماهواره‌یی تهیه شد. برای نقشه‌ی گسل فاصله‌ی اقلیدسی استفاده شد، و نقشه‌ی کاربری زمین از روی تصویرهای ماهواره‌یی تهیه و تابع عضویت تعریف شد.

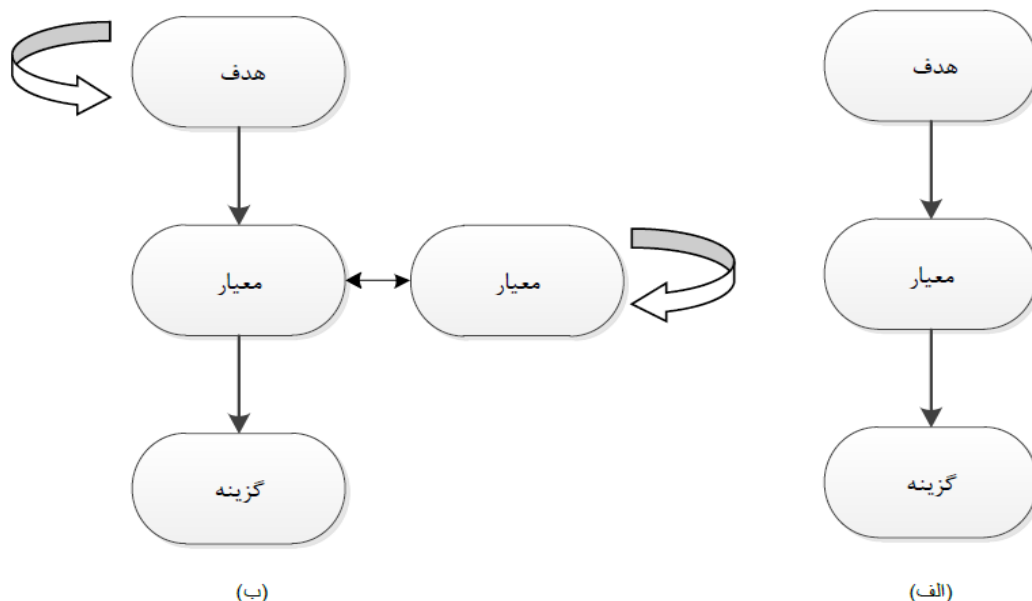
### فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی گسترده ANP

روش‌های زیادی برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها هست که از بین آن‌ها روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره بسیار مناسب است. دو ساختار مختلف در این تحلیل‌ها ساختار سلسله‌مراتبی و شبکه‌یی است، (شکل ۳). فرآیند تحلیل شبکه‌یی در سه مرحله صورت می‌گیرد.

### تهیه‌ی لایه‌های رقومی

برای دست‌یابی به نقشه‌ی شیب منطقه، نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع (DEM) <sup>۱</sup> منطقه به کار گرفته شد. نقشه‌ی شیب منطقه به سه رده‌ی ۰-۳، ۳-۵ و ۵-۱۰٪ طبقه‌بندی شد. نقشه‌ی تراکم آبراه‌ها روی مدل رقومی ارتفاعی با استفاده از نرم افزار ARC GIS تهیه شد.

با استفاده از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه، نقشه‌ی رقومی زمین‌شناسی استخراج شد. از آن‌جا که مکان‌یابی سدهای زیرزمینی عموماً در واحدهای دوران چهارم (کواترنری) انجام می‌شود، بخش‌هایی که سنگ‌های نفوذناپذیر و نامناسب داشت از مکان‌یابی حذف شد. بنابراین، واحدهای دوران چهارم باقی‌مانده و مهم شامل دشت آبرفتی کم‌شیب (Q) برای بررسی شایستگی مکان‌یابی سد زیرزمینی جدا شدند. تمام لایه‌های به‌کاررفته باید نقطه‌یی (رستری) و تعداد نقطه‌های وضوح (پیکسل) یکسانی داشته باشند، که برای این کار برای لایه‌های برداری مثل زمین‌شناسی تابع عضویت تعریف شد. امتیاز  $0.9$  به سازندهای مناسب ساخت سد زیرزمینی و امتیاز  $0.1$  به نامناسب‌ترین سازندها داده شد. در تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش‌های گیاهی بیش‌ترین امتیاز به پوشش مرتعی داده شد.



