

## انتخاب بهترین مکان برای احداث سد خاکی با استفاده از روش ELECTRE (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شاهرود- بسطام)

دکتر امیر حسین حلبیان<sup>۱</sup>، علیرضا عرب عامری<sup>۲</sup>، محمود سلطانیان<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران

۲- کارشناس ارشد، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان

۳- کارشناس ارشد، مدرس موسسه آموزش عالی امین، دانشکده فنی و مهندسی، فولادشهر

### چکیده:

مدیریت بهینه منابع آب نیازمند کسب اطلاعات دقیق، از چگونگی شرایط حاکم بر منابع و پیش‌بینی وضعیت آینده است. یکی از روش‌های مدیریتی منابع آب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. هدف از این پژوهش انتخاب بهترین مکان در حوضه آبخیز شاهرود-بسطام به منظور احداث سدهای خاکی جهت توسعه پایدار منابع آب است. یافته‌ها و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در روش ELECTRE بین هفت پهنه حاصله، پهنه‌های (۳، ۴، ۵) با ۴ بار تسلط و با ۲ بار مغلوب شدن با (۲) امتیاز در رتبه اول قرار گرفتند و لذا مناسب‌ترین پهنه جهت احداث سدهای خاکی هستند، در مقابل پهنه (۱) با ۶ بار مغلوب شدن و بدون تسلط با (۶-) امتیاز در رتبه آخر قرار گرفت که جهت احداث سدهای خاکی مناسب نیست و پهنه‌های (۲، ۶، ۷) به ترتیب با (۲، ۲، ۱) بار تسلط و (۴، ۴، ۵) بار مغلوب شدن با امتیازات (۲-، -۲، -۴) به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند بنابراین پهنه‌های (۱، ۲، ۶، ۷) به علت این که تعداد دفعات مغلوب شدن نشان از تعداد مسلط شدن‌شان بیشتر بود و امتیاز منفی به دست آوردند، باید حذف شوند.

واژگان کلیدی: پهنه بندی، حوضه آبخیز، شاهرود- بسطام، GIS، ELECTRE.

### مقدمه:

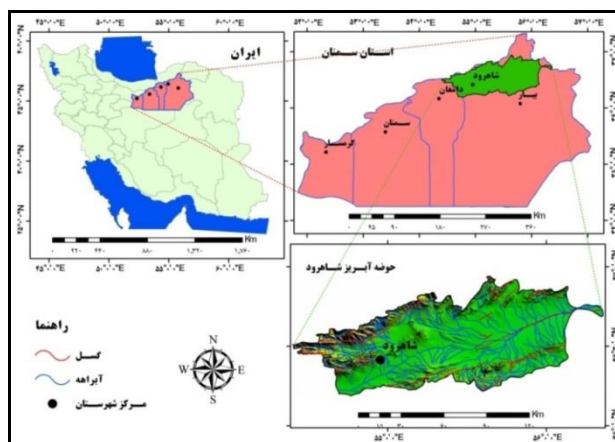
محققان علوم آب هزینه پروژه‌های سدسازی و تغذیه مصنوعی را در جهان مطالعه نموده‌اند و با رسم منحنی‌های لگاریتمی هزینه‌ها در مقابل حجم رواناب قابل ذخیره به این نتیجه رسیده‌اند که برای حجم‌های کمتر از سی میلیون متر مکعب، اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی و به ویژه پخش سیلاب از نظر اقتصادی با صرفه‌تر از سدسازی است (بیزه و همکاران، ۱۹۷۲). در حال حاضر مطالعات متعددی بر روی آب‌های زیرزمینی و تغذیه مصنوعی آنها، و همچنین روش‌های چند معیاره صورت گرفته است به طوری که کریشنامورتی و همکاران (۱۹۹۶) برای مکان‌یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب-های زیرزمینی در هند از تکنیک‌های RS و GIS استفاده کردند و تأثیر عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی را در رفتار آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که در هر منطقه ناهمواری خاصی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی مناسب است. ساراف و چادهاری (۱۹۹۸) از قابلیت‌های سنجش از دور در استخراج لایه‌های مختلف نظیر کاربری اراضی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و تلفیق آنها در محیط GIS جهت تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی

آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. مهدوی (۱۳۷۵) مدیریت آب و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی شهرستان جهرم را مورد بررسی قرار داد و کنترل برداشت و تغذیه سفره‌ها از طریق آبخیزداری را به عنوان مهم‌ترین راه‌کار مدیریتی ارائه کرد. عبدی و غیومیان (۱۳۷۹) بر اساس داده‌های ژئوفیزیکی، کاربری اراضی و توپوگرافی و تلفیق و تحلیل آنها در محیط GIS، مکان‌های مناسب برای ذخیره‌سازی آب‌های سطحی و تقویت آب‌های زیرزمینی را اولویت‌بندی کردند. کیا حیرتی (۱۳۸۲) عملکرد سیستم پخش سیلاب را در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دشت موغار اصفهان مورد مطالعه قرار داده است، نتایج این پژوهش مشخص کرد که طی چهار نوبت آب‌گیری در نوارها بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن رسوبات ریزدانه با متوسط ضخامت ۴۳ سانتی‌متر که عمدتاً ذرات سیلت بطور متوسط ۵۵ درصد هستند در پنج نوار انباشته شده است. مهدوی و همکاران (۱۳۸۳) مکان‌یابی محل مناسب برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی از طریق RS و GIS را در حوضه آبخیز شهرضا مورد بررسی قرار دادند و این ابزار را به منظور مکان‌یابی، کارآمد معرفی کردند. نوری و همکاران (۱۳۸۳) به بررسی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به روش حوضچه‌های تغذیه و تکنیک GIS در حوضه آبخیز گاوبندی پرداختند و بهترین مکان برای تغذیه مصنوعی را مخروطه‌افکنه‌ها و دشت‌سرها معرفی کردند. موسوی و همکاران (۱۳۸۸) پتانسیل‌یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در محدوده تاقدیس کمستان را با تلفیق سنجش از دور و GIS مطالعه نموده و سازندهای شکسته شده، آبرفت‌ها و کانال‌های رودخانه‌ای را مناسب‌ترین مکان برای تغذیه مصنوعی معرفی کردند. هدف از این پژوهش انتخاب بهترین مکان به منظور احداث سدهای خاکی جهت توسعه پایدار منابع آب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره ELECTRE می‌باشد.

توسعه پایدار در بخش کشاورزی موجب حفظ آب و خاک و گیاه می‌شود و از نظر زیست محیطی غیرمخرب، از نظر فنی مناسب، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و از نظر اجتماعی قابل قبول است. کشور ایران نیز نظیر بسیاری از کشورهای در حال توسعه به منظور تحقق نیازهای رو به ازدیاد جمعیت روبه رشد کشور مجبور به فشرده کردن و گسترش کشاورزی بوده است. شهرستان شاهرود بزرگ‌ترین کانون جمعیتی استان سمنان است که در طی سال‌های اخیر روند روبه‌رشد چشم‌گیری داشته است. بیش از ۵۰٪ از منابع آب مورد نیاز این شهرستان از آب‌های زیرزمینی دشت شاهرود- بسطام با مساحت ۷۶۰۳/۲۵ کیلومترمربع تامین می‌شود. دشت شاهرود- بسطام در بردارنده سه کانون جمعیتی شاهرود، بسطام و مجن و ۸۵٪ جمعیت کل شهرستان شاهرود است. هدف از این پژوهش انتخاب بهترین مکان به منظور احداث سدهای خاکی جهت توسعه پایدار منابع آب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره ELECTRE می‌باشد.

#### مواد و روشها:

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز شاهرود- بسطام است که در شمال شهرستان شاهرود در استان سمنان، در دامنه‌های جنوب و جنوب شرقی البرز شرقی واقع شده است. حوضه آبخیز شاهرود- بسطام با مساحت ۷۶۰۳/۲۵ کیلومترمربع در محدوده‌ای به عرض ۳۶ درجه تا ۳۷ درجه شمالی و طول ۵۴ درجه تا ۵۷ درجه شرقی گسترده شده است. از ویژگی‌های این حوضه گسترش حداقلی شبکه‌های آبراه‌ای به علت خشکی بالا است (موحد دانش، ۱۳۸۳). (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

برای انجام این مطالعه ابتدا مدل ارتفاع رقومی منطقه بر اساس شکست‌های طبیعی<sup>۱</sup> که در ارتفاعات منطقه وجود دارد به ۷ کلاس ارتفاعی طبقه بندی گردید (شکل ۲). طبقات مذکور نمایانگر پهنه‌های مطالعاتی در منطقه هستند که محاسبات بعدی در هر کدام از این طبقه‌ها صورت گرفت. سپس معیارهای مورد بررسی برای هر یک از پهنه‌های ارتفاعی مورد نظر محاسبه شد و لایه‌های آن به صورت مجزا تهیه شد. پس از به دست آوردن اعداد کمی هر یک از لایه‌ها از روش ELECTERE برای تجزیه و تحلیل این اعداد استفاده شد و اولویت‌بندی پهنه‌های مذکور جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان برای تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه صورت گرفت.

