

هدفمند نمودن تخصیص اعتبارات احداث سدهای سنگی - ملاتی در مهندسی آبخیزداری با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره

خدیجه ترک*: کارشناس ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری دانشگاه ارومیه، ایران

هیراد عبقری: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ایران

مهشید سوری: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ایران

وصول: ۱۳۹۲/۱۰/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۶، صص ۱۲-۱

چکیده

با توجه به این که احداث سدهای اصلاحی در پروژه‌های آبخیزداری اعتبارات زیادی را دربر می‌گیرد، لذا مطالعات مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق بحرانی قبل از اجرای سدها باید به طور دقیق و جامع انجام شود. شناسایی دقیق مناطق فرسایش پذیر در زیرحوضه‌ها امری ضروری است و می‌توان با اقدامات مناسب آبخیزداری اعم از سازه‌ای و غیرسازه‌ای و یا تلفیقی از آنها شدت خسارات ناشی از فرسایش و رسوب زیرحوضه‌ها را کاهش داد. بنابراین توجه به زیر حوضه‌ها در اجرای فعالیت‌های سازه‌ای حوضه‌های آبخیز، در تعیین اولویت‌بندی‌ها و سیاست گذاری‌های لازم، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش تعداد ۱۱ معیار موثر در اجرای سدهای سنگی - ملاتی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد و با استفاده از نرم افزار Expert Choice وزن‌دهی گردید. سپس به کمک روش TOPSIS¹ اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها برای اجرای سدهای سنگی - ملاتی انجام شد. با توجه به نتایج، معیارهای موثر برای مکان‌یابی سدهای سنگی - ملاتی به ترتیب معیارهای فرسایش، رسوب ویژه و دبی ویژه به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۳۲، ۰/۱۰۳ و ۰/۱ بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. نهایتاً زیر حوضه‌ها برای اجرای سدهای سنگی - ملاتی به کمک روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند. با توجه به نتایج، زیر حوضه S₁ با فرسایش ۶۱/۱۴ تن بر هکتار رتبه اول و زیرحوضه S_{3-n} به عنوان آخرین زیرحوضه برای اجرای سدهای سنگی - ملاتی معرفی شدند. تعیین اولویت اجرایی احداث سازه در زیرحوضه‌ها گام مهمی در هدفمند نمودن اعتبارات بخش آبخیزداری است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی آبخیزداری، اولویت‌بندی، TOPSIS، Expert Choice

۱-مقدمه

باشد(شفقتی و صنوبر، ۱۳۸۶). بندهای اصلاحی

سازه‌های کوچکی هستند که به منظور کاهش شیب آبراهه، کاهش سرعت جریان و مهار فرسایش در آبراهه‌ها و با استفاده از مصالحی مانند چوب، سنگ، سنگ و ملات و توری سنگ ساخته می‌شوند. این سازه‌ها در سطح گسترده‌ای در طرح‌های حفاظت

فرسایش خاک و جریان سیلاب‌های ویرانگر غیرطبیعی ناشی از تخریب آبخیزها، آثار منفی زیادی به‌جای می‌گذارند. به‌خوبی روشن است که آبخیزداری به‌عنوان روشی برای حفاظت آب و خاک می‌تواند یکی از راه‌حل‌های مناسب برای مقابله با این مسائل

اهمیت معیارهای موثر در اجرای سدهای سنگی- ملاتی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از AHP مشخص و سپس با استفاده از تکنیک TOPSIS زیرحوضه‌ها برای اجرای سدهای سنگی- ملاتی اولویت‌بندی گردیدند. در زمینه استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک TOPSIS در مدیریت منابع طبیعی در داخل و خارج از کشور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

بختیاری‌فر و همکاران (۱۳۸۷) در مدل سازی تعیین کاربری اراضی با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره مکانی با توجه به معیارهای محیطی و بر اساس چهار روش تصمیم گیری مکانی شامل ELECTRE, TOPSIS AHP, SAW, مدل مناسب کاربری ها را توسعه دادند. خدانشناس و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به اولویت‌بندی محل ساخت سدهای مخزنی در ایران در چهارحوضه آبریز واقع در استان های همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام با استفاده از روش‌های تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) پرداختند که در نهایت از بین حوضه های آبریز مذکور، سه حوضه لرستان، کرمانشاه و همدان برای تخصیص اعتبارات سد سازی معرفی شدند. دستورانی و همکاران (۱۳۹۱) در مروری بر روش تاپسیس (TOPSIS) و کاربرد آن در ارزیابی توان اکولوژیکی حوزه ها به منظور مدیریت جامع آبخیز، با معرفی روش تاپسیس به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چندشاخصه به چگونگی کاربرد و اهمیت آن در ارزیابی توان اکولوژیکی و تعیین کاربری بهینه پرداختند. Srdjevic (۱۹۸۹) برای بررسی رتبه بندی چندین طرح مدیریت جامع منابع