شکل ۳- تفاوت بین ساختار سلسله‌مراتبی (الف) و ساختار شبکه‌یی (ب)\*.

\* در ساختار شبکه‌یی همه‌ی وابستگی‌ها در نظر گرفته می‌شود.

بین گزینه‌ها، که هر گزینه ممکن است با گزینه‌های موجود در همان خوشه یا خوشه‌های دیگر ارتباط وابستگی داشته باشد. در این مطالعه تعیین خوشه‌ها و گزینه‌ها و روابط بین خوشه‌ها و گزینه‌ها با استفاده از نظر کارشناسان آگاه به شرایط منطقه و مطالعات پیشین بررسی شد، شبکه‌ی موردنیاز برای سنجش معیارها در ارزیابی مکان مناسب سد زیرزمینی ایجاد می‌شود (شکل ۴).

### مرحله ۱

ایجاد شبکه و تعیین معیارها و گزینه‌ها: ساخت مدل ANP نیازمند شناخت مسئله و تعیین معیارها (خوشه) و گزینه‌ها و تبیین روابط و اثرهای متقابل بین آن‌ها است. هر شبکه از مجموعه‌یی از خوشه‌ها تشکیل شده است که هر خوشه نیز خود یک یا چند گزینه دارد. به‌طور کلی دو نوع وابستگی در هر شبکه است. وابستگی بین خوشه‌ها در یک شبکه، و وابستگی

جدول ۱- معیارهای مکان‌یابی سد زیرزمینی آبخیز شهر خرم‌آباد.

مکان‌یابی سدهای زیرزمینی حوزه خرم‌آباد					
معیار	آب	محور	مخزن	پوشش	اقلیم
گره	رده‌بندی تراکم	سنگ‌شناسی	شیب	کاربری زمین	بارش
			نفوذ	پوشش گیاهی حوزه	دما

نسبت میزان اهمیت آن‌ها در برآورده شدن هدف با هم مقایسه می‌شود. برای استخراج کردن بردارهای اولویت (وزن) مربوط به وابستگی‌های داخلی گزینه‌ها در هر خوشه، و وابستگی‌های داخلی گزینه‌های هر خوشه و وابستگی‌های گزینه‌های دو خوشه، تمامی گزینه‌های وابستگی‌دار به‌روش زوجی با هم مقایسه می‌شود. پس از انجام دادن مقایسه‌ها می‌توان بردارهای

### مرحله ۲

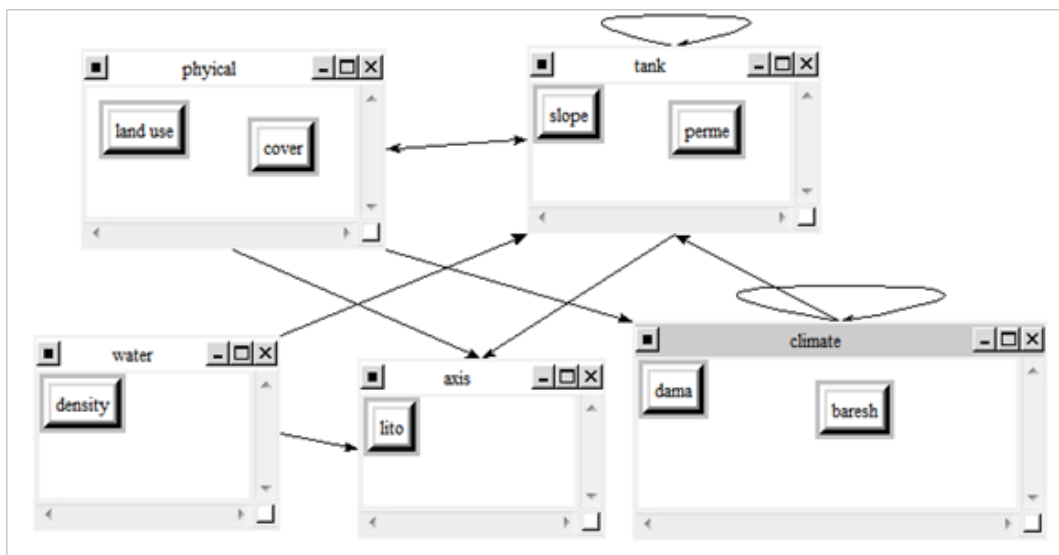
انجام دادن مقایسه‌های زوجی و به‌دست‌آوردن بردارهای وزن نسبی: مشابه فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، گزینه‌های تصمیم در هر خوشه به نسبت اهمیت آن‌ها نسبت به عامل تنظیم‌کننده به‌صورت زوجی و با استفاده از مقیاس ۹ عددی پیشنهادی (ساعتی ۱۹۸۰)، با یک‌دیگر مقایسه می‌شوند. خوشه‌ها نیز به