### مبانی نظری روش ELECTERE<sup>۲</sup>

در روش الکترا از مفهوم تسلط به صورت ضمنی استفاده شد. در این روش گزینه‌ها به صورت زوجی با هم مقایسه شدند و گزینه مسلط و ضعیف (یا غالب و مغلوب) شناسایی شدند و سپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف شدند (روی، ۱۹۹۱). بنابراین در یک ماتریس تصمیم‌گیری چند معیاره،  $n$  معیار و  $m$ ، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش الکترا مراحل زیر انجام شدند:

#### تشکیل ماتریس تصمیم

در مرحله اول با توجه به معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم به صورت رابطه ۱ تشکیل شد:

(۱)

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \dots & \dots \\ x_{1m} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن  $X_{ij}$  عملکرد گزینه  $i$ ام ( $i=1,2,\dots,m$ ) در رابطه با معیار  $j$ ام ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) است.

بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم:

<sup>۱</sup> - Natural break

<sup>۲</sup> - Elimination and Choice Translating Reality

در این مرحله سعی شد معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بی‌بعد تبدیل شود و ماتریس  $R$  به صورت رابطه ۲ تعریف شد: (تیل، ۲۰۰۳).

(۲)

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

تعیین ماتریس وزن معیارها:

به منظور تعیین ماتریس وزن معیارها از رابطه ۳ استفاده شد:

(۳)

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & \dots & 0 \\ \vdots & w_2 & \dots \\ 0 & \dots & w_n \end{bmatrix}$$

تعیین ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده:

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها به دست آمد: (رابطه ۴).

(۴)

$$V = R \times W = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \dots & \dots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف:

در این مرحله، برای هر زوج گزینه  $e, k$  ( $e, k = 1, 2, \dots, m, k \neq e$ ) مجموعه معیارها  $J = (1, 2, \dots, m)$  به دو زیر مجموعه موافق و مخالف تقسیم شدند. مجموعه موافق ( $S_{ke}$ ) مجموعه‌ای از معیارهاست که در آن گزینه  $k$  نسبت به گزینه  $e$  ترجیح دارد و مجموعه مکمل آن مجموعه مخالف ( $I_{ke}$ ) به زبان ریاضی است که این دو تعریف، براساس رابطه

۵ و ۶ است:

(۵)

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\}$$

(۶)

$$I_{ke} = \{j | v_{kj} < v_{ej}\}$$

تشکیل ماتریس موافق:

برای تشکیل ماتریس موافق، عناصر آن که شاخص توافق نامیده می‌شود محاسبه شدند. شاخص توافق از جمع وزن معیارهایی که در مجموع موافق آمده‌اند به دست آمد. بنابراین شاخص توافق  $C_{ke}$  که بین گزینه  $k$  و  $e$  است، براساس رابطه

۷ به دست آمد (روی، ۱۹۹۱):

(۷)

$$C_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1} W_j}$$

برای مجموع وزن‌های نرمال شده  $\sum_{j=1} W_j$  مساوی یک است لذا:

(۸)

$$C_{ke} = \sum_{j \in S_{ke}} W_j$$

شاخص توافق بیانگر میزان برتری گزینه  $k$  بر گزینه  $e$  است که مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص توافق برای همه گزینه‌ها می‌توان ماتریس توافق را که یک ماتریس  $m \times m$  است، به صورت رابطه ۹ تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

(۹)

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

تعیین ماتریس مخالف:

شاخص عدم توافق (مخالف) به صورت رابطه ۱۰ به دست آمد: (Roy, 2003):

(۱۰)

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in I_{ke}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{ej}|}$$

مقدار شاخص عدم توافق (مخالف) از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص عدم توافق برای همه زوج گزینه می‌توان ماتریس عدم توافق را که یک ماتریس  $m \times m$  است به صورت رابطه ۱۱ تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

(۱۱)

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

تشکیل ماتریس تسلط موافق:

در قدم ششم نحوه محاسبه شاخص توافق  $C_{ke}$  بیان شد. در این مرحله یک مقدار معین برای شاخص توافق مشخص می‌شود که آن را آستانه موافقت می‌نامند و با  $\bar{c}$  نشان داده می‌شود. اگر  $C_{ke}$  بزرگ‌تر از  $\bar{c}$  باشد، برتری گزینه  $k$  به گزینه  $e$  قابل قبول است وگرنه گزینه  $k$  به گزینه  $e$  برتری ندارد. مقدار آستانه موافقت از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود (روی، ۲۰۰۳):

