DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106452

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 8, Issue 2, 2016, Pages 140-151

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۸، شماره ۲، ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۰-۱۵۱

کاربرد روش VIKOR در مدیریت و برنامه‌ریزی اجرای بندهای سنگی-ملاتی در حوزه آبخیز یخلقان ماکو

مهشید سوری*[۱]، خدیجه ترک[۲] و ام‌البنین بذرافشان[۳]

[۱] استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، [۲] کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه و [۳] استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸

چکیده

یکی از مهمترین و ابتدایی‌ترین مراحل ساخت سد، مکان‌یابی احداث سازه می‌باشد. مکان‌یابی سازه‌های آبخیزداری از جمله تحلیل‌های مکانی است که در صورت مدیریت صحیح، تاثیر فراوانی در کاهش هزینه فعالیت‌های آبخیزداری دارد. تعیین ویژگی‌های زیرحوضه‌ها و شناخت خصوصیات آن‌ها در حوزه آبخیز، برای اجرای صحیح سازه‌های آبی از اهمیت بالایی برخوردار است. در صورت اجرای پروژه‌ها در مکان‌های نامناسب، علاوه بر هدر رفت سرمایه ملی، وقوع پدیده‌هایی نظیر سیلاب‌های مهیب، سبب بدتر شدن شرایط حوضه‌ها خواهد شد. هدف این پژوهش، معرفی و تبیین روش‌های سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در رتبه‌بندی زیرحوضه‌های بحرانی به‌منظور مکان‌یابی صحیح پروژه‌های آبخیزداری می‌باشد. در پژوهش حاضر، نه معیار موثر به منظور مکان‌یابی سدهای سنگی-ملاتی در ده زیرحوضه حوزه آبخیز یخلقان ماکو شناسایی و تعیین شدند. سپس معیارها به کمک ماتریس زوجی روش AHP وزن‌دهی و زیرحوضه‌ها با روش‌های TOPSIS و VIKOR جهت اجرای سدهای سنگی-ملاتی اولویت‌بندی شدند. با توجه به نتایج، مهمترین معیارهای موثر جهت مکان‌یابی سدهای سنگی-ملاتی، مساحت زیرحوضه و معیار طول آبراهه اصلی با بیشترین وزن به‌ترتیب وزن‌های ۰/۱۹۱ و ۰/۲۰۴ بودند. معیارهای فاصله روستا تا جاده نیز با کمترین وزن ۰/۰۳۳، پایین‌ترین اهمیت را به خود اختصاص دادند. در نهایت زیرحوضه‌ها جهت اجرای سدهای سنگی-ملاتی به کمک هر دو روش اولویت‌بندی شدند و نتایج حاصل از هر دو روش، زیرحوضه‌های یکسانی را به‌عنوان زیرحوضه‌های بحرانی تعیین کردند.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان غربی، اولویت‌بندی، پروژه‌های آبخیزداری، سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، TOPSIS

مقدمه

مدیریت و برنامه‌ریزی در سطح حوزه‌های آبخیز همواره یکی از چالش‌های مهم پیش روی مدیران صنعت آب کشور بوده است. عموماً مسائلی مانند مکان‌یابی و اجرای سازه‌های آبی در کنار شاخص‌های دیگر اجتماعی، اقتصادی، حفظ محیط زیست و ... از جمله اهدافی می‌باشد که گاهاً با هم در تضاد هستند. اصولاً طرح‌های مکان‌یابی و اجرای سازه‌های آبی دارای ابعاد و پیچیدگی‌های مختلفی می‌باشند، به‌خصوص در زمانی که در یک حوزه آبخیز مسائل مختلفی همچون تامین نیازهای شرب و کشاورزی، ملاحظات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی مطرح باشد. جامع نگری

* مسئول مکاتبات: m.souri@urmia.ac.ir

www.SID.ir
Archive of SID

این اهداف نیازمند به کارگیری روش‌های خاص می‌باشد که کمتر در پژوهش‌های گذشته به‌خصوص در کشور ایران به آن توجه شده است. از جمله این روش‌ها، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره هستند که می‌توانند به رتبه‌بندی و انتخاب گزینه برتر با توجه به معیارهای مختلف مدنظر تصمیم گیرندگان بپردازند. اجرای سازه در مکان نامناسب، علاوه بر هدر رفت هزینه‌ها سبب شکست سازه و ایجاد عوارض مخربی همچون سیلاب های مهیب می‌شود (Fathi و Salajegheh، ۲۰۰۸). تاپسیس از مدل‌های جبرانی بوده که در زیر گروه سازشی قرار می‌گیرد (در زیر گروه سازشی، گزینه‌ای ارجح خواهد بود که نزدیک-ترین گزینه به راه حل ایده آل باشد). الگوریتم تاپسیس یک روش تصمیم‌گیری بسیار تکنیکی و قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده آل می‌باشد. این مدل، یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و در تصمیم‌گیری‌ها از آن استفاده زیادی می‌شود. در این الگوریتم فرض می‌شود، هر شاخص و معیار در ماتریس تصمیم‌گیری دارای مطلوبیت افزایشی و یا کاهشی یکنواخت است و به بیان دیگر مقادیری که معیارها در این ماتریس کسب می‌کنند، اگر از نوع سود بود هر چه مقدارش بیشتر باشد، دارای مطلوبیت بالاتر و اگر از نوع هزینه بود دارای مطلوبیت پایین‌تری می‌باشد. در این مدل جهت انجام محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها بایستی از نوع کمی بوده و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها، بایستی آن‌ها را به مقادیر کمی تبدیل نمود (Dastorani و همکاران، ۲۰۱۲). روش راه حل توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره (وایکور)، روشی جدید در تصمیم‌گیری چند معیاره[1] است. این روش بر رتبه‌بندی و تعیین راه حل‌های سازگار برای حل مسائل با معیارهای متفاوت متمرکز شده است که می-تواند به تصمیم‌گیرندگان برای رسیدن به تصمیم نهایی کمک کند. راه حل سازگار یک راه حل شدنی است که نزدیک‌ترین راه حل به ایده آل است و منظور از سازگاری نیز جوابی است که بر اساس توافق متقابل حاصل می‌شود. در این روش به‌طور هم‌زمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده نمود (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۷). گزارش‌های بسیار زیادی از کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در حوضه‌های مختلف علوم و فنون مهندسی، مدیریت، علوم اجتماعی و ... منتشر شده است که نشان‌دهنده قابلیت بالای کاربرد این روش‌ها در حل مسائلی است که همواره بیش از یک معیار و یا یک تصمیم گیرنده در آن دخیل هستند. از آن جایی که اغلب مسائل مدیریت منابع آب، مسائلی پیچیده، دارای عدم قطعیت بالا، با اهداف بهره‌برداری و معیارهای ارزیابی مختلف هستند، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کمک شایانی به مدیران و تصمیم گیرندگان صنعت آب جهت رسیدن به بهترین طرح مدیریتی با در نظر گرفتن معیارها و اولویت‌های بهره‌برداری مختلف می‌نماید که مقالات و گزارشات مطالعه شده، صحت این ادعا را ثابت می‌کند (Yevjevich، ۲۰۰۱). Srdjevic و همکاران (۲۰۰۴)، روش TOPSIS[2] را در ارزیابی سناریوهای مدیریتی منابع و اولویت‌بندی آن‌ها به‌کار گرفت. Hafezparast و Iraqinegad (۲۰۱۰)، تحقیقی در زمینه تعیین مهمترین معیارهای توسعه پایدار حوزه‌های آبخیز انجام دادند. ایشان برای ارزیابی معیارها و انتخاب بهترین گزینه، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده نمودند. Razavi toosi و همکاران (۲۰۰۶)، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی گروهی، جهت ارزیابی و رتبه‌بندی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌های کارون بزرگ استفاده کردند. Afshar و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی قابلیت استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای بررسی طرح‌های مختلف رودخانه کارون در ایران با توجه به معیارهای مختلف اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و ... پرداختند. در پژوهشی Jafarnejad و همکاران (۲۰۰۷)، وضعیت کیفی آب رود کارون در محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری را بررسی کردند. ایشان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تاثیر منابع آلاینده نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای را ارزیابی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شبکه پایش