## مکان‌یابی ساخت سدهای زیرزمینی به روش...

وزن نسبی را به‌دست آورد. برای این کار پرسش‌نامه‌هایی بین کارشناسان توزیع شد تا با استفاده از مقیاس ۹ عددی پیشنهادی ساعتی (۱۹۸۰)، خوشه‌ها و گزینه‌ها را نسبت به معیار تنظیم‌کننده، مقایسه‌ی زوجی کنند.

جدول ۲- تعیین ارزش معیارها نسبت به یک‌دیگر با استفاده از نظر شفاهی افراد (Saaty ۱۹۸۰).

ارزش عددی معادل ارزش	ارزش نظری بر مبنای مقایسه‌ی بین دو معیار
۱	ارزش یکسان و برابر دارند
۳	ارزش یکی از دیگری کمی بیش‌تر است
۵	ارزش یکی از دیگری بیش‌تر است
۷	ارزش یکی از دیگری مسلماً بیش‌تر است
۹	ارزش یکی از دیگری مطلقاً بیش‌تر است
۰.۲، ۰.۴، ۰.۶، ۰.۸	ارزش‌ها بینابین است



شکل ۴- معیارها و زیرمعیارها در نرم‌افزار سوپر ماتریس.

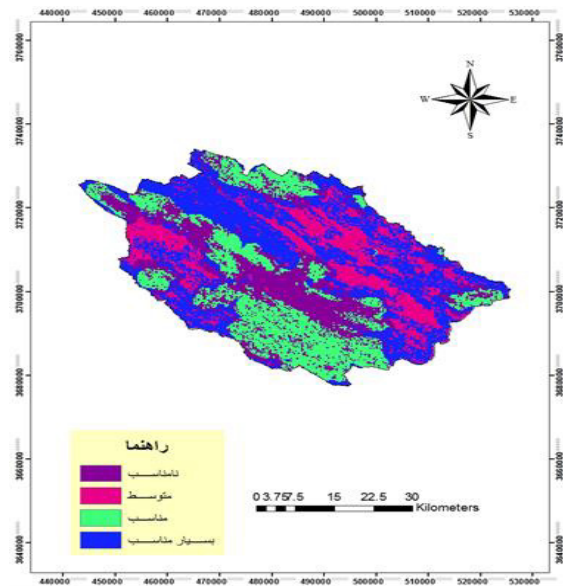
در ماتریس به‌دست‌آمده ممکن است بعضی از ستون‌ها، ستون‌های احتمالی نباشد، یعنی مجموع عناصر ستون‌ها ۱ نباشد. در این حالت باید تمام ستون‌ها را به‌نچار (نرمال) کرد تا حاصل جمع هر ستون ۱ شود. ماتریس به‌دست‌آمده سوپر ماتریس وزنی است. برای به‌دست آمدن بردار وزن نهایی، سوپر ماتریس پی‌درپی در خود ضرب می‌شود، و این فرآیند آن‌قدر ادامه می‌یابد که در بازه‌ی پذیرفتنی ماتریسی هم‌گرا ایجاد شود. به این ماتریس، سوپر ماتریس حدی گفته می‌شود.

### مرحله ۳

محاسبه‌ی سوپر ماتریس: با اجتماع بردارهای وزن نسبی به‌دست‌آمده از مقایسه‌های عنصرهای هر ماتریس در مرحله‌ی قبل، ماتریس ویژه‌ی ناموزون به‌دست می‌آید. در این ماتریس هر ستون متشکل از گزینه‌های مربوط به هر خوشه است. اندازه‌های هر ستون نشان‌دهنده‌ی بردار وزن نسبی حاصل از مقایسه‌های زوجی بین گزینه‌ها با توجه به گزینه‌ی تنظیم‌کننده‌ی بالایی است.

جدول ۳- نتایج سوپر ماتریس حد.

