

انتخاب بهترین مکان برای احداث سد خاکی جهت توسعه پایدار منابع آب با استفاده از روش ELECTRE (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شاهرود - بسطام)

امیرحسین حلبیان^{۱*}، علیرضا عرب عامری^۲، محمود سلطانیان^۳

^{۱*} استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه پیام نور اصفهان

پست الکترونیک نویسنده مسئول:

halabian_a@yahoo.com

^۲ دانشجوی دکتری دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ دانشجوی دکتری دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۵

چکیده:

مدیریت بهینه منابع آب نیاز به کسب اطلاعات دقیق، از چگونگی شرایط حاکم بر منابع و پیش‌بینی وضعیت آتی آن‌ها دارد. یکی از روش‌های مدیریتی منابع آب، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. هدف از این پژوهش، انتخاب بهترین مکان به منظور احداث سدهای خاکی برای توسعه پایدار منابع آب است. یافته‌ها و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در روش ELECTRE بین هفت پهنه مذکور، پهنه (۳،۴،۵) با ۴ بار تسلط و با ۲ بار مغلوب شدن با ۲ امتیاز در رتبه اول قرار گرفته‌اند 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 گرفته است و برای 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 گرفته‌اند. پهنه‌های (۱، ۲، ۶، ۷) به علت اینکه تعداد دفعات مغلوب شدنشان از تعداد مسلط شدنشان بیشتر بوده و امتیاز منفی به دست آورده‌اند، باید حذف شوند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، حوضه آبخیز، شاهرود- میامی، GIS، ELECTRE

مقدمه

محققان علوم آب هزینه پروژه‌های سدسازی و تغذیه مصنوعی را در جهان مطالعه کرده 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 به‌خصوص پخش سیلاب از نظر اقتصادی، باصرفه‌تر از سدسازی است (بیزه و همکاران، ۱۹۷۲)^۱. توسعه پایدار در بخش کشاورزی موجب حفظ آب و خاک و گیاه شده و از نظر زیست محیطی غیرمخرب، از نظر فنی مناسب، از نظر اقتصادی، مقرون به‌صرفه و از نظر اجتماعی، قابل قبول است. کشور ما نیز نظیر بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به‌منظور تحقق نیازهای رو به ازدیاد جمعیت رو به رشد کشور، مجبور به فشرده‌کردن 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 تأمین می‌شود. با توجه به اینکه دشت شاهرود- بسطام دربردارنده سه کانون جمعیتی شاهرود، بسطام و مجن و ۸۵٪ جمعیت کل شهرستان شاهرود است، مطالعات متعددی بر روی آب‌های زیرزمینی و تغذیه مصنوعی آن‌ها و همچنین روش‌های چند معیاره صورت گرفته است؛ به‌طوری‌که کریشنامورتی^۲ و همکاران (۱۹۹۵) و (۱۹۹۶) برای مکان‌یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در هند از تکنیک‌های RS و GIS استفاده کرده‌اند و تأثیر عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی را در رفتار آب‌های زیرزمینی بررسی کرده و بیان داشته‌اند که در هر منطقه، ناهمواری خاصی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی مناسب است. ساراف و چادهاری^۳ (۱۹۹۸) از قابلیت‌های سنجش از دور در استخراج لایه‌های مختلف نظیر کاربری اراضی،

زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و تلفیق آن‌ها در محیط GIS برای تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی استفاده کرده‌اند. عبدی و غیومیان (۱۳۷۹، ۸۶) براساس 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 کرده‌اند. کیا حیرتی (۱۳۸۲) عملکرد سیستم پخش سیلاب را در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دشت موغار اصفهان، مطالعه کرده است. نوری و همکاران (۱۳۸۳، ۶۳۵) به بررسی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به روش حوضچه‌های تغذیه و تکنیک GIS در حوضه آبخیز گاویندی پرداخته‌اند و بهترین مکان برای تغذیه مصنوعی را مخروطه‌افکنه‌ها و دشت‌سرها معرفی کرده‌اند. 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 کرده و سازندهای شکسته‌شده، آبرفت‌ها و کانال‌های رودخانه‌ای را مناسب‌ترین مکان برای تغذیه مصنوعی معرفی کرده‌اند. میان‌آبادی و افشار (۲۰۰۸) از سه روش میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده استقرایی (IOWA)^۴، تخصیص خطی و TOPSIS برای بررسی و رتبه‌بندی طرح‌های تأمین آب شهری زاهدان استفاده کردند و نتایج حاصل از روش‌های مختلف را با نتایج روش برنامه‌ریزی سازهی مقایسه نمودند (میان‌آبادی، ۲۰۰۸). لمون و مارتینز^۵ (۲۰۰۶) از روش تئوری مطلوبیت چند شاخصه (MAUT)^۶ برای تخصیص بهینه آب کشاورزی در شمال اسپانیا بهره جست (لمون، ۲۰۰۶). احمد و شادیا^۷ (۲۰۰۲) رتبه‌بندی طرح‌های مختلف تصفیه آب کشاورزی برای استفاده مجدد را با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام داده‌اند. آناند و کومار^۸ (۱۹۹۶) نیز در رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت

4. Induce ordered weighted Averaging
5. Limon Gomez. Martinez Yolanda
6. Multi Attribute utility theory
7. Ahmed, Shadia
8. Anand. Kumar

1. Bize Jean. Bouguet Lucien. Lemoine Jacques
2. Krishnamurti
3. Saraf. Choudhury

اولویت‌بندی پهنه‌های مذکور جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان برای تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه پرداخته شد.

مبانی نظری روش ELECTER^۲

در روش الکترا، از مفهوم تسلط به صورت ضمنی استفاده می‌شود. در این روش، گزینه‌ها به صورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند و گزینه مسلط و ضعیف (یا غالب و مغلوب) شناسایی و سپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف می‌شوند (روی^۳، ۱۹۹۱). اگر در یک ماتریس تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش الکترا، مراحل زیر باید انجام شود:

۱. تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت مقابل تشکیل می‌شود:

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

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 (جدول ۲).

۲. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله، سعی می‌شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بی‌بعد تبدیل شود و ماتریس R به شکل مقابل تعریف شود. (تیل^۴، ۲۰۰۳) (جدول ۳).

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

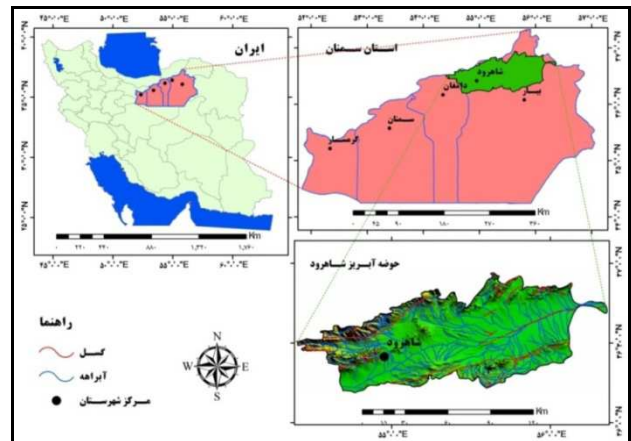
۳. تعیین ماتریس وزن معیارها

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & \dots & 0 \\ \vdots & w_2 & \dots \\ 0 & \dots & w_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

جدول (۴)

حوضه رودخانه از روش ELECTRE استفاده کرده‌اند (آناند، ۲۰۰۶). هدف از این پژوهش، انتخاب بهترین مکان به منظور احداث سدهای خاکی برای توسعه پایدار منابع آب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره ELECTRE است.