[1] Multiple Attribute Decision Making

[2] Technique for Prefernce by Similarity to Ideal Solution

Archive of SID
www.SID.ir

کیفی رودخانه کارون را اولویت‌بندی کردند. Eugene و همکاران (۲۰۰۸)، از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز ریمله در استان لرستان در راستای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز استفاده کردند. برای انتخاب بهترین گزینه چهار معیار شامل هزینه، حفاظت خاک، کاهش سیلاب و تولیدات زراعی و دامی مشخص شد. سپس بر اساس نظرات کارشناسان، اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه زوجی شد که پس از انجام محاسبات، هزینه اجرا به‌عنوان مهمترین معیار و عملیات بیولوژیک به‌عنوان بهترین طرح معرفی شدند. در پژوهشی Faraji و همکاران (۲۰۱۲)، به کمک مدل وایکور به بررسی و سنجش کیفیت زندگی در مناطق روستایی (مطالعه موردی دهستان آق بلاغ استان زنجان) پرداختند. همچنین در مطالعه‌ای Badri و همکاران (۲۰۱۳) به رتبه‌بندی سطح پایداری نقاط روستایی بر اساس مدل وایکور در روستاهای شهرستان فسا–استان فارس پرداختند. ایشان بیان کردند که روش وایکور از قابلیت بالایی در رتبه‌بندی برخوردار است. Amiri (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای به کمک روش وایکور فازی به تصمیم‌گیری گروهی برای انتخاب ابزار ماشین پرداخت و نتایج ایشان گویای توانایی روش وایکور در انتخاب هدف مذکور بود. Simonovic و Verma (۲۰۰۴)، از روش تاپسیس در رتبه‌بندی طرح‌های مدیریت منابع آب استفاده کردند. Kalantar و همکاران (۲۰۱۴)، در پژوهشی در زمینه رتبه‌بندی مناطق وقوع جرم در شهر تهران به کارایی روش AHP همراه با روش VIKOR[1] گزارش داده‌اند و مدل وایکور را دارای قابلیت بالایی در ارائه نتایج منطبق با واقعیت دانسته‌اند. Zadegan bavi و Graily (۲۰۱۳)، پژوهشی در زمینه انتخاب مکان مناسب جهت احداث واحدهای صنعتی چوب و کاغذ با استفاده از روش کمی وایکور در بین ۲۰ استان کشور انجام دادند، جهت وزندهی معیارها احداث کارخانجات چوب و کاغذ از روش AHP استفاده شد. نتایج معرف نه استان برای احداث کارخانه‌های چوب و کاغذ می‌باشد که استان گیلان در رتبه نخست قرار گرفت.

با توجه به اهمیت و لزوم اجرای سازه‌های آبی از جمله سدهای سنگی-ملاتی در مکان‌های صحیح، در این تحقیق سعی بر آن شد که کارایی تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (تکنیک‌های تاپسیس و وایکور) در مکان‌یابی پروژه سدهای سنگی-ملاتی در حوزه آبخیز یخلقان ماکو مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوزه آبخیز یخلقان ماکو با مساحت تقریبی ۷۲۰۴ کیلومتر مربع از لحاظ تقسیمات استانی در استان آذربایجان غربی، شهرستان ماکو و در حد فاصل ˚۴۴ ´۳۵ تا ˚۴۴ ´۴۳ طول شرقی و ˚۳۱ ´۳۹ تا ˚۳۷ ´۳۹ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). بلندترین نقطه ارتفاعی حوزه آبخیز ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه که در محل خروجی می‌باشد، دارای ۸۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا است. منطقه مورد مطالعه بر اساس روش آمبرژه دارای اقلیم خشک سرد می‌باشد. بارش سالانه حوضه مورد نظر در حدود ۲۷۰/۵ میلی متر به‌طوری که در بهمن به حداکثر مقدار (۵۲ میلی‌متر) می‌رسد و سپس از مقدار بارندگی کاسته می‌شود و در مهر ماه به حداقل مقدار خود (نه میلی‌متر) می‌رسد.