محور	اقلیم				پوشش		مخزن	
	دما	بارش	پوشش گیاهی	کاربری زمین	نفوذ	شیب	گره	
رده بندی آبراه	زمین- شناسی							
۰/۹۳۷۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	رده بندی آبراه
۰/۹۳۷۶۳	۰	۰	۰	۰/۹۳۷۶۳	۰/۹۳۷۶۳	۰	۰	زمین شناسی
۰/۰۰۰۱۷۹	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۱۷۹	۰/۰۰۰۱۷۹	۰	۰	دما
۰/۰۰۶۱۵۴	۰	۰	۰	۰/۰۰۶۱۵۴	۰/۰۰۶۱۵۴	۰	۰	بارش
۰/۰۰۰۲۱۲	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۲۱۲	۰	۰	پوشش
۰/۰۰۰۱۶۹۳	۰	۰	۰/۰۰۰۱۶۹۳	۰	۰/۰۰۰۱۶۹۳	۰	۰	کاربری زمین
۰/۰۰۲۱۴۳	۰	۰	۰/۰۰۲۱۴۳	۰/۰۰۲۱۴۳	۰	۰	۰	نفوذ
۰/۰۵۲۲۸۶	۰	۰	۰/۰۵۲۲۸۶	۰/۰۵۲۲۸۶	۰/۰۵۲۲۸۶	۰/۰۵۲۲۸۶	۰	شیب



شکل ۵- اولویت دهی مکان های مناسب سدهای زیر زمینی در آبخیز شهر خرم آباد به روش تحلیل شبکه یی.

### نتیجه گیری

طبق نتایج نقشه ی تراکم زه کشی (رده بندی آبراه ها) هر چه جریان زیر سطحی آبراه بیش تر باشد، اهمیت نسبی آن از آبره های دیگر بیش تر است. این تحقیق نشان داد که مناسب ترین آبراه ها برای ساخت سد زیر زمینی، آبراه های رتبه ی ۳ و ۴ است، که با نتایج تحقیق سلیمانی (۲۰۰۸) هم خوانی دارد. آبراه های با رتبه ی کم تر از ۳ به دلیل کم تر بودن حجم رواناب برای ساخت سد نامناسب است. رتبه های بیش تر نیز به خاطر بودنشان در مناطق دشتی و نفوذ پذیر، و آبرفتی بودن تکیه گاه

نامناسب اند (سلیمانی ۲۰۰۸).

سازندهای مناسب در منطقه مانند آغا جاری، بختیاری، و آبرفت های دوران چهارم برگزیده شد و سازندهای نامناسب مانند گچساران و مناطق محدوده ی این سازند حذف شد. کیفیت آب متاثر از زمین شناسی منطقه است که در شرایط متعارف چندان مشکل ساز نیست؛ به گفته ی ویلاینگر (۱۹۶۱) برای کیفیت های مختلف می توان کاربری های متفاوت در نظر گرفت. محمدی فتیده (۲۰۰۰) نشان داد که چون آب سفره ها به صورت طبیعی به وسیله ی زمین های تشکیل دهنده تصفیه

می‌شود، کیفیت آن خیلی خوب است.

به دلیل تشکیل مخزن سد زیرزمینی در زیرزمین و در بین منافذ رسوب‌های آبرفتی، به دست آوردن حجم مخزن بسیار دشوار است، و این از معایب سدهای زیرزمینی است (سلامی ۲۰۰۶؛ طباطبایی ۲۰۰۴، ۲۰۰۶؛ نلسون ۱۹۸۸).

طبق نتایج به دست آمده از نقشه‌ی شیب، هرچه شیب کم‌تر شود، اهمیت نسبی آن بیش‌تر می‌شود. نتایج بررسی نشان داد که بیش‌تر آبراه‌های درجه‌ی ۳ و ۴ در شیب‌های کم‌تر از ۵٪ بود، که برای ساخت سدهای زیرزمینی مناسب است، زیرا عامل شیب با حجم مخزن و مقدار نفوذپذیری رابطه‌ی عکس دارد، این نتیجه‌گیری با نتایج طباطبایی، (۲۰۰۶)، سلیمانی (۲۰۰۸)، و نلیسون (۱۹۸۸) هم‌خوانی دارد. در منطقه‌ی خرم‌آباد شیب خوب است، ولی عمق آبرفت در آن زیاد است، بنابراین شرایط ساخت سد زیرزمینی را ندارد. جلالوند و همکاران (۲۰۰۶) به روش هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی شیب، رده‌ی آبراه‌ها، عمق تا سطح ایستابی، سنگ‌شناسی بخش غیراشباع، زمین‌شناسی و کاربری زمین تحقیق مشابهی در شمال و غرب شهرستان شوشتر انجام دادند. مقایسه‌ی یافته‌های آنان با یافته‌های پژوهش ما هم‌خوانی نشان داد.