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. از ویژگی‌های این حوضه، گسترش حداقلی شبکه‌های آبراه‌های به‌علت خشکی فراوان است (موحد دانش، ۱۳۸۳، ۱۸۳). حوضه آبخیز شاهرود- بسطام با مساحت ۷۶۰۳/۲۵ کیلومتر مربع در محدوده‌ای به عرض ۳۶ درجه تا ۳۷ درجه شمالی و طول ۵۴ درجه تا ۵۷ درجه شرقی گسترده شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ریاضی منطقه مطالعاتی

مواد و روش‌ها

ابتدا مدل ارتفاع رقومی منطقه براساس شکست‌های طبیعی^۱ که در ارتفاعات منطقه وجود دارد، به هفت کلاس ارتفاعی طبقه‌بندی شد (شکل ۳). 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 (جدول ۱) و لایه‌های آن به صورت مجزا تهیه شد. پس از به‌دست آوردن اعداد کمی هر یک از لایه‌ها، با استفاده از روش ELECTRE به تجزیه و تحلیل این اعداد پرداخته و به

2. Elimination et choice translating Reality

3. Roy

4. Tille

1. Natural break

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (7)$$

۷. تعیین ماتریس مخالف

شاخص عدم توافق (مخالف) به صورت زیر تعریف می شود (روی، ۱۹۹۱):

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in I_{ke}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{ej}|} \quad (8)$$

مقدار شاخص عدم توافق (مخالف) از صفر تا یک تغییر می کند. با محاسبه این شاخص برای همه زوج گزینه می توان ماتریس عدم توافق را که یک ماتریس $m \times m$ است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی، این ماتریس متقارن نیست (جدول ۷).

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (9)$$

۸. تشکیل ماتریس تسلط موافق

در قدم ششم، نحوه محاسبه شاخص توافق C_{ke} بیان شد. هم اکنون در این قدم، یک مقدار معین برای شاخص توافق مشخص می شود که آن را آستانه موافقت می نامند و با \bar{c} نشان داده می شود. اگر C_{ke} بزرگ تر از \bar{c} باشد، برتری گزینه k به گزینه e پذیرفتنی است و گرنه گزینه k به گزینه e برتری ندارد. مقدار آستانه موافقت از رابطه زیر محاسبه می شود (روی، ۱۹۹۱):

$$\bar{c} = \sum_{k=1}^m \sum_{\substack{e=1 \\ k \neq e}}^m \frac{C_{ke}}{m(m-1)} \quad (10)$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می شود که اعضای آن براساس رابطه زیر مشخص می شود (وامی، ۱۹۹۲) (جدول ۸).

$$f_{ke} = \begin{cases} 0 & C_{ke} \geq \bar{c} \\ 1 & C_{ke} < \bar{c} \end{cases} \quad (11)$$

۴. تعیین ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم بی مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها به دست می آید (جدول ۵):

$$V = R \times W = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

۵. تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

برای هر زوج گزینه e, k ($k, e = 1, 2, \dots, m, k \neq e$) مجموعه معیارها $J = (1, 2, \dots, m)$ به دو زیرمجموعه موافق و مخالف تقسیم می شوند. مجموعه موافق (Ske) مجموعه ای از معیارهاست که در آن، گزینه K نسبت به گزینه e ترجیح دارد و مجموعه مکمل آن مجموعه مخالف (Ike) است به زبان ریاضی:

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\} \quad (5)$$

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

۶. تشکیل ماتریس موافق

برای تشکیل ماتریس توافق باید عناصر آن را که شاخص توافق نامیده می شود، محاسبه کرد. شاخص توافق از جمع وزن معیارهایی که در مجموع موافق آمده اند، به دست می آید؛ بنابراین، شاخص توافق C_{ke} که بین گزینه k و e می باشد، برابر است با (روی، ۱۹۹۱):

$$C_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1}^m W_j} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m W_j$$

برای مجموع وزن های نرمال شده مساوی یک است؛ لذا:

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

شاخص توافق بیانگر میزان برتری گزینه k بر گزینه e است که مقدار آن از صفر تا یک تغییر می کند. با محاسبه شاخص توافق برای همه گزینه ها می توان ماتریس توافق را که یک ماتریس $m \times m$ است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی، این ماتریس متقارن نیست (جدول ۶).