روش پژوهش: گام‌های پیاده‌سازی سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری به قرار زیر است.

گام اول، ارزیابی معیارها: اولین گام، ساختن نمودار شاخه درختی است که به شکل یک درخت شامل اهداف، معیارها و زیرمعیارها می‌باشد (شکل ۲). در مراجع مختلف، اسم این ساختار، درخت معیارها، درخت مقادیر و یا آن‌طور که Saaty (۱۹۸۰) تعریف کرده است، تحلیل سلسله مراتبی نامیده شده است. معیارها، برای ارزیابی اهداف در یک مسئله تصمیم‌گیری به‌کار برده می‌شود. در واقع معیارها ملاکی هستند تا میزان مناسب بودن یک گزینه در خصوص یک هدف خاص را مشخص نمایند، باید از بزرگ شدن مجموعه معیارها حتی الامکان جلوگیری شود و در صورت لزوم آن‌ها را به چند معیار مهم و

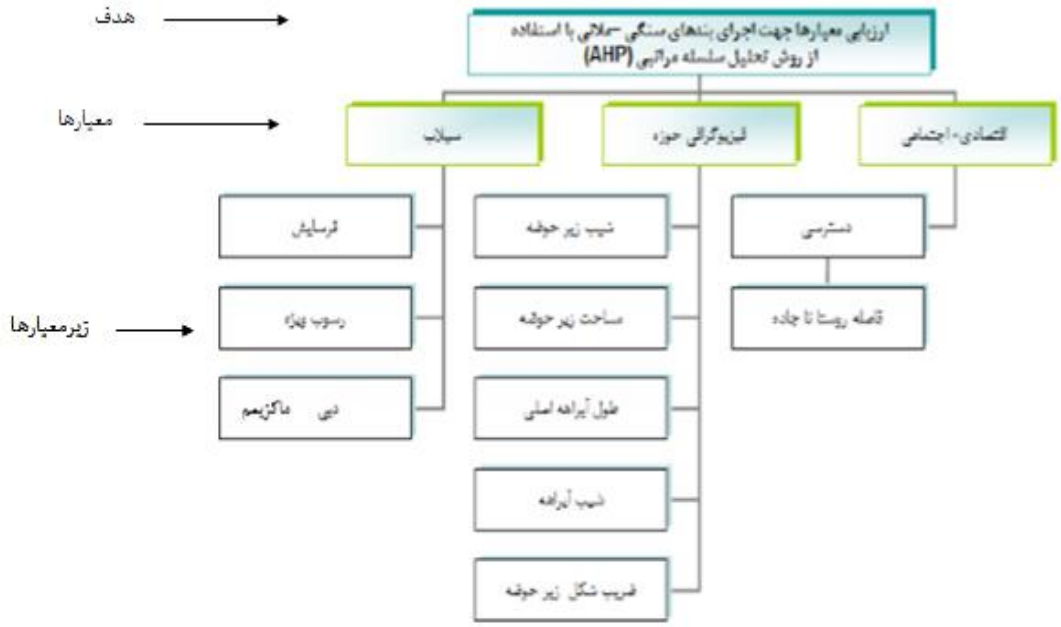
[1] Vlsekriterijumska Optimizacija I Komrromisno Rrsenje (واژه‌ای صربستانی)

Archive of SID

www.SID.ir

اساسی تبدیل نمود. گام اول برای هر دو تکنیک مشترک می‌باشد.

شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز یخلقان در شهرستان ماکو و استان آذربایجان غربی



شکل ۲- فلوچارت شاخه درختی به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

www.SID.ir

گام دوم، تعیین اولویت زیرحوضه‌ها جهت احداث سدهای سنگی-ملاتی: این گام، هم با دو روش تاپسیس به کمک بسته نرم‌افزاری TOPSIS، Lulachy (۲۰۰۸)، و روش وایکور با استفاده از نرم‌افزار Execl و در طی مراحل مختلفی که در ادامه تشریح می‌شود، انجام گرفته است.

الف: با استفاده از روش TOPSIS و در هفت مرحله (Lulachy، ۲۰۰۸):

- مرحله اول: تشکیل ماتریس خام داده‌ها مطابق رابطه (۱).

$$x=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ . & . & . \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

که در آن، سطرها نشان‌دهنده زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه شامل زیرحوضه‌های A تا H (m=10) و ستون‌ها معرف نه معیار مورد بررسی شامل معیارهای مساحت زیرحوضه، شیب زیرحوضه و ... (n=9) می‌باشند.

- مرحله دوم: تشکیل ماتریس نرمالیزه مطابق رابطه (۲).

$$v_{ij}=\frac{x_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^{m} {x_{ij}}^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad i=(1,2,...,n) \qquad (۲)$$

که در آن، v_{ij} نمایه‌های تشکیل‌دهنده ماتریس نرمالیزه شده و x_{ij} نشان‌دهنده مقدار معیار j در زیرحوضه i می‌باشد. ماتریس حاصل از نمایه‌های v_{ij}، ماتریس قطری $W_{n\times n}$ است که ماتریس نرمالیزه شده نام دارد.

- مرحله سوم: تشکیل ماتریس وزن‌دهی: ماتریس تصمیم در واقع پارامتری است و لازم است کمی شود، به این منظور تصمیم گیرنده برای هر شاخص وزنی را معین می‌کند. مطابق رابطه (۳).

$$v=N_D\times W_{n\times n} \qquad (۳)$$

که در آن، $W_{n\times n}$ ماتریس نرمالیزه شده، N_D ماتریس وزن‌های معیارها و v ماتریس موزون شده است.