خاک و آبخیزداری توسط دستگاه‌های اجرایی در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته (عباسی، ۱۳۸۴) و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده است. با توجه به احداث سدهای جدید در غالب نقاط کشور و هزینه های هنگفت ساخت سدها، لازم است که مطالعات به طور دقیق و جامع انجام گیرد. از مهم ترین و ابتدای ترین پارامترهای ساخت سد، مکان یابی احداث سازه است که تاثیر کلیه فاکتورهای موثر اعم از توپوگرافی و ظرفیت ذخیره محل، شکل دره، امتداد شیب لایه های زمین شناسی، فاصله با گسل، نفوذپذیری و عدم فرار آب از مخزن و. بایستی به طور دقیق در آن مورد بررسی قرار گیرد. زیرا در غیر این صورت علاوه بر هدر رفت هزینه ها چه بسا با شکست سازه سیلاب های مهیب مصنوعی رخ داده و یا احداث سازه در مکان نامناسب هیچ کاربردی در بحث مهار آب نداشته باشد و فقط به عنوان یک بند و مانع عمل نماید (فتحی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین شناخت معیارهای موثر در اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها برای اجرای سد سنگی -ملاتی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این‌گونه ارزیابی‌ها برای اتخاذ تصمیم‌گیری اصولی، معیارهای متفاوت به دو صورت کمی و کیفی مد نظر قرار می‌گیرند. ضمن آنکه به دلیل تاثیر فاکتورهای کمی و کیفی مختلف در طراحی و ساخت سدهای اصلاحی ارزیابی آنها نوعی فرایند ارزیابی چند معیاری (MCE^D) است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP^{DD}) از سیستم‌های طراحی شده جامع برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که نمایشی گرافیکی از مساله واقعی است که در رأس آن هدف کلی و در سطح‌های دیگر به ترتیب معیار و گزینه‌ها قرار دارند (مهرگان، ۱۳۸۳). در تحقیق حاضر

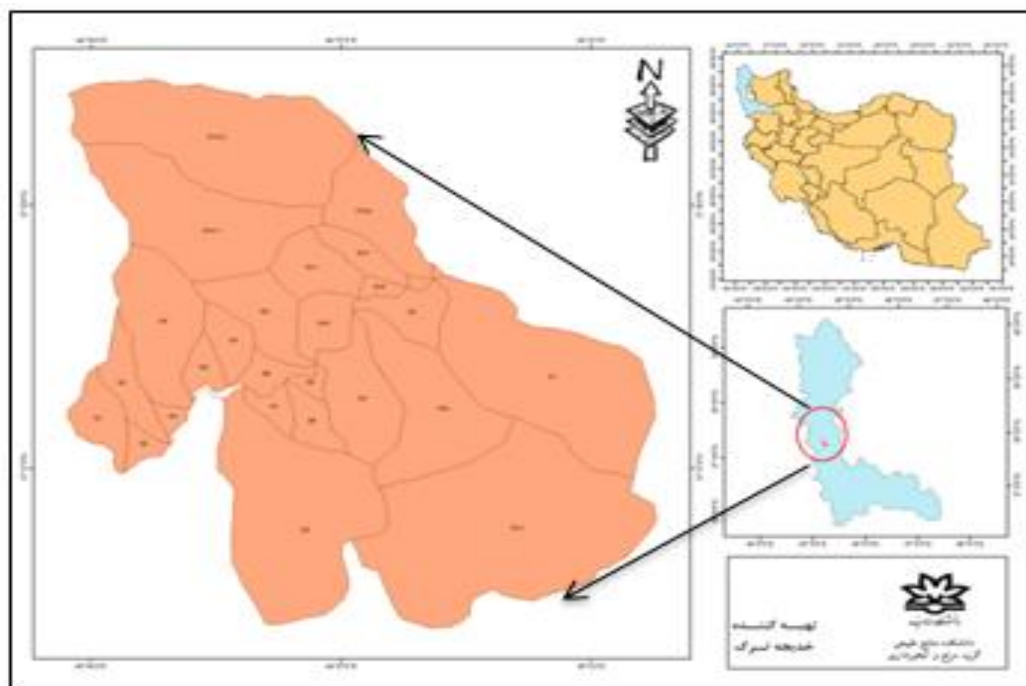
ارتفاعی حوزه آبخیز ۲۳۰۱ متر از سطح دریا و پست-ترین نقطه که در محل خروجی است دارای ۱۴۲۶ متر ارتفاع از سطح دریا است. منطقه مورد مطالعه بر اساس روش آمبرژه دارای اقلیم خشک سرد است. بارش سالانه حجمی معادل ۴۵/۰۳۲ میلیون مترمکعب در کل حوزه است، همچنین بیشترین حجم بارش در فصول بهار و زمستان نازل می‌گردد. به طوری که در فروردین به حداکثر مقدار خود می‌رسد و سپس از مقدار بارندگی کاسته می‌گردد و در شهریور به حداقل مقدار خود می‌رسد.