(۱۲)

$$\bar{c} = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m \frac{c_{ke}}{m(m-1)}$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می‌شود که اعضای آن بر اساس رابطه ۱۳ مشخص می‌شود (وامی، ۱۹۹۲). (۱۳)

$$f_{ke} = \begin{cases} 0 & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 1 & c_{ke} < \bar{c} \end{cases}$$

تشکیل ماتریس تسلط مخالف:

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل شد. بدین منظور ابتدا باید آستانه مخالفت  $\bar{d}$  توسط تصمیم گیرندگان بیان می‌شود که می‌توانست به عنوان مثال، میانگین شاخص‌های مخالفت (عدم توافق) باشد (روی، ۱۹۹۱). (۱۴)

$$\bar{d} = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m \frac{d_{ke}}{m(m-1)}$$

چنان که  $d_{ke}$  از  $\bar{d}$  بزرگ‌تر باشد، میزان مخالفت زیاد است و قابل صرف نظر نیست. بنابراین ماتریس عناصر تسلط مخالفت (G) بر اساس رابطه ۱۵ محاسبه شد (Roy, 2003). (۱۵)

$$g_{ke} = \begin{cases} 0 & d_{ke} \geq \bar{d} \\ 1 & d_{ke} < \bar{d} \end{cases}$$

هر عضو ماتریس (G) نیز نشان‌گر رابطه تسلط کاربر بین گزینه‌ها است.

تشکیل ماتریس تسلط نهایی:

در این مرحله ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G بر اساس رابطه ۱۶ به دست آمد. (۱۶)

$$h_{ke} = f_{ke} \cdot g_{ke}$$

حذف کردن گزینه‌ها با رضایت کمتر و انتخاب بهترین گزینه:

ماتریس تسلط نهایی H ترجیحات جزئی گزینه‌ها را بیان می‌کند. برای تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر، طبق روش پیشنهادی ساعتی ابتدا معیارها به صورت زوجی مقایسه شدند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی معیارها بر اساس جدول ۱ قابل محاسبه است.

جدول ۱: وزن دهی به عوامل بر اساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی (منبع: قدسی پور، ۱۳۸۷)

| مقدار عددی | ترجیحات (قضاوت شفاهی)   |   |
|------------|-------------------------|---|
| ۹          | Extremely preferred     | کاملاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب |
| ۷          | Very strongly preferred | ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی        |
| ۵          | Strongly preferred      | ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی             |
| ۳          | Moderately preferred    | کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب       |
| ۱          | Equally preferred       | ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان           |
| ۲، ۴، ۶، ۸ | ترجیحات بین فواصل قوی   |   |

آنگاه برای محاسبه وزن نسبی روش بردار ویژه استفاده شد. در این روش  $WI$  به گونه‌ای تعیین شد که رابطه ۱۷ برقرار است.

$$A \times W = \lambda \max W \quad (17)$$

که در این رابطه  $\lambda$  و  $W$  به ترتیب مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی ( $A$ ) است. در حالی که ابعاد ماتریس بزرگ‌تر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت‌گیر است. لذا برای محاسبه  $\lambda$ ، مقادیر دترمینال ماتریس  $\lambda IA$  مساوی با صفر قرار داده شد و با قرار دادن بزرگ‌ترین مقدار  $\lambda$  حاصله در رابطه ۱۸ مقادیر  $WI$  محاسبه شد (ساعتی، ۲۰۰۱).

$$A - \lambda \max. I = 0 \quad (18)$$

در ادامه ماتریسی با مرتبه ۴۹ برای ماتریس داده‌ها، با ۷ شق (پهنه‌های ارتفاعی) و ۷ شاخص مربوطه (بارش، تراکم آبراهه، تراکم گسل، مساحت، رخساره‌های ارضی منطقه، شیب، ارتفاع) تشکیل شد.

### نتایج:

بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در این پژوهش نشان می‌دهد که در روش ELECTRE بین هفت پهنه حاصله در حوضه مطالعاتی، پهنه‌های (۳، ۴، ۵) با ۴ بار تسلط و با ۲ بار مغلوب شدن با (۲) امتیاز در رتبه اول قرار گرفتند و مناسب‌ترین پهنه جهت احداث سدهای خاکی است، در مقابل پهنه (۱) با ۶ بار مغلوب شدن و بدون تسلط با (۶-) امتیاز در رتبه آخر قرار گرفت و جهت احداث سدهای خاکی مناسب نیست و پهنه‌های (۲، ۶، ۷) به ترتیب با (۱، ۲، ۲) بار تسلط و (۴، ۴، ۵) بار مغلوب شدن با امتیازات (۲-، -۲، -۴) به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. پهنه‌های (۱، ۲، ۶، ۷) به

علت این که تعداد دفعات مغلوب شدنشان از تعداد مسلط شدنشان بیشتر بود و امتیاز منفی به دست آوردند باید حذف شوند.