یکی از مسائل مهم در تصمیم‌گیری، وزن دادن به هر یک از معیارها است که روش‌های گوناگون و متفاوتی برای آن وجود دارد. وزن هر یک از معیارها نشان می‌دهد که هر یک از معیارها تا چه حد مهم هستند و تا چه میزان بر روی تصمیم‌گیری تأثیر دارند. از بین روش‌های ذکر شده برای وزن‌دهی، بر اساس روش ال ساعتی فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] کارایی بیشتری دارد. زیرا این روش هم توانایی وزن‌دهی معیارهای کمی و هم کیفی را داراست (Barshandeh و همکاران، ۲۰۱۲). تکنیک AHP یک روش ریاضی برای تحلیل مشکلات پیچیده و یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه است که امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم کرده و همچنین، امکان در نظر گرفتن و ارزیابی معیارهای مختلف کمی و کیفی را به‌طور همزمان دارد. مکانیسم استفاده از این روش به این صورت بود که پس از طراحی نمودار سلسله مراتبی برای معیارهای تاثیرگذار، وزن‌دهی معیارها از طریق ماتریس مقایسه زوجی انجام شد. در این ماتریس معیارها به صورت دو به دو با هم مقایسه و بر اساس جدول ال ساعتی وزن‌دهی شدند (Saaty، ۱۹۸۰).

- مرحله چهارم: محاسبه راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی مطابق رابطه (۵ و ۶):

(۵) شاخص سود

$$A^+=\{(\max v_{ij}\,|\,j\in j_1),(\min v_{ij}\,|\,j\in j_2)/ \; i=1,2,...,n\}$$
$$A^+=\{v_1^+,v_2^+,...,v_n^+\}$$
$$i=(1,2,...,n)$$

(۶) شاخص هزینه

$$A^-=\{(\min v_{ij}\,|\,j\in j_1),(\max v_{ij}\,|\,j\in j_2)/ \; i=1,2,...,m\}$$
$$A^-=\{v_1^-,v_2^-,...,v_m^-\}$$
$$i=(1,2,...,n)$$

که در آن‌ها، iها نشان‌دهنده زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه (A تا H) و jها معرف نه معیار مورد بررسی می‌باشند. v_{ij} نمایه‌های تشکیل‌دهنده ماتریس نرمالیزه شده، و A^+ و A^- به‌ترتیب نشان‌دهنده گزینه با بیشترین اولویت (جواب ایده‌آل مثبت) و گزینه با کمترین اولویت (بدترین جواب) است.

[1] Analytical Hierarchy Process

Archive of SID

www.SID.ir

- مرحله پنجم: اندازه فاصله (d) بین گزینه‌ها را با استفاده از روش اقلیدسی سنجیده می‌شود. به ازاء راه حل ایده آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه به ازاء راه حل ایده آل مثبت و گزینه منفی مطابق روابط (۷ و ۸) مقادیر d^+ و d^- محاسبه می‌شوند.

$$d_i^+ = \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \quad (۷)$$
$$i = (1.2,...,n)$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \quad (۸)$$
$$i = (1.2,...,n)$$

که در آن‌ها، iها نشان‌دهنده زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه (A تا H) و jها معرف نه معیار مورد بررسی می‌باشند. v_{ij} نمایه‌های تشکیل دهنده ماتریس نرمالیزه شده هستند. مقادیر d^+ و d^- اندازه فواصل اقلیدسی می‌باشند.

- مرحله ششم: محاسبه نزدیکی نسبی زیرحوضه‌ها (شامل زیرحوضه A تا H) به راه حل ایده آل مثبت مطابق رابطه (۹).

$$c_i = \frac{d_i^-}{\left(d_i^- + d_i^+\right)} \quad (۹)$$
$$0 \prec C_i \prec 1$$

که در آن، C_i نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل است.

مشخص است که هر چه فاصله زیرحوضه‌ها از راه حل ایده آل کمتر باشد، نزدیکی نسبی، به عدد یک نزدیک‌تر خواهد بود.

- مرحله هفتم، رتبه‌بندی گزینه‌ها: نهایتاً گزینه‌ها بر اساس ترتیب نزولی رتبه‌بندی می‌شوند. هرگزینه A_i به راه حل ایده آل نزدیک‌تر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس ترتیب نزولی C_iها می‌توان گزینه‌های موجود را بر اساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی نمود (Azar و Rajabzadeh، ۲۰۰۲).

ب: با استفاده از روش VIKOR و در هفت مرحله Sanayei و همکاران (۲۰۱۰):

۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری مطابق رابطه (۱۰).

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ . & . & . \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

که در آن، سطرها نشان دهنده زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه شامل زیرحوضه‌های A تا H (m=10) و ستون‌ها معرف نه معیار مورد بررسی شامل معیارهای مساحت زیرحوضه، شیب زیرحوضه و (n=9) می‌باشند.

۲. محاسبه مقادیر نرمال شده مطابق رابطه (۱۱) انجام می‌شود.

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} {x_{ij}}^2}} \quad (۱۱)$$
$$j = 1,2,...,n$$
$$i = 1,2,...,m$$

که در آن، در نمایه X_{ij}، iها نشان دهنده زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه (A تا H) و jها معرف نه معیار مورد بررسی می‌باشند. همچنین، f_{ij} نشان دهنده مقدار نرمال شده معیار jام در زیرحوضه iام می‌باشند.

۳. تعیین بهترین و بدترین مقدار برای همه توابع f مطابق رابطه (۱۲ و ۱۳):

اگر تابع f نشان دهنده سود (مثبت) باشد، بر اساس رابطه (۱۱) مقادیر بهترین و بدترین محاسبه می‌شود.

$$f_i^- = \max f_{ij} \qquad f_i^* = \min f_{ij} \quad (۱۲)$$

اگر تابع f نشان دهنده هزینه (منفی) باشد، بر اساس رابطه (۱۲) مقادیر بهترین و بدترین محاسبه می‌شود (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۷).

$$f_j^- = \min f_{ij} \qquad f_j^* = \max f_{ij} \quad (۱۳)$$

بر این اساس می توان بهترین و بدترین مقادیر را برای تابع f مشخص نمود.