آب از روش‌های تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) استفاده کرد. jebar و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تکنیک های GIS^{۳۳۳} روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم مدل کننده حوضه آبخیز، روش مناسبی را برای مکان یابی نقاط مناسب ذخیره آب خارج شده از حوضه های آبخیز در مقیاس کوچک پیشنهاد کرد. Tikniouine و همکاران (۲۰۰۶) به منظور حل مسئله مکان یابی برای احداث یک سد، از یک مدل ترکیب شده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) استفاده کردند. Jazbec و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقات خود با استفاده از دو روش تحلیل آماری و فرایند سلسله مراتبی به بررسی ویژگی های راش اروپایی پرداختند. با توجه به هزینه های هنگفت احداث سدها، لازم است که قبل از ساخت سدها، مطالعات پایه دقیق و جامعی انجام گیرد. از آن جایی که مهم ترین و ابتدای ترین مرحله ساخت سد، مکان یابی احداث سازه است. در این تحقیق سعی بر آن شد که اثر معیارهای مختلف بر روی مکان یابی بهینه اجرای سازه های آبی (سد سنگی - ملاتی) با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم گیری چند معیاره مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نوشان با مساحتی در حدود ۷۴۳۹ هکتار در استان آذربایجان غربی، شهرستان ارومیه در حد فاصل ۰۹ و ۲۵ و ۳۷° الی ۲۵ و ۳۱ و ۳۷° عرض شمالی و ۴۲ و ۵۳ و ۴۴° الی ۴۵ و ۰۰ و ۴۵° طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بلندترین نقطه



شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز نوشان ارومیه در کشور و استان آذربایجان غربی

روش انجام تحقیق

به دلیل کاربردی بودن این تحقیق، بر اساس بررسی‌های انجام شده مهمترین فاکتورهای کمی و کیفی در تعیین مکان یابی سد سنگی- ملاتی مشخص گردید. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) استفاده شد. به طور کلی مراحل محاسباتی تحقیق حاضر به سه دسته تقسیم می‌شود.

- شناسایی و انتخاب معیارهای موثر در تعیین مکان مناسب ساخت و اجرای سد سنگی- ملاتی
- تعیین وزن معیارهای موثر به کمک مقایسات زوجی و نرم افزار Expert choice
- حل مسئله با استفاده از روش TOPSIS
- تعیین معیاره و دسته بندی آن‌ها به معیارهای کمی و کیفی از مهم‌ترین قسمت‌های این تحقیق

بود. لذا برای انتخاب معیارهای موثر ضمن مطالعه تحقیقات سایر محققین، با استفاده از نظرات کارشناسان این معیارها مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفت.

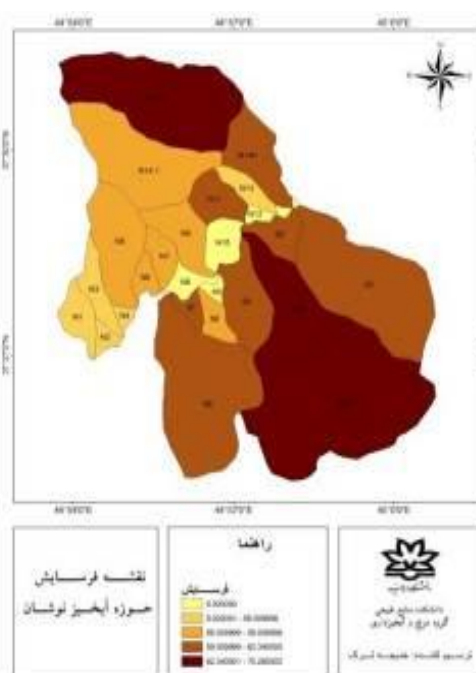
تعیین اهمیت عوامل موثر در احداث سدهای سنگی- ملاتی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک روش ریاضی برای آنالیز مشکلات پیچیده و یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است (Andana ۲۰۰۳). در صورتی که در یک مسئله ارزش معیارها متفاوت باشد، با استفاده از روش مقایسه زوجی، معیارها را نسبت به هدف و زیر معیارها را در صورت وجود، نسبت به معیارها امتیازدهی می‌کند و وزن معیارها بر اساس ماتریس قطری تعیین می‌شود. اگر تعداد