در این پژوهش با توجه به روش‌های به کار رفته نتایج به صورت جدول تهیه شدند. در جدول‌های ۲ تا ۱۱، به ترتیب ماتریس تصمیم، ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده، ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال شده (V)، ماتریس توافق (C)، ماتریس مخالف (D)، ماتریس تسلط موافق (F)، ماتریس تسلط مخالف (G)، ماتریس تسلط نهایی (H) و تعداد مسلط و مغلوب شدن هر یک از محل‌های انتخابی نشان داده شده است.

جدول ۲: ماتریس تصمیم (X)

| مناطق | جنس مواد | بارش   | تراکم آبراهه | شیب   | تراکم مسکونی | ارتفاع  | مساحت   |
|-------|----------|--------|--------------|-------|--------------|---------|---------|
| ۱     | ۱        | ۱۱۵/۷۴ | ۵۱/۲۷        | ۲/۳۷  | ۳۳۹۹/۵۵      | ۱۰۱۳    | ۲۰۴۸/۳۱ |
| ۲     | ۵        | ۱۳۱/۱۸ | ۴۸/۲۴        | ۷/۸۶  | ۴۵۱۲/۲۸      | ۱۲۶۱/۱۵ | ۲۲۷۹/۶۵ |
| ۳     | ۹        | ۱۴۵/۶۵ | ۴۵/۴۳        | ۱۹/۵۸ | ۳۷۶۸/۱۹      | ۱۴۹۶    | ۱۵۶۶/۸  |
| ۴     | ۷        | ۱۶۳/۳۶ | ۵۴/۳۳        | ۲۵/۵۴ | ۲۴۸۹/۹۳      | ۱۷۷۹/۵  | ۹۵۲/۴۳  |
| ۵     | ۵        | ۱۸۶/۶۷ | ۵۴/۳۹        | ۳۸/۶۲ | ۱۹۸۹/۵       | ۲۱۵۴    | ۴۴۲     |
| ۶     | ۳        | ۲۱۷/۰۵ | ۴۵/۰۷        | ۴۵/۶۵ | ۱۳۱۶/۳۱      | ۲۶۴۷    | ۳۰۰/۴۵  |
| ۷     | ۱        | ۲۶۳/۵  | ۲۵/۵۵        | ۶۲/۱  | ۸۶۹/۰۲       | ۳۴۰۵    | ۱۴۷/۵۲  |

جدول ۳: ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده (R)

| مناطق | جنس مواد | بارش   | تراکم آبراهه | شیب    | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت  |
|-------|----------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------|
| ۱     | ۰/۰۷۲۴   | ۰/۲۴۱۴ | ۰/۴۱۰۳       | ۰/۰۲۵۷ | ۰/۴۴۰۷       | ۰/۱۸۱۲ | ۰/۵۶۶۸ |
| ۲     | ۰/۳۶۱۸   | ۰/۲۷۳۶ | ۰/۳۸۶۱       | ۰/۰۸۵۱ | ۰/۵۸۴۹       | ۰/۲۲۵۶ | ۰/۶۳۰۸ |
| ۳     | ۰/۶۵۱۲   | ۰/۳۰۳۸ | ۰/۳۶۳۶       | ۰/۲۱۱۹ | ۰/۵۰۱۳       | ۰/۲۶۷۶ | ۰/۴۳۳۵ |
| ۴     | ۰/۵۰۶۵   | ۰/۳۴۰۷ | ۰/۴۳۴۸       | ۰/۲۷۶۵ | ۰/۳۲۲۷       | ۰/۳۱۸۳ | ۰/۲۶۳۵ |
| ۵     | ۰/۳۶۱۸   | ۰/۳۸۹۳ | ۰/۴۳۵۳       | ۰/۴۱۸۰ | ۰/۲۵۷۹       | ۰/۳۸۵۲ | ۰/۱۲۲۳ |
| ۶     | ۰/۲۱۷۱   | ۰/۴۵۲۷ | ۰/۳۶۰۷       | ۰/۴۹۴۱ | ۰/۱۷۰۶       | ۰/۴۷۳۴ | ۰/۰۸۳۱ |
| ۷     | ۰/۰۷۲۴   | ۰/۵۴۹۶ | ۰/۲۵۴۵       | ۰/۶۷۲۲ | ۰/۱۱۲۶       | ۰/۶۰۹۰ | ۰/۰۴۰۸ |