تحقیق موسوی و همکاران (۲۰۰۹) در محدوده‌ی تاقدیس کمستان واقع در شرق استان خوزستان، که با تهیه‌ی هفت لایه‌ی اطلاعاتی شامل سنگ‌شناسی، تراکم شکستی تراکم آبراه‌ها، لایه‌ی کاربری زمین، لایه‌ی بارش سالانه، لایه‌ی پستی‌وبلندی و نقشه‌ی شیب، وزن‌دهی به لایه در محیط ArcGIS انجام شد نشان داد که کمیت لایه‌های به‌کاررفته

توان زیادی دارد، با یافته‌های این پژوهش سازگار است. نتایج دانایی (۲۰۱۱) در منطقه‌ی منشاد یزد نشان داد که مخروطه‌افکنه‌های منطقه بیش‌ترین استعداد برای ساخت سد زیرزمینی دارند و براساس نقشه‌ی نهایی در محدوده‌ی شمال حوزه و روی مخروطه‌افکنه‌ها و زمین‌های سنگ‌آهک ضخیم لایه شرایط برای ساخت سد زیرزمینی مناسب است.

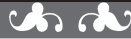
استفاده از سدهای زیرزمینی راه‌کاری کم‌هزینه برای مدیریت کردن منابع آب، تولید آب جدید، کاهش اثرهای خشک‌سالی برای روستاهای کم‌آب و دورافتاده است. اولین و مهم‌ترین مرحله در ساخت سد زیرزمینی شناسایی مکان‌های مناسب برای ساخت آن‌ها است. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌ها و تصویرهای ماهواره‌ی می‌توان مناطق توانمند برای سدهای زیرزمینی و را شناخت، و برای الویت‌بندی کردن نقطه‌ها از راه تصمیم‌گیری چندمعیاره (نظر کارشناسان) استفاده کرد. در این پژوهش، توانایی روش ANP شبکه‌ی برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که ANP روش سلسله‌مراتبی گسترده‌ی است که بیش‌تر بر روابط متقابل معیارها تاکید دارد، و برای گزینه‌هایی که تعداد معیارهایشان زیاد است و روابط متقابل دارند، خوب است. این روش برای مکان‌یابی در تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی، فقط معیارهایی را که لایه‌ی نقطه‌ی (رستری) دارند به‌کار می‌برد، و معیارهای اصلی و با اهمیت از قبیل زمین‌شناسی و شیب را که جزو مهم‌ترین معیارها است شناسایی می‌کند. این نتایج بر مطالعات قبلی سایر محققان تاکید می‌کند.