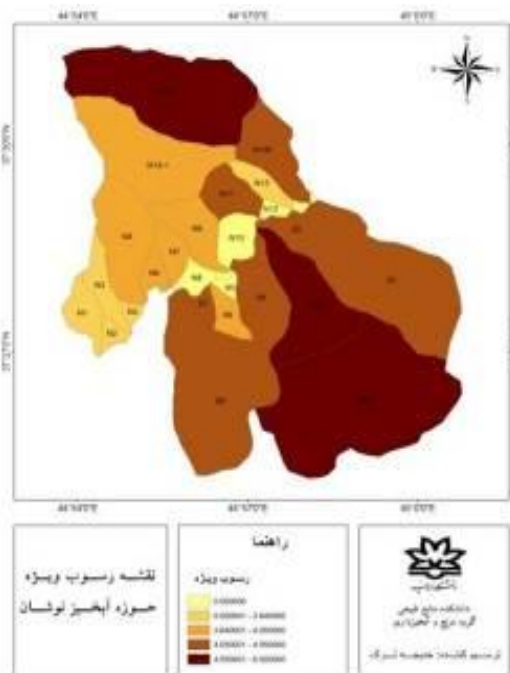
معیارها نشان داد که بعضی معیارها دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارها هستند. به عنوان مثال معیارهای فرسایش و رسوب ویژه نسبت به سایر معیارها دارای اهمیت بیشتری هستند. بدین منظور پرسش‌نامه‌ای که در برگیرنده معیارهای تحقیق بود، طراحی و به کارشناسان رشته آبخیزداری ارایه گردید. در پایان ۱۳ پرسش‌نامه جمع‌آوری و اهمیت معیارها با استفاده از بسته نرم‌افزاری Expert Choice مورد محاسبه قرار گرفت. جدول شماره ۱ وزن به دست آمده برای معیارها را نشان می‌دهد. سپس براساس اهمیت معیارها، نقشه معیارها در نرم‌افزار ARC GIS9.3 تهیه شدند. اشکال ۲ الی ۶ برخی از نقشه‌های مورد استفاده در این پژوهش کاربردی را نشان می‌دهد.

معیارها زیاد باشد برای محاسبه وزن آنها از نرم افزار استفاده می‌شود. در این تحقیق، مقایسات زوجی با استفاده از ماتریس زوجی ساعتی و به کمک بسته نرم افزاری Expert choice انجام شد. در این مطالعه با استفاده از AHP اهمیت معیارهای موثر بر تصمیم سازی، برای احداث سدهای سنگی - ملاتی مشخص شدند.

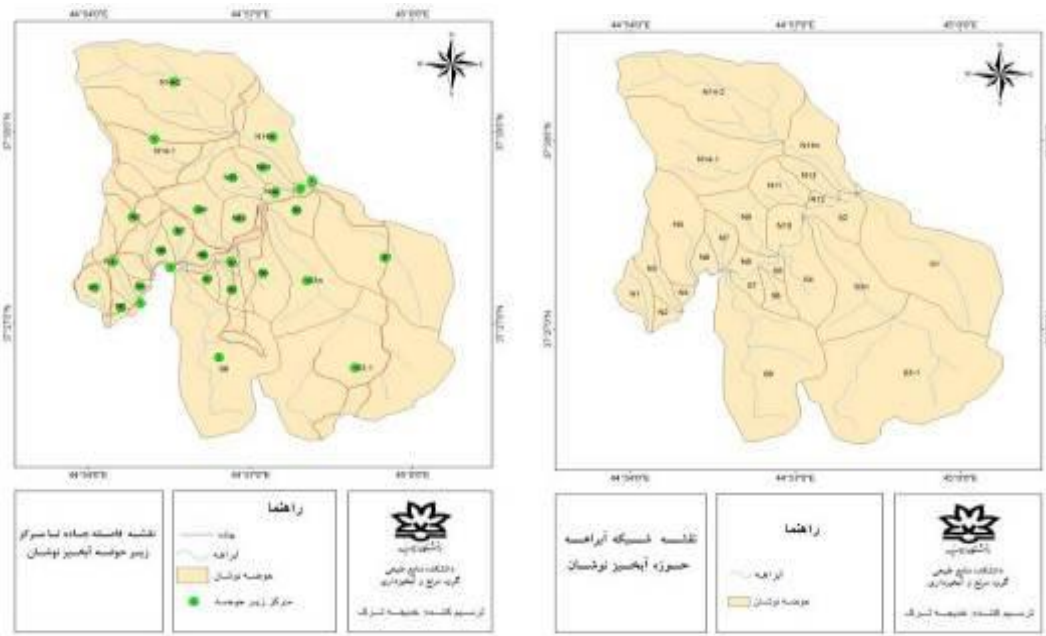
در تعیین اهمیت وزنی معیارهای موثر در احداث سدهای سنگی - ملاتی ۱۱ معیار شامل مساحت زیرحوضه، شیب زیرحوضه، ضریب شکل زیرحوضه، شیب آبراهه، طول آبراهه اصلی، دبی ماکزیمم، فرسایش زیرحوضه، رسوب ویژه زیرحوضه، فاصله روستاهای موجود با جاده، بارش ماکزیمم و فاصله مرکز زیر حوضه تا آبراهه مد نظر قرار گرفت. بررسی