جدول ۴: ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مختلف (S)

| معیارها      | جنس مواد | بارش | تراکم آبراه<br>۵ | شیب  | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت | بردار وزن |
|--------------|----------|------|------------------|------|--------------|--------|-------|-----------|
| جنس مواد     | ۱        | ۳    | ۵                | ۵    | ۷            | ۷      | ۹     | ۳۸۶۸      |
| بارش         | ۰/۳۳     | ۱    | ۳                | ۵    | ۵            | ۷      | ۷     | ۰         |
| تراکم آبراهه | ۰/۲      | ۰/۳۳ | ۱                | ۳    | ۵            | ۷      | ۷     | ۲۳۴۹      |
| شیب          | ۰/۲      | ۰/۲  | ۰/۳۳             | ۱    | ۳            | ۵      | ۷     | ۰         |
| تراکم گسل    | ۰/۲۴     | ۰/۲  | ۰/۲              | ۰/۳۳ | ۱            | ۳      | ۵     | ۱۵۸۵      |
| ارتفاع       | ۰/۱۴     | ۰/۱۴ | ۰/۱۴             | ۰/۲  | ۰/۳۳         | ۱      | ۳     | ۰         |
| مساحت        | ۰/۱۱     | ۰/۱۴ | ۰/۱۴             | ۰/۱۴ | ۰/۲          | ۰/۳۳   | ۱     | ۱۰۲۸      |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰         |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰/۶۰۳     |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰         |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰/۳۵۳     |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰         |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰/۲۱۴     |
|              |          |      |                  |      |              |        |       | ۰         |

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲۵۲ (به علت کمتر بودن از ۰/۱ سازگاری ماتریس شاخص ها قابل قبول است)

جدول ۵: ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده (V)

| مناطق | جنس مواد | بارش   | تراکم آبراهه | شیب    | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت  |
|-------|----------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------|
| ۱     | ۰/۰۲۷۹   | ۰/۰۵۶۷ | ۰/۰۶۵۰       | ۰/۰۰۲۶ | ۰/۰۲۶۷       | ۰/۰۰۶۴ | ۰/۰۱۲۲ |
| ۲     | ۰/۱۳۹۷   | ۰/۰۶۴۳ | ۰/۰۶۱۲       | ۰/۰۰۸۷ | ۰/۰۳۵۴       | ۰/۰۰۸۰ | ۰/۰۱۳۶ |
| ۳     | ۰/۰۲۵۱۵  | ۰/۰۷۱۴ | ۰/۰۵۷۶       | ۰/۰۲۱۸ | ۰/۰۳۰۳       | ۰/۰۰۹۵ | ۰/۰۰۹۳ |
| ۴     | ۰/۱۹۵۶   | ۰/۰۸۰۰ | ۰/۰۸۶۹       | ۰/۰۲۸۴ | ۰/۰۱۹۵       | ۰/۰۱۱۳ | ۰/۰۰۵۷ |
| ۵     | ۰/۱۳۹۷   | ۰/۰۹۱۵ | ۰/۰۶۸۹       | ۰/۰۴۳۰ | ۰/۰۱۵۶       | ۰/۰۱۳۷ | ۰/۰۰۲۶ |
| ۶     | ۰/۰۸۳۸   | ۰/۱۰۶۳ | ۰/۰۵۷۱       | ۰/۰۵۰۸ | ۰/۰۱۰۳       | ۰/۰۱۶۹ | ۰/۰۰۱۸ |
| ۷     | ۰/۰۲۷۹   | ۰/۱۲۹۱ | ۰/۰۳۲۴       | ۰/۰۶۹۱ | ۰/۰۰۶۸       | ۰/۰۲۱۷ | ۰/۰۰۰۹ |

جدول ۶: ماتریس توافق (C)