- Amini A, Karami Sh, Mahrdady N, Hovydi H. 2013. Multivariate model for environmental impact assessment of asphalt roads (Case Study East Hamedan Belt). *Journal of Transportation Engineering*. Five Year. 5:435–447. (In Persian).
- Dananei R, Hasanzadeh MS, Mohtashamia M. 2011. Locating of underground dams with using RS/GIS (Case study Mashed of Yazad province). *The First National Conference on Economic Resolutions in the Field of Agriculture*. 1:146–151. (In Persian).
- Forzier GM, Gardenti F, Caparrini Castelli F. 2008. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground. *Small Dams in Arid Area: A Case study in the Region of Kidal, Mali*. *Physics and Chemistry of the Earth A/B/C*. 33: 74–85.
- Hasanlu MR, Kolfi J, Hashemi M. 2009. Locating appropriator areas for groundwater dams by using satellite imagery in the Zanjan Plain. *Second National Engineering Conference*. Zanjan Azad University. 2:204–213. (In Persian).
- Jalalivand A, Kalantari S, Agriculture N. 2006. Locating suitable site for conservation underground dams groundwater recharge by using remot sensing. *Ten National Geological Conference Iran Modares University*. 7:120–134. (In Persian).
- Khalid A, Eldrandaly. 2014. An expert GIS-Based ANP-OWA decision making framework for tourism development site selection. *Published Oline June 2014in MECS 2014 I.J. Intelligent Systems and Applications*. 07: 1–11.
- Mohammadi Fatideh M. 2000. *Groundwater Extraction* Guilan University Press, Second Edition. 291 p.
- Musavi SF, Chitzazan Y, Mirzai Y. 2009. Integration of remote sensing and GIS for mapping appropriate area to groundwater recharge (Case study, Komestan Area), *Geomatics Geomatics Conferece Tehran 1*:183–192. (In Persian).
- Naseri HR, Davodi MH, Salami H, Kheirkhah zarkesh M. 2006. Suitable site selection for the construction of groundwater dams using analytical heirarchy process (ahp). In *\$th GIS International Conference Along with ISPRS Workshop*. National Cartography Center, Tehran , Iran.13 p.
- Nilsson A. 1988. *Groundwater dams for small-scale water supply*. Intermediate Technology Publications, London.78 p.
- Onder H, Yilmaz M. 2005. *Underground dams, a tools of sustainable developmentand management of groundwater resources*. *Europen Water*. 1/12., pp. 35–45
- Saaty,T. 1980. *The Analytic Hierarchy Process* McGraw Hill.
- Salami H. 2006. Suitable sites for the construction of underground dam in AZriain Areas using remote sensing (Case study, Northern Slopes of Karakas Mountains, *Master's Degree in Hydrology (Hydrogeology)*, Shaheed Beheshti University. 143 p.
- Soleimani S, MR, Nikdel A, Oromiehei Bahrami A. 2008. Locating the appropriate factors for underground dams management conference. 1:234–239. (In Persian).
- Shahroudi K, Rouydel H. 2012. Using a multi-criteria decision making approach (ANP-TOPSIS) to evaluate suppliers in the Iran's auto industry. *International Journal of Applied Operational Research*. 2: 2: 37–48.
- Tabatabai Yazdi J, Nabipaylashkaryian S. 2004. *Dams of grounwater in the small scale reserch center of conservation of waterhed management*. *And Soil*. 63 p. (In Persian).
- Tabatabai Yazdi J. 2006. Evaluation of exploit-

ing the utilization of subsurface flow by construction underground dams in waterway. The Final Report of the Research Project of Soil Conservation and Watershed Management Re-

search Institute. 104 p.  
Wappinger O. 1961. The storage of water in sand. South-West Africa Administration. Water Affairs Branch. .107 p.



## ***Watershed Management Research***

VOL. 32, No. 1, Ser.No: 122, Spring 2019, pp. 73-83  
DOI: 10.22092/wmej.2019.101703.1016

### **Site Selection for Construction of the Underground Dams in the Khorram Abad Watershed Using the Analytical Network Processes**

**Fereshteh Maleki\***

(Corresponding Author)\*, M.Sc. Lorestan University

**Nasser Tahmasebipour**

Assistant Professor, Lorestan University

**Ali Haghizade**

Assistant Professor, Lorestan University

**Hossein Zienivad**

Assistant Professor, Lorestan University

**Behrooz Ebrahimi**

M.Sc. Lorestan Regional Water Company

\*Corresponding Email: fershteh.maleky176@yahoo.com

Received: 03 October 2015      Accepted: 12 March 2019

#### **Abstract**

One way to achieve sustainable development in arid and semi-arid areas is to construct underground dams due to the relatively high evaporation rate from surface waters in these areas. The Khorram Abad region was selected to identify suitable sites for constructing such dams using the hierarchical analysis method. Location criteria (reservoir axis, vegetative cover, climate and water) were determined using the geo-sampling techniques. The most suitable areas to construct the underground dams and coordinates of points were identified. The points and their prioritization for construction of the underground dam were assessed using expert opinion. The layer of each criterion was calculated using a wide-ranging hierarchical analysis model in locating the underground dams and assessing the merit of each layer. The layers were coordinated using the ArcGIS software. The results indicated that the hierarchical analysis is a method that highlights the importance of appropriate standards in site selection and emphasizes the qualitative criteria, where there are numerous criteria, and neglects the quantitative criteria.

■ **Keywords:** Hierarchical analysis, site selection, underground dams, GIS ■