شکل ۳. نقشه رسوب ویژه

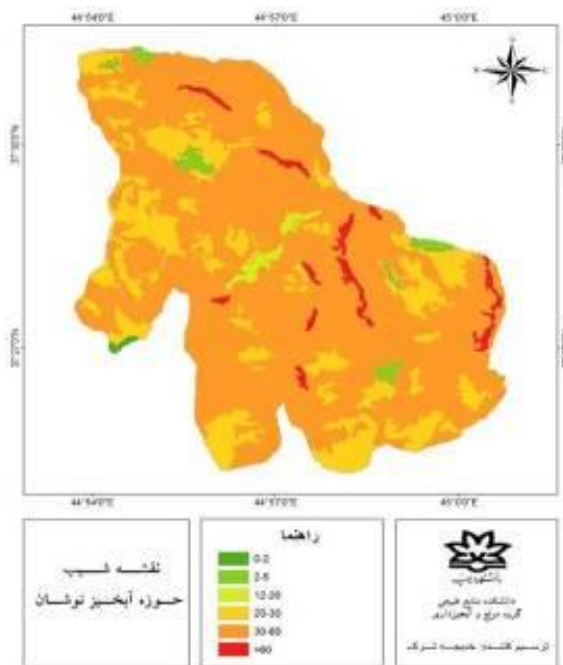


شکل ۲. نقشه فرسایش



شکل ۴. نقشه شبکه آبراهه

شکل ۵. نقشه فاصله جاده تا مرکز زیر حوضه



شکل ۶. نقشه شیب منطقه

شاخص هزینه در نظر گرفته شد. بر این اساس راه حل ایده آل مشخص شد.

۲ - بحث اصلی

نتایج حاصل از انجام روش سلسله مراتبی که در جدول ۱ ارایه شده است، نشان می‌دهد که بیشترین وزن مربوط به معیار فرسایش و رسوب ویژه است که با تحقیقات (توانگر و همکاران ۱۳۸۹ و Honxiong ۱۹۹۸) مبنی بر تاثیرگذاری سدهای اصلاحی در کنترل فرسایش و رسوب مطابقت دارد، زیرا با حضور این عامل نامساعد، اجرای عملیات احداث سدهای اصلاحی ضرورت می‌یابد. میزان نرخ ناسازگاری وزن دهی به معیارها با استفاده از نرم افزار Expert Choice برابر با ۰/۰۶ است. اطلاعات کاملی از میزان هر معیار در زیر حوضه‌ها در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۱. وزن معیارها

وجود روستا(تراکم نسبی جمعیت)	۰/۰۶۸
فاصله جاده تا مرکز زیر (کیلومتر حوضه)	۰/۰۶۷
ضریب شکل	۰/۰۹۸
بارش (میلی متر)	۰/۰۸۳
دبی ویژه	۰/۱۰۰
شیب آبراهه (m/m)	۰/۰۸۸
طول آبراهه (کیلومتر)	۰/۰۹۶
رسوب ویژه (تن درسال درهکتار)	۰/۱۰۳
میزان فرسایش (تن در هکتار در سال)	۰/۱۳۲
مساحت (کیلومتر مربع)	۰/۰۹۹
شیب (درصد)	۰/۰۵۷
معیار	وزن

در گام بعدی، روش TOPSIS در ۶ مرحله اجرا شد. در نهایت، میزان بحرانی بودن زیر حوضه‌ها از نظر لزوم اجرای سدهای سنگی - ملاتی، بر اساس وزن هر زیرحوضه تعیین شدند.