| مناطق | جنس مواد | بارش   | تراکم آبراهه | شیب    | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت  |
|-------|----------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------|
| ۱     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۱۵۸۴ | ۰/۱۷۹۹       | ۰/۰۸۲۰ | ۰/۰۸۲۰       | ۰/۲۴۰۴ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۲     | ۰/۸۴۱۵   | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۲۴۰۴       | ۰/۰۸۲۰ | ۰/۴۶۸۲       | ۰/۶۲۶۶ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۳     | ۰/۸۲۰۰   | ۰/۷۵۹۵ | ۰/۰۰۰۰       | ۰/۴۶۸۲ | ۰/۴۶۸۲       | ۰/۶۲۶۶ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۴     | ۰/۹۱۷۹   | ۰/۹۱۷۹ | ۰/۵۳۱۷       | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۴۶۸۲       | ۰/۶۲۶۶ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۵     | ۰/۹۱۷۹   | ۰/۹۱۷۹ | ۰/۵۳۱۷       | ۰/۵۳۱۷ | ۰/۰۰۰۰       | ۰/۶۲۶۶ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۶     | ۰/۷۵۹۵   | ۰/۳۷۳۳ | ۰/۳۷۳۳       | ۰/۳۷۳۳ | ۰/۳۷۳۳       | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۶۲۶۶ |
| ۷     | ۰/۷۵۹۵   | ۰/۳۷۳۳ | ۰/۳۷۳۳       | ۰/۳۷۳۳ | ۰/۳۷۳۳       | ۰/۳۷۳۳ | ۰/۰۰۰۰ |

جدول ۷: ماتریس مخالف (D)

| مناطق | جنس مواد | بارش  | تراکم آبراهه | شیب   | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت |
|-------|----------|-------|--------------|-------|--------------|--------|-------|
| ۱     | ۰        | ۱     | ۱            | ۱     | ۱            | ۱      | ۱     |
| ۲     | ۰/۰۴۳    | ۰     | ۱            | ۱     | ۱            | ۰/۷۵۲  | ۰/۵۷۹ |
| ۳     | ۰/۳۳۰    | ۰/۰۴۵ | ۰            | ۰/۲۰۱ | ۰/۱۸۹        | ۰/۲۰۸  | ۰/۲۵۸ |
| ۴     | ۰/۰۴۲    | ۰/۲۸۳ | ۱            | ۰     | ۰/۲۶۰        | ۰/۲۳۵  | ۰/۲۹۲ |
| ۵     | ۰/۹۸۰    | ۵۷۸۰  | ۱            | ۱     | ۰            | ۰/۲۶۶  | ۰/۳۳۶ |
| ۶     | ۰/۲۹۲    | ۱     | ۱            | ۱     | ۱            | ۰      | ۰/۴۰۷ |
| ۷     | ۰/۴۵۰    | ۱     | ۱            | ۰/۱۰۲ | ۱            | ۱      | ۰     |

جدول ۸: ماتریس تسلط موافق (F)

| مناطق | جنس مواد | بارش | تراکم آبراهه | شیب | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت |
|-------|----------|------|--------------|-----|--------------|--------|-------|
| ۱     | ۰        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۲     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۳     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۴     | ۱        | ۱    | ۱            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۵     | ۱        | ۱    | ۱            | ۱   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۶     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۷     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۰     |

جدول ۹: ماتریس تسلط مخالف (G)

| مناطق | جنس مواد | بارش | تراکم آبراهه | شیب | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت |
|-------|----------|------|--------------|-----|--------------|--------|-------|
| ۱۰    | ۰        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۰     |
| ۲     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۳     | ۱        | ۱    | ۰            | ۱   | ۱            | ۱      | ۱     |
| ۴     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۱            | ۱      | ۱     |
| ۵     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۶     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۷     | ۱        | ۰    | ۰            | ۱   | ۰            | ۰      | ۰     |

جدول ۱۰: ماتریس تسلط نهایی (H)

| مناطق | جنس مواد | بارش | تراکم آبراهه | شیب | تراکم مسکونی | ارتفاع | مساحت |
|-------|----------|------|--------------|-----|--------------|--------|-------|
| ۱     | ۰        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۰     |
| ۲     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۳     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۴     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۵     | ۱        | ۱    | ۰            | ۰   | ۰            | ۱      | ۱     |
| ۶     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۱     |
| ۷     | ۱        | ۰    | ۰            | ۰   | ۰            | ۰      | ۰     |

جدول ۱۱: تعداد مسلط و مغلوب شدن هر یک از محل‌های انتخابی

| مناطق | تعداد مسلط شدن | تعداد مغلوب شدن | اختلاف |
|-------|----------------|-----------------|--------|
| ۱     | ۰              | ۴               | ۶-     |
| ۲     | ۲              | ۴               | -۲     |
| ۳     | ۴              | ۲               | ۲      |
| ۴     | ۴              | ۲               | ۲      |
| ۵     | ۴              | ۲               | ۲      |
| ۶     | ۲              | ۴               | -۲     |
| ۷     | ۱              | ۵               | -۴     |