۴. تعیین وزن و درجه اهمیت معیارها: برای بیان اهمیت نسبی معیارها باید وزن نسبی آن‌ها را تعیین کرد. در این زمینه روش‌های متعددی مانند ANP، AHP، Linmap، آنتروپی شانون، بردار ویژه و مانند آن وجود دارند. در این پژوهش از روش AHP برای تعیین وزن معیارها استفاده شده است. نتایج وزن‌دهی در جدول ۲ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

۵. محاسبه مقادیر گزینه‌ها با راه حل ایده آل مطابق رابطه (۱۴ و ۱۵): در این مرحله فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت محاسبه شده و تجمیع آن بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_i \left(f_j^* - f_{ij}\right) / \left(f_j^* - f_j^-\right) \qquad (۱۴)$$

$$R_i = Max\left[W_i \left(f_j^* - f_{ij}\right) / \left(f_j^* - f_j^-\right)\right] \qquad (۱۵)$$

که در آن‌ها، S_i فاصله گزینه i نسبت به راه حل ایده آل (ترکیب بهترین) و R_i فاصله گزینه i از راه حل ایده آل منفی (ترکیب بدترین) می‌باشد.

۶. محاسبه شاخص ویکور (Q_i) مطابق رابطه (۱۶):

$$Q_i = v\left[S_i - S^- / S^* - S^-\right] + (1-v)\left[R_i - R^- / R^* - R^-\right] \qquad (۱۶)$$

که در آن، v وزن اکثریت معیارها یا حداکثر مطلوبیت گروهی است. همچنین، نسبت $S_i - S^- / S^* - S^-$ میزان فاصله از راه حل ایده آل مثبت گزینه iام، و نسبت $R_i - R^- / R^* - R^-$ نشان دهنده فاصله از راه حل ایده آل منفی برای گزینه iام است.

زمانی که V بزرگ‌تر از ۰/۵ است، شاخص Q_i حداکثر توافق، در حالت کوچک‌تر از ۰/۵ نشان دهنده حداکثر نگرش منفی و در حالت برابر ۰/۵ نشانگر توافق گروهی برابر می‌باشد.

۷. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q_i

نتایج و بحث

جدول ۱ مشخصات کاملی از زیر حوضه‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۱- مقدار معیارها در زیر حوضه‌ها

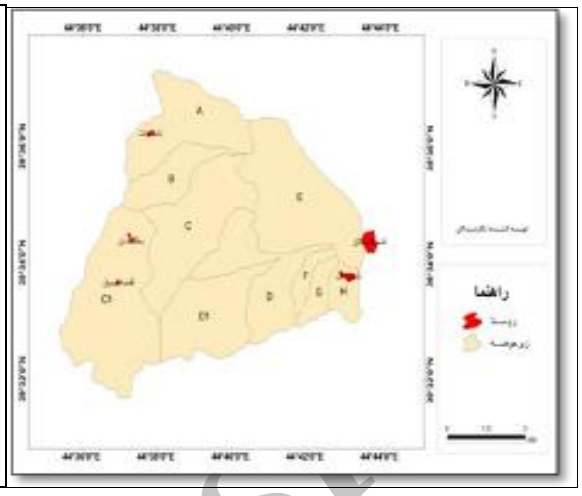
زیر حوضه	معیارهای اصلی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه								
	مساحت زیرحوضه (کیلومتر مربع) j=۱	شیب زیرحوضه (درصد) j=۲	ضریب شکل زیرحوضه j=۳	شیب آبراهه (درصد) j=۴	طول آبراهه اصلی (کیلومتر) j=۵	دبی ماکزیمم (مترمکعب بر ثانیه) j=۶	فرسایش زیرحوضه (تن در هکتار در سال) j=۷	رسوب‌ویژه زیرحوضه (تن در هکتار در سال) j=۸	فاصله روستاهای موجود با جاده (کیلومتر) j=۹
A i=۱	۸/۰۷	۸/۱۱	۰/۱۱	۴/۰۴	۴/۶۵	۰/۵۷	۸/۵۰	۴/۰۸	۰/۰۴۰۲
B i=۲	۳/۹۶	۲/۲۸	۰/۲۳	۱۰/۴	۵/۲۱	۰/۵۶	۱۱/۱۹	۴/۷۰	-
C_1 i=۳	۱۰/۸۸	۳/۱۹	۰/۳۷	۱۴	۵/۹۰	۰/۱۶	۸/۹۶	۵/۱۱	۰/۱۵۰
C i=۴	۱۰/۶۱	۶/۳۲	۰/۲۱	۱۱/۵	۴/۷۶	۰/۵۷	۶/۷۲	۳/۴۳	-
D_1 i=۵	۸/۲۷	۷/۲۲	۰/۲۴	۱۶	۵/۷۵	۰/۵۹	۱۲/۶۶	۵/۹۵	-
D i=۶	۷/۸۸	۷/۱۸	۰/۲۴	۱۰/۶	۵/۷۳	۰/۵۵	۱۲/۹۳	۵/۸۲	-
E i=۷	۱۳/۱۲	۵/۱۶	۰/۲۵	۳/۳	۶/۶۶	۰/۵۲	۷/۷۴	۴/۱۸	-
F i=۸	۱/۲۵	۷/۱۱	۰/۱۳	۱۷/۴	۲/۸۶	۰/۵۶	۱۳	۵/۳۳	-
G i=۹	۱/۶۶	۹/۱۱	۰/۱۹	۲۰/۵	۲/۷۴	۰/۵۵	۱۳/۰۲	۴/۹۵	-
H i=۱۰	۱/۸۴	۴/۱۱	۰/۵۳	۹/۶	۱/۶۸	۰/۶	۱۱/۷۶	۴/۵۹	۰/۰۸۲۸

(-) عدم وجود روستا در زیرحوضه

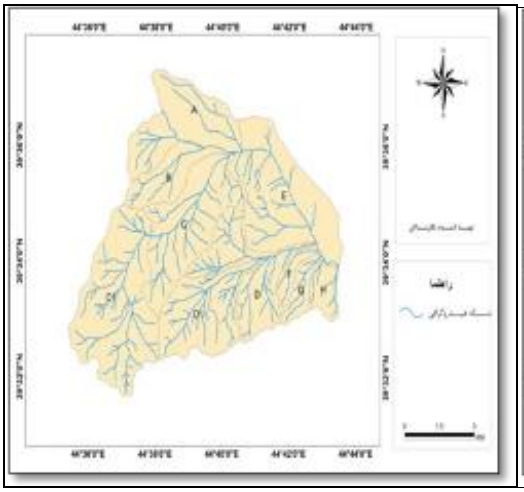
Archive of SID

www.SID.ir

با بررسی‌های به‌عمل آمده معلوم شد که معیارهای کمی و کیفی متفاوتی در تعیین مکان مناسب اجرای پروژه‌های آبخیزداری دخیل هستند. دو نمونه از نقشه‌های مربوط به معیارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر، در قالب شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.