تعیین وضعیت سود و هزینه بودن هر معیار

با توجه به نقش هر معیار در مکان‌یابی سازه مورد نظر، معیارها می‌تواند معیار سود و یا معیار هزینه باشد. در ماتریس خام، شاخصی که دارای مطلوبیت مثبت بود، شاخص سود و شاخصی که دارای مطلوبیت منفی بود، شاخص هزینه بود. فرض بر این بود که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی است یا به عبارتی دیگر شاخص‌ها تنها جنبه مثبت یا منفی دارند. شاخصی که جنبه مثبت داشت شاخص سود و شاخصی که جنبه منفی داشت،

جدول ۲. ماتریس خام معیارهای موثر در مکان یابی

زیر حوضه	معیار	شیب زیر حوضه (درصد)	مساحت زیر حوضه (کیلومتر مربع)	میزان فرسایش (تن در هکتار در سال)	رسوب ویژه (تن در سال در هکتار)	طول آبراهه (کیلومتر)	شیب آبراهه (m/m)	دبی ویژه (متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع)	بارش (میلی متر)	ضریب شکل زیر حوضه	فاصله جاده تا مرکز زیر حوضه (کیلومتر)	وجود روستا (تراکم نسبی جمعیت)
N ₁		۸۰/۲۵	۲۴/۱	۵۳/۹۳	۳/۳۸	۲/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۷	۰/۴۷	۰/۰۵
N ₂		۱۰/۱۸	۰/۴۲	۵۰/۵۲	۳/۰۰	۰/۸۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۴۱	۰/۱۱	۰/۰۵
N ₃		۳۰/۲۸	۱/۲۲	۵۶/۰۱	۳/۶۴	۲/۴۱	۰/۱۱	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۵
N ₄		۲۶/۴۰	۰/۲۶	۵۴/۱۶	۳/۴۱	۰/۵۵	۰/۱۵	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۲۹	۰/۱۷	۰/۰۵
N ₅		۲۸/۲۰	۳/۶۸	۵۸/۴۴	۳/۹۷	۳/۴۹	۰/۱۳	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۲۶	۰/۰۰	۰/۰۵
N ₆		۲۸/۴۰	۰/۶۳	۵۶/۸۰	۳/۷۴	۰/۹۲	۰/۱۷	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۳۹	۰/۳۰	۰/۷۱
N ₇		۳۰/۰۰	۰/۹۶	۵۸/۰۸	۳/۹۲	۱/۷۴	۰/۱۶	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۲۶	۰/۳۸	۰/۰۵
N ₉		۳۱/۴۰	۲/۰۴	۵۸/۹۸	۴/۰۴	۳/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۸	۰/۶۵	۰/۰۵
N ₁₁		۳۶/۶۰	۱/۵۷	۶۰/۸۶	۴/۳۲	۱/۸۹	۰/۰۹	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۱۶	۰/۰۰	۰/۱۹
N ₁₃		۲۵/۴۰	۰/۸۷	۵۵/۹۵	۳/۶۳	۲/۰۳	۰/۱۰	۰/۰۲	۵۹/۴۰	۱/۴۳	۰/۰۰	۰/۰۵
N _{14-n}		۳۵/۷۰	۲/۶۴	۶۰/۵۸	۴/۲۸	۳/۶۳	۰/۰۷	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۵
N ₁₄₋₁		۲۸/۵۰	۶/۱۳	۵۸/۷۱	۴/۰۰	۵/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۲	۰/۰۳	۰/۱۸
N ₁₄₋₂		۳۳/۱۰	۸/۸۲	۶۷/۰۳	۵/۳۷	۵/۸۳	۰/۰۹	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۲۶	۱/۷۹	۰/۰۵
S ₁		۳۳/۴۰	۸/۷۴	۶۲/۱۴	۴/۵۲	۵/۴۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۲۶	۰/۰۹	۱/۰۰
S ₂		۵۰/۳۷	۱/۲۵	۶۱/۹۰	۴/۴۸	۱/۲۹	۰/۲۱	۰/۰۳	۵۹/۴۰	۱/۳۸	۰/۳۸	۰/۰۵
S _{3-n}		۲۰/۴۰	۶۳/۴	۷۰/۲۶	۶/۰۲	۴/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۴۵	۲/۲۳	۰/۰۵
S ₃₋₁		۴۰/۲۸	۶۶/۱۳	۶۷/۰۵	۴/۳۷	۴/۷۸	۰/۰۶	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۲۲	۰/۵۳	۰/۰۵
S ₄		۲۰/۳۶	۷۶/۲	۸۹/۶۰	۴/۳۲	۲/۸۰	۰/۱۱	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۶	۰/۲۳	۰/۹۸
S ₆		۳۰/۳۲	۸۳/۰	۰۱/۵۹	۴/۰۵	۱/۳۷	۰/۱۵	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۳۷	۰/۰۷	۰/۰۵
S ₇		۲۰/۳۸	۵۲/۰	۶۰/۶۰	۴/۲۸	۰/۷۴	۰/۲۴	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۴۶	۰/۲۱	۰/۰۵
S ₈		۲۰/۳۲	۰۲/۹	۳۴/۶۲	۴/۵۵	۶/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۵۹/۴۰	۱/۲۷	۰/۵۳	۰/۱۸