جدول ۱: وزندهی به عوامل براساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی (قدسی پور، ۱۳۸۷)

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

برای محاسبه وزن نسبی از روش بردار ویژه استفاده شده است. در این روش، w_i به گونه‌ای تعیین می‌شود که رابطه ۱۵ برقرار باشد:

$$A \times W = \lambda \max W \quad (15)$$

که در آن، λ و W به ترتیب مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی (A) است؛ درحالی‌که ابعاد ماتریس بزرگ‌تر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت‌گیر است؛ لذا برای محاسبه λ مقادیر دترمینال ماتریس $\lambda I A$ - مساوی با صفر قرار داده می‌شود و با قراردادن بزرگ‌ترین مقدار λ حاصل در رابطه (۱۶) مقادیر w_i محاسبه می‌شود (ساعتی، ۲۰۰۱).

$$A - \lambda \max. I = 0 \quad (16)$$

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

۹. تشکیل ماتریس تسلط مخالف

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل می‌شود. بدین منظور، ابتدا باید آستانه مخالفت \bar{d} توسط تصمیم‌گیران بیان شود که می‌تواند برای مثال، میانگین شاخص‌های مخالفت (عدم توافق) باشد (روی، ۱۹۹۱) (جدول ۹) یعنی:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{\substack{e=1 \\ k \neq e}}^m d_{ke}}{m(m-1)} \quad (12)$$

چنان‌که d_{ke} از \bar{d} بزرگ‌تر باشد، میزان مخالفت زیاد بوده و درخور صرف نظر نیست؛ بنابراین، ماتریس عناصر تسلط مخالفت (G) به صورت زیر محاسبه می‌شود (روی، ۱۹۹۱).

$$g_{ke} = \begin{cases} 0 & d_{ke} \geq \bar{d} \\ 1 & d_{ke} < \bar{d} \end{cases} \quad (13)$$

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

۱۰. تشکیل ماتریس تسلط نهایی

ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک‌تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G حاصل می‌شود (جدول ۱۰).

$$h_{ke} = f_{ke} \cdot g_{ke} \quad (14)$$

۱۱. 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 شده است.

پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی معیارها قابل محاسبه است (جدول ۱).

بحث و نتیجه‌گیری

گزینه‌ها و نتایج غیر قطعی، شرکت‌کنندگان مختلف با اهداف متفاوت و روابط و تعاملات پیچیده تعریف می‌شوند. از طرفی، پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب از یک سو و ارتباط مستقیم آن با سایر علوم باعث شده است که یک تصمیم‌گیر به‌تنهایی نتواند تمامی جوانب لازم برای مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب را در نظر بگیرد؛ لذا ضروری است که از تصمیم‌گیران متعدد با تخصص و مهارت‌های مختلف همچون کشاورزی، اقتصاد، محیط‌زیست و... در فرایند تصمیم‌گیری منابع آب استفاده شود (مینابادی و افشار، ۲۰۰۷). توجه به تمامی موارد فوق، بیانگر اهمیت و لزوم به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت پیوسته منابع آب (IWRM)^۱ است.

در دهه‌های گذشته، تصمیم‌گیری در مسائل مدیریت آب و انتخاب گزینه برتر از میان گزینه‌های پیشنهادی، جهت حل مشکلات یک حوضه آبخیز، تنها براساس معیارهای اقتصادی-نسبت سود به هزینه- و تبدیل معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی به معیارهای اقتصادی صورت می‌گرفت؛ ولی امروزه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، دیگر لازم نیست که تنها از معادل مالی معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی در انتخاب گزینه برتر استفاده کرد؛ بلکه می‌توان معیارهای مختلف کمی و کیفی را در اولویت‌بندی و انتخاب گزینه‌های برتر در مدیریت منابع آب به‌کار برد. مسائل تصمیم‌گیری منابع آب اغلب موارد به‌وسیله تعداد زیادی از

جدول ۲: ماتریس تصمیم (X)

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

جدول ۳: ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده (R)

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

جدول ۴: ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مختلف (S)