شکل ۳- نقشه زیرحوضه‌ها



شکل ۴- نقشه شبکه آبراهه

نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین وزن جهت اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به‌منظور اجرای سدهای سنگی-ملاتی متعلق به معیار طول آبراهه اصلی با وزن ۰/۲۰۴ و سپس مساحت زیرحوضه با وزن ۰/۱۹۱ می‌باشد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مراحل دو روش TOPSIS و VIKOR در ادامه در قالب جداول ۳ الی ۶ ارایه داده شده است. در مرحله آخر ارزش‌دهی، زیرحوضه‌ها به‌ترتیب نزولی در روش TOPSIS و در روش VIKOR به‌صورت صعودی مرتب شدند.

جدول ۲- نتایج حاصل از وزن دهی معیارها با روش AHP

ردیف	معیار	وزن معیار
۱	رسوب ویژه زیرحوضه	۰/۱۱۹
۲	فرسایش زیرحوضه	۰/۱۲۰
۳	شیب زیرحوضه	۰/۱۰۷
۴	ضریب شکل زیرحوضه	۰/۱۰۲
۵	طول آبراهه اصلی	۰/۲۰۴
۶	مساحت زیرحوضه	۰/۱۹۱
۷	دبی ماکزیمم	۰/۰۸۰
۸	شیب آبراهه	۰/۰۵۱
۹	فاصله روستاهای موجود در زیر حوضه با جاده	۰/۰۳۳

جدول ۳- محاسبه راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی روش TOPSIS

شاخص	مساحت زیرحوضه	شیب زیرحوضه	ضریب شکل زیرحوضه	شیب آبراهه	طول آبراهه اصلی	دبی ماکزیمم	فرسایش زیرحوضه	رسوب ویژه زیرحوضه	فاصله روستاهای موجود با جاده
A^+	۰/۰۷۲	۰/۰۵۷	۰/۰۷	۰/۰۲۸	۰/۰۷۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰۱
A^-	۰/۰۳۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۴۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۲۸

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴- بهترین و بدترین مقدار برای همه توابع معیارها در روش VIKOR

شاخص	مساحت زیرحوضه	شیب زیرحوضه	ضریب شکل زیرحوضه	شیب آبراهه	طول آبراهه اصلی	دبی ماکزیمم	فرسایش زیرحوضه	رسوب ویژه زیرحوضه	فاصله روستاهای موجود با جاده
f*	۰/۹۳	۰/۵۲۵	۰/۰۳	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۰۱۷	۰/۶۳	۰/۳۰	۰/۰۰۴
f	۰/۲۵۰	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۵۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۰۰۱

جدول ۵- نتایج حاصل از رتبه‌بندی معیارها TOPSIS

رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از روش سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری TOPSIS

رتبه	Q	زیرحوضه
۱	۰/۶۲۸	D_1
۲	۰/۶۰۹	D
۳	۰/۵۳۰	C_1
۴	۰/۵۱۷	G
۵	۰/۵۰۹	H
۶	۰/۵۰۸	E
۷	۰/۴۶۶	F
۸	۰/۴۴۹	C
۹	۰/۴۳۴	A
۱۰	۰/۴۲۶	B

جدول ۶- نتایج حاصل از رتبه‌بندی معیارها VIKOR

رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از روش سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری VIKOR

رتبه	Q	R	S	زیرحوضه
۱	۰	۰/۱۶	۰/۶۶	D_1
۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۶۱	D
۳	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۷۴	G
۴	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۶۳	F
۵	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۳۰	H
۶	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۵۳	C_1
۷	۰/۴۹	۰/۱۲	۰/۵۳	B
۸	۰/۷۱	۰/۱۰	۰/۴۰	A
۹	۰/۷۱	۰/۰۹	۰/۳۴	E
۱۰	۱	۰/۱۱	۰/۴۶	C

نتایج حاصل از روش TOPSIS در جدول‌های فوق، نشان داد که که زیرحوضه D_1 با داشتن معیار مساحت ۸/۲۵ کیلومتر مربع، طول آبراهه اصلی ۵/۷۵ کیلومتر و کسب ارزش ۰/۶۲۸، اولویت اول و زیرحوضه B با کسب ارزش ۰/۴۲۶ در اولویت انتهایی جهت اجرای سازه‌های سنگی–ملاتی قرار می‌گیرند. همچنین، محاسبات انجام شده با روش VIKOR نشان داد، زیرحوضه D_1 با توجه به معیارهای نه‌گانه مورد بررسی جهت مکان‌یابی سدهای سنگی–ملاتی در منطقه مورد مطالعه در بالاترین رتبه با کسب ارزش صفر و زیر

Archive of SID

www.SID.ir

حوضه E با کسب ارزش یک در پایین‌ترین رتبه قرار می‌گیرند.