## منابع:

- ۱- آسایش ح، استعلاجی ع (۱۳۸۲): اصول و روشهای برنامه ریزی ناحیه ای (مدلها، روشها و فنون)، دانشگاه آزاد شهرری، تهران.
  - ۲- توکلی ع، علی احمدی ع (۱۳۸۴): مدل انتخاب و اولویت بندی روشهای انتقال تکنولوژی، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
  - ۳- حکمت نیاح، موسوی م (۱۳۸۵): کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه ریزی شهری و ناحیه ای، علم نوین، یزد.
  - ۴- شکویی ح (۱۳۷۴): دیدگاه های نو در جغرافیای شهری، تهران، انتشارات سمت.
  - ۵- صداقت م (۱۳۸۷): زمین و منابع آب، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
  - ۶- عبدی پ، غیومیان ج (۱۳۷۹): تعیین مکان های مناسب برای پخش سیلاب در دشت زنجان با استفاده از داده های ژئوفیزیکی و GIS، مجموعه مقالات همایش سراسری دستاوردهای طرح آبخوان دار، ۸۶ - ۹۹.
  - ۷- قدسی پور ح (۱۳۸۷): فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ پنجم.
  - ۸- کوثر آ (۱۳۶۴): کاربرد روشهای گسترش سیلاب در تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی، مجله زیتون، شماره ۴۶ و ۷: ۱۶ - ۲۳.
  - ۹- کیا حیرتی ج (۱۳۸۲): بررسی عملکرد سیستم پخش سیلاب در تغذیه سفره های آب زیرزمینی دشت موغار در استان اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
  - ۱۰- مهدوی رسول، کوپایی عابدی جهانگیر، رضایی مرضیه، عبدالحسینی محمد (۱۳۸۳): مکان یابی محل مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی از طریق RS و GIS، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشگاه شیراز.
  - ۱۱- مهدوی محمد (۱۳۷۴): مدیریت آب و تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی در شهرستان جهرم، نشریه محیط شناسی، دی ۱۳۷۴، شماره ۱۷: ۱۶ - ۲۳.
  - ۱۲- موسوی ف، چیت سازان م، میرزایی ی، شبان م، محمدی ب (۱۳۸۸): تلفیق سنجش از دور و GIS به منظور پتانسیل یابی مناطق مناسب جهت تغذیه آب زیرزمینی، محدوده تاقدیس کمستان، مجموعه مقالات همایش و نمایشگاه ژئوماتیک.
  - ۱۳- نوری ب، غیومیان ج، محسنی ساروی م، درویش صفت ع، فیض نیا س (۱۳۸۳): تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی به روش حوضچه های تغذیه با استفاده از GIS، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۳: ۶۳۵ - ۶۴۷.
- 14- Bize J, Bouguet L, Lemoine J, 1972, L'alimentation artificielle ded nappes souterraines, Masson & Cie.
- 15- Chen Yuh W., 2001, Hierarchy Process by Fuzzy integral, International Journal of Fuzzy System, Vol. 3.

- 16- Despic O. Simonovic SP, 2006, Aggression Operation For Soft Decision Making In Water Resource, Fuzzy Sets and System, 15. 11-33.
- 17- Dey PK. Ramcharan E.K., 2000, Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados, Journal of Environmental Management.
- 18- Freeze R.A. Cherry J.A, 1979, Groundwater prentice-Hall. Englewood Cliff, New Jersey.
- 19- Krishnomurthy J. Kumar V. Jayaraman M. Manivel, 1996, An Approach to Demarcate Ground Water Potential Zones Thorough Remote Sensing and a Geographical Information System, INT. J. Remote Sensing, 17 (10):1867-1884.
- 20- Mianabadi H. Afshar A., 2007, Fuzzy group Decision Making and its Application in water Resource Planning and Management, Oral Presentation Iran Water Resource Management Conference, January, 12-13. Isfahan.Iran.
- 21- Olson D.L, 2004, Comparison of Weights in TOPSIS Models, Journal of Mathematical and Computer Modeling, Elsevier science Ltd.
- 22- Roy B., 2003, The outranking Approach and the foundation of ELECTRE Methods, Theory and Decision, 31, 1991. 49-73.
- 23- Saaty T.L, 1994, Highlights and critical points in the theory and application of the analytical hierarchy process, European Journal of operational research, 74. 426-447.
- 24- Saaty TL, 1986, Axiomatic foundation of analytical hierarchy process, Management science, 31. 7. July.
- 25- Saraf A.K. Choudhury P.R, 1998, Integrated Remote Sensing and GIS for Ground Water Exploration and Identification of Artificial Recharge Sites, INT.J. Remote Sensing, 19 (10): 1825-1841.
- 26- Vami J, 1992, Project opportunity Study on Integrated use of the Razgah Nepheline ores Iran by metallurgical processing into Alumina Cement, sodium Carbonate and potash, final report, Volume,general explanatory note.