فرسایش ۶۱/۱۴ تن بر هکتار در سال و رسوب ویژه ۴/۲۵ تن بر هکتار در سال و کسب ارزش ۰/۶۱۳ اولویت اول و زیرحوضه S_{3-n} با کسب ارزش ۰/۳۶۷ به عنوان اولویت آخر، برای اجرای سازه‌های سنگی - ملاتی طبقه‌بندی گردیدند. جدول ۳ ارزش نهایی کسب شده از روش TOPSIS را نشان می‌دهد.

در این تحقیق، ۲۱ زیرحوضه واقع در حوضه آبخیز نوشان ارومیه با استفاده از دو روش سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری TOPSIS، AHP برای تعیین مکان مناسب برای اجرای سد سنگی - ملاتی اولویت‌بندی شدند. بر اساس نتایج حاصل از اجرای روش TOPSIS، زیرحوضه S₁ با داشتن معیار

جدول ۳. رتبه بندی زیر حوضه ها برای اجرای سدهای سنگی - ملاتی

رتبه	ارزش	زیر حوضه	رتبه	ارزش	زیر حوضه
۱۲	۰/۳۹۶	N ₃	۱	۰/۶۴۷	S ₁
۱۳	۰/۳۹۴	S ₇	۲	۰/۵۶۶	S ₃₋₁
۱۴	۰/۳۹۳	N ₄	۳	۰/۵۳۲	S ₈
۱۵	۰/۳۸۸	N ₁₃	۴	۰/۵۰۱	N ₁₄₋₁
۱۶	۰/۳۸۲	N ₇	۵	۰/۴۹۱	S ₄
۱۷	۰/۳۷۸	S ₆	۶	۰/۴۵۹	N ₆
۱۸	۰/۳۶۷	N ₂	۷	۰/۴۴۹	N ₅
۱۹	۰/۳۵۴	N ₉	۸	۰/۴۴۸	N ₁₄₋₂
۲۰	۰/۳۲۱	N ₁	۹	۰/۴۲۳	S ₂
۲۱	۰/۳۱۴	S _{3-n}	۱۰	۰/۴۱۹	N _{14-n}
			۱۱	۰/۴۰۹	N ₁₁

۳- نتیجه گیری

پس از تعیین معیارهای موثر در مکان یابی اقدام به وزن‌دهی شد که بیشترین وزن به معیار فرسایش و رسوب ویژه هر زیرحوضه داده شد. از آن جایی که یکی از اهداف اصلی اجرای این گونه سدها حفاظت از اراضی در برابر سیلاب و فرسایش و بالطبع آن‌ها رسوب است، این وزن دهی معقول و به درستی صورت گرفته است و با تحقیقات (Honxiong ۱۹۹۸) مبنی بر تاثیرگذاری سدهای اصلاحی در کنترل فرسایش و رسوب مطابقت دارد. با انجام این روش به

طور موثری مهم‌ترین معیارها در این زمینه تعیین شده و اهمیت هر کدام نیز مشخص گردید. هر چند معیارهای مختلف در احداث سدهای اصلاحی با انجام مطالعات گوناگون شناخته و معرفی شده‌اند، اما اهمیت هر کدام نسبت به یکدیگر یا به عبارتی اهمیت نسبی هر کدام با توجه به اهداف مختلف آبخیزداری شناخته شده نیستند و مشخص نشده است که کدام فاکتور نسبت به دیگری برتری دارد و میزان این برتری به چه اندازه است. در حقیقت، این تحقیق معیارهای مهم در تصمیم‌گیری در مورد احداث