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که بر اساس هر دو روش، سه زیرحوضه D1، D و H رتبه‌های یکسانی دریافت نموده‌اند که بیانگر این مطلب می‌باشد که روش‌های سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و وایکور با وجود دارا بودن الگوها و الگوریتم‌های متفاوت در محاسبات، نتایج مشابه‌ای ارائه می‌دهند و دو روش تاپسیس و وایکور، کارایی مناسبی در مکان‌یابی سدهای سنگی-ملاتی را دارا هستند. در این راستا Mohammadi (۲۰۱۰) چنین اظهار می‌کند که روش‌های تاپسیس و وایکور روش‌های ریاضیاتی و جبری هستند و در هر دو مدل ذکر شده محاسبه فاصله نسبت به شرایط ایده آل صورت می‌گیرد. همچنین وی بیان می‌کند که هم در روش تاپسیس و هم در وایکور از هر دو دسته داده‌های کمی و کیفی استفاده می‌شود و هر دو مدل در زمینه رتبه‌بندی قابل استفاده می‌باشند. Sabaghian و همکاران (۲۰۱۰)، در پژوهشی به مقایسه دو روش تصمیم‌گیری چند شاخصه در اولویت‌بندی و انتخاب ساختگاه مناسب سد پرداختند. نتایج تحقیقات ایشان بر کارایی روش TOPSIS به‌عنوان روش مناسبی در اولویت‌بندی گزینه‌ها، به دلیل ماهیت مقایسه توأم دوتایی فاصله از گزینه ایده آل و گزینه ایده آل منفی، دلالت داشت. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج Lulachy (۲۰۰۸) مبنی بر کاربرد TOPSIS به‌عنوان یکی از مطمئن‌ترین روش‌های علمی در زمینه مدیریتی، تصمیم‌گیری و روشی که منجر به ارایه خروجی‌های منطقی می‌شود، مطابقت دارد. Dastorani و همکاران (۲۰۱۲)، نیز در تحقیقی که در زمینه کاربرد روش تاپسیس در ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه‌ها به‌منظور مدیریت جامع آبخیز انجام دادند، بر کارایی روش تاپسیس در رتبه‌بندی و انتخاب معیارهای مثبت و منفی تاکید داشتند که با نتایج این پژوهش منطبق و همسو می‌باشد.

در این پژوهش معیارها و شاخص‌های متعددی برای ارزیابی زیرحوضه‌ها استفاده شده‌اند. این معیارها شامل: فرسایش زیر حوضه، رسوب ویژه زیرحوضه، شیب زیرحوضه، شیب آبراهه، دبی ماکزیمم زیرحوضه، فاصله روستا تا جاده، ضریب شکل زیرحوضه، طول آبراهه اصلی و مساحت زیرحوضه می‌باشند که از نظر خبرگان مناسب‌ترین معیارها برای مکان‌یابی بندهای سنگی-ملاتی در منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند. Sabaghian و همکاران (۲۰۱۰)، Zadegan bavi و Graily (۲۰۱۳) و Kalantar و همکاران (۲۰۱۴)، نیز در تحقیقاتشان از معیارها و شاخص‌های متعددی استفاده کردند. در تحقیق حاضر برای بیان اهمیت نسبی معیارها، وزن آن‌ها تعیین شد. در این زمینه روش‌های متعددی مانند ANP، AHP، Linmap، آنتروپی شانون، بردار ویژه و ... وجود دارند. در این پژوهش از روش AHP برای تعیین وزن معیارها استفاده شد. پژوهش‌های Duk و Hyde (۲۰۰۲) و Kamali و Mousavi (۲۰۰۱) نیز بر کاربرد مثبت تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی در فرایند وزن‌دهی معیارها و اولویت-بندی گزینه‌ها تاکید داشتند. همچنین، Kalantar و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود، از روایی، صحت و درستی روش تحلیلی سلسله مراتبی برای وزن‌دهی معیارها در کنار کارایی روش ویکور گزارش کرده‌اند.

در پژوهش‌های کاربردی، طبیعی است که سرمایه‌گذاران و کارشناسان مربوطه با در اختیار داشتن اطلاعات کلی از منطقه، بهتر بتوانند وضعیت منطقه را برآورد و اقدام به سرمایه‌گذاری کنند، اما به علت اختلاف ناشی از الگوهای روش‌های مختلف، انتخاب مناسب‌ترین روش فرایند تصمیم‌گیری تأمل بیشتری می‌طلبد. در این زمینه Mohammadi (۲۰۱۰)، نیز چنین بیان می‌کند که انتخاب روش سیستم پشتیبانی چند معیاره مناسب، به شناخت کامل از منطقه و البته هدف سرمایه‌گذاران و مجریان طرح بستگی دارد. Barshandeh و همکاران (۲۰۱۲)، نیز در تحقیقی که بر روی کاربرد روش‌های چند معیاره در مدیریت منابع آب در غرب دریاچه ارومیه، انجام دادند، بر انتخاب روش مناسب سیستم چند معیاره با توجه به اصول مدیریتی و هدف پژوهش تاکید کردند. نتایج حاصل از تحقیقات Kalantar و همکاران (۲۰۱۴) که در زمینه رتبه‌بندی نواحی شهری تهران بر اساس عوامل موثر در افزایش جُرم انجام شد، نشان دهنده توانایی روش وایکور در

Archive of SID

www.SID.ir

رتبه‌بندی و نزدیکی بسیار این مدل به واقعیت می‌باشد. با نتایج Kalantar و همکاران (۲۰۱۴) و Zadegan bavi و همکاران (۲۰۱۳)، مبنی بر انتخاب مدل وایکور به‌دلیل قابلیت اجرای مدل برای تصمیم‌گیری در زمینه ارزیابی پروژه‌ها، مکان‌یابی و بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری مدیریتی همسویی دارد.

لذا پیشنهاد می‌شود، جهت معرفی روش مناسب، در تحقیقات بعدی نتایج هر دو روش با نتایج حاصل از اقدامات انجام شده در منطقه‌های عملیاتی مقایسه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود، سایر روش‌های سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در منطقه به‌کار گرفته شود و نتایج روش‌های متفاوت با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرند.