معیارها	جنس مواد	بارش	تراکم آبراهه	شیب	تراکم مسکونی	ارتفاع	مساحت	بردار وزن
جنس مواد	۱	۳	۵	۵	۷	۷	۹	۰/۳۸۶۸
بارش	۰/۳۳	۱	۳	۵	۵	۷	۷	۰/۲۳۴۹
تراکم آبراهه	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۵	۷	۷	۰/۱۵۸۵
شیب	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۵	۷	۰/۱۰۲۸
تراکم گسل	۰/۲۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۵	۰/۰۶۰۳
ارتفاع	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۰/۰۳۵۳
مساحت	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۱	۰/۰۲۱۴

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲۵۲ (به علت کمتر بودن از ۰/۱ سازگاری ماتریس شاخص‌ها پذیرفتنی 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	۰/۰۳۳۰	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	۰/۰۹۸۰	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 محل های انتخابی

مناطق	تعداد مسلط شدن	تعداد مغلوب شدن	اختلاف
۱	۰	۴	-۴
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

- عبدی، پرویز، غیومیان، جعفر. 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.
- قدسی پور، حسن. ۱۳۸۷. فرایند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ پنجم.
- کیا حیرتی، جعفر. 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.
- موحد دانش، علی اصغر. ۱۳۸۳. هیدرولوژی آب های سطحی. تهران. انتشارات سمت.
- موسوی، فاطمه، چیت سازان، منوچهر، میرزایی، یحیی، شبان مجتبی. 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.
- نوری، بهزاد، غیومیان، جعفر، محسنی ساروی، محسن، درویش صفت، علی اصغر، فیض نیا سادات. ۱۳۸۳. تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی به

- water Resource Planning and Management, Oral Presentation Iran Water Resource Management Conference, January, 12-13. Isfahan.Iran.
15. Mianabadi Hojjat. Afshar Abbas. 2008, multi attribute Decision Making to rank urban water supply Scheme, water and watershed journal, 19. 66. 34 – 45.
 16. Roy Bernard. 2003, the outranking Approach and the foundation of ELECTRE Methods, Theory and Decision, 31, 1991. 49-73.
 17. Saaty, Thomas.L., 2001, Decision making for leader RWS Publication , 315P.
 18. Safaa Abdelraouf Ahmed, Shadia Ragheb Tewfik. 2002. Development and Verification if a Decision Support System for the Selection if optimum water reuae Scheme, Desalination, V152, PP 339 -352
 19. 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.
 20. Tille,Mann, Dumont, Andre.G., 2003, Methods of Multicriteria Decision Analys Within the Road Project like an Element of the Sustainability, 3 rd Swiss Transport Reserch Conferense , March 19-21.
 21. 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.
- روش حوضچه‌های تغذیه با استفاده از GIS. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۳: ۶۳۵ – ۶۴۷.
7. Anand Raj PA. Kumar Nagesh. 1996, Ranking of niver basin alternative using ELECTER. Hydrological Science, 41, 326-335.
 8. Bize Jean. Bouguet Lucien. Lemoine Jacques.1972, L'alimentation artificiale ded nappes souterraines, Masson & Cie, 150-185.
 9. Despice Ozren. Simonovic Slobodan P. 2006, Aggression Operation for Soft Decision Making In Water Resource, Fuzzy Sets and System, 15. 11-33.
 10. Dey Prasanta Kumar. Ramcharan Eugene K. 2000, Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados, Journal of Environmental Management, 15(4)480-495.
 11. Freeze R.Allan . Cherry John.A. 1979, Groundwater prentice-Hall. Englewood Cliff, New Jersey.
 12. Krishnomurthy J. Kumar Venkatesa. 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.
 13. Limon Gomez.A. Martinez Yolanda. 2006, Multicriteria modeling of irrigation water Marked at basin level:aspsnish Case Study, European journal of operational of Research, 173. 313-336.
 14. Mianabadi Hojjat. Afshar Abbas. 2007, Fuzzy group Decision Making and its Application in