منابع مورد استفاده

1. Afshar, A., B. Ashtian, F. Haghighirad, A. Makui and G.A. Montazer. 2010. Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets. Applied Soft Computing, 9: 457–461.
2. Amiri, M. 2007. Decision-making group for the machine tool selection using fuzzy Vikor. Journal Industrial Management Studies, 2(16): 167-188 (in Persian).
3. Azar, A. and A. Rajabzadeh. 2002. Practical decision-making approach MADM, printing, Tehran. Posted at Knowledge, 127-130 (in Persian).
4. Badri, A., H.A. Faraji, M. Javedan and H. Sharafi. 2013. Ranking the sustainability of rural areas based on the model Vikor, case study: village city fasa-Fars Province. Geography and Development, 26: 1-20 (in Persian).
5. Barshandeh, S.A., A. Shamsaei and S. Almohammadi. 2012. Multi-criteria decision-making methods in integrated management of water resources in West Lake. Iranian Hydraulic Conference, Urmia University (in Persian).
6. Dastorani, M.T., A. Karimiyan, M.R. Ibrahim and H. Roustam. 2012. Review TOPSIS method and its application in assessing the ecological potential watershed to watershed management. 8th National Conference on Science and Watershed Engineering, Lorestan (in Persian).
7. Duk, J.M. and R.A. Hyde. 2002. Identifying public preferences for land preservation using the analytic hierarchy process. Journal of Ecological Economics, 42(1-2): 131-145.
8. Eugene, M., G. Galileans and Gh. Rustamzadeh. 2008. Approach for the comprehensive management of watersheds AHP. Water Resources Management Conference, 46 pages (in Persian).
9. Faraji, H.A., T. Sadqlu and Gh.H. Sjasy. 2012. Measure quality of life in rural areas: a case study of Aq Gorge Village in Zanjan province. Journal of Rural Development, 14(4): 27-48 (in Persian).
10. Fathi, G. and A. Salajegheh. 2008. Locating the correct construction of water reservoirs and structures. The 5th National Conference on Science and Watershed Engineering Iran sustainable management of natural disasters (in Persian).
11. Hafezparast, M. and Sh. Iraqinegad. 2011. Multi-criteria decision making to achieve sustainable development of the basin using indicators of sustainability of water resources. 1st Conference on Applied Research in Water Resources, Iran (in Persian).
12. Jafarnejad, M., A.S. Azimi and Gh. Shokoohi. 2007. Evaluation of the Karun river water quality monitoring system approach to optimization methods MCDM and non-point pollution sources point the. 2nd Conference on Water Resources Management (in Persian).
13. Kalantar, M., S. Zadehvali and KH. Gholamhoseini. 2014. Ranking based on the factors in the increase in crime in urban areas, case study: district 6 area of Tehran. Journal of Urban Planning, 2(VI): 79-101 (in Persian).
14. Kamali, B. and S.J. Mousavi. 2011. Automatic calibration of HEC-HMS model simulation optimization approach. CD 5th National Congress on Civil Engineering, Ferdoosi University of Mashhad (in Persian).
15. Lulachy, M. 2008. TOPSIS algorithm to select the best depot repair centers. Maintenance Conference (in Persian).
16. Mohammadi, M. 2010. Tailings dam site selection model using TOPSIS (in Persian).
17. Opricovic, S. and G. Tzeng. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European Journal of Operational Research, 178(2): 514-529.
18. Razavi toosi, L., J. Mohammad Vali Samani and A. Koreh Pzan Dezfuli. 2006. Prioritize projects to transfer water between areas using a group of fuzzy decision Chndshakhsh. 2nd Conference on Water Resources Management, University of Technology (in Persian).
19. Saaty, T.L. 1980. The analytic hierarchy process. McGraw Hill, New York.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Sabaghian, R., M.B. Sharifi and H. Rajabi Mashhadi. 2010. Comparison of two methods of determining weights of indices in MADM ranking and selection of suitable dam site. The 5th National Congress on Civil Engineering. Ferdowsi University of Mashhad (in Persian).
21. Simonovic, S.P. and R. Verma. 2008. A new methodology for water resources multi–criteria decision making under uncertainty. Physics and Chemistry of the Earth, 33: 322–329.
22. Sanayei, A., A. Farid Mousavi, A. Yazdankhah. 2010. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 37: 24–30 (in Persian).
23. Srdjevic, B., Medeiros Y.D.P. and A.S. Faria. 2004. An objective multi-criteria evaluation of water management scenarios. European Journal of Operational Research, 18(1): 35–54.
24. Yevjevich, V. 2001. Water diversions and inter basin transfers. Water International, 26(3): 342–348.
25. Zadegan bavi, D. and M .Graily. 2013. The application of multi-criteria decision-making in locating wood and paper Iran (Chouka). 2nd National Conference on Industrial Engineering and Systems. Najafabad University, Department of Industrial Engineering (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

VIKOR methods in management and site selection of stone-mortar Dams, case study: Watershed Yakhlaqan Makoo

Mahshid Souri[*1], Khadijeh Tork[2] and Omolbanin Bazrafshan[3]
[1] Assistance Professor, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran, [2] MSc, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran and [3] Assistance Professor, Faculty of Natural Resources, Hormozgan University, Iran

Received: 02 May 2015 Accepted: 11 October 2015

Abstract

Site selection is the most significant and fundamental process in dam construction. Site selection of dam is one of the most important and effective steps of project implementation. Optimal site selection impacts on reducing the costs of dams establishing. Today, this matter is considered by managers and decision makers. So, different methods apply to site selection. Different parameters are important in text of site selection such as the sub-basins characteristics and hydraulic characteristics. This research determined the optimal location of stone–mortar dams implementation based on nine effective criteria in ten sub-watersheds in Yakhlaqan Makoo region. In this research, criteria weighting was done by AHP method. Then in order to implement stone-mortar dams, Priority of sub-watershed is identified by TOPSIS and VIKOR methods. According to the results, efficient criteria of stone-mortar dams site selection were the catchment area and channel length with 0.191, 0.204 weights. While, the road distance and villages distance were the inefficient criteria with 0.033 weights. The results of both methods identified sub-basins D1, D and H as suitable sub-basins to site selection. The purpose of this research was introduction of the decision support system techniques in identifying and ranking suitable sub-basins in the field of stone-mortar dams' site selection.

Keywords: Decision support system, Ranking, TOPSIS, Watershed management projects, West Azerbaijan

Archive of SID

[*] Corresponding author: m.souri@urmia.ac.ir

www.SID.ir