دلیل ماهیت مقایسه توأم دو فاصله از گزینه ایده آل و گزینه ایده آل منفی، روش TOPSIS روش مناسبی برای اولویت بندی گزینه ها محسوب می‌شود. همچنین (Min Wu ۲۰۰۷) در تحقیقات خود بیان کرد که روش تاپسیس در مدیریت و وزن‌دهی بر اساس فرایند سلسله مراتبی می‌تواند خطای انتخاب و اولویت‌بندی معیارها را در شرایط عدم قطعیت (اولویت‌بندی) کاهش دهد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج (خوانساری ۱۳۹۳) مبنی بر کارایی روش AHP و تاپسیس در مکان‌یابی سدهای گابیونی در منطقه ایذه خوزستان نزدیکی دارد. همچنین با تحقیقات (Srdjevic و همکاران ۲۰۰۴) مبنی بر سادگی و سرعت مناسب روش تاپسیس و دارا بودن عملکرد به صورت مطلوب و قابل قبول تطابق دارد. نکته ای که بایستی به آن توجه داشت این است که مدل‌های تصمیم‌گیری همانند هر روش دیگری تنها داده را به اطلاعات تبدیل کرده و در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد و این تصمیم‌گیرنده است که باید بر مبنای اطلاعات بدست آمده و شرایط موجود و هدف مورد نظر، تصمیم بهینه را اتخاذ کند و از پذیرش مطلق نتایج بپرهیزد (دستورانی و همکاران ۱۳۹۱). پیشنهاد می‌شود که بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری به کار گرفته در این تحقیق، اطلاعات ورودی تغییر یابد و نحوه تغییرات مدل و نتایج حاصل از آن با نتایج تحقیق حاضر بررسی شود.

منابع

امیری، فاضل، بصیری، مهدی، چای‌چی، محمد رضا، (۱۳۸۶)، کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در اولویت‌بندی روش‌های اندازه‌گیری بهره‌برداری در

سدهای اصلاحی را بررسی نموده، و یک مدل تحلیل سلسله مراتبی را برای وزن‌دهی معیارها پیشنهاد می‌دهد تا با استفاده از آن مدیریت حوضه‌های آبخیز جامع‌تر و اصولی‌تر صورت پذیرد. همان‌طور که بیان شد، نرخ ناسازگاری در تحقیق حاضر برای وزن‌دهی به معیارها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice برابر با ۰/۰۶ است. زمانی که در بعضی ماتریس‌ها نرخ ناسازگاری در مقایسه زوجی بیشتر از ۰/۱ شد، قضاوت‌ها تکرار شدند و ماتریس‌ها با ثبات شدند. زیرا نرخ ناسازگاری زمانی ثابت است که کمتر و یا برابر با ۰/۱ باشد که این نتایج با نتیجه حاصله از تحقیقات (امیری ۱۳۸۶، توانگر ۱۳۸۹، سوری و همکاران ۱۳۹۰، Chen ۲۰۰۶) مطابقت دارد. تعیین معیارها و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به منظور مکان‌یابی سدهای سنگی ملاتی در این تحقیق براساس تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس بر پایه روش فرایند سلسله مراتبی انجام شد. (کمالی و همکاران ۲۰۰۱)، (Duk و همکاران ۲۰۰۲) نیز در تحقیقات خود بر کارایی مثبت کاربرد فرایند سلسله مراتبی در مدیریت، به ویژه تعیین معیارها و اولویت‌بندی گزینه‌ها تأکید کردند. انتخاب معیارها در این تحقیق، با توجه به نظرات کارشناسان و هدف مورد نظر انجام شده است. با توجه به تعدد معیارها در منطقه مورد مطالعه، هدف مورد نظر (اولویت‌بندی مناطق بحرانی برای اجرای سد سنگی - ملاتی) و عدم وجود تحقیقات مستند و محکم قطعی در اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها، خطای محاسباتی غیر قابل تخمین است. چنانچه مطالعات دیگری در این منطقه و با معیارهای ذکر شده انجام شود خطای محاسباتی قابل محاسبه است. تحقیقات (جاویدی صباغیان و همکاران ۱۳۸۹) بیان کرد که به

تاپسیس TOPSIS و کاربرد آن در ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه ها به منظور مدیریت جامع آبخیز، هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، لرستان.

سوری، مهشید، جعفری، محمد، آذرنیوند، حسین، قدوسی، جمال، فرح پور، مهدی، (۱۳۹۱)، مکان یابی اجرای پروژه های بند سنگ-سیمان و بند گابیونی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)، پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، دوره ۲۵، شماره ۴، صفحات ۸۳ تا ۹۱.

شفقتی، مهدی، صنوبر، ناصر، (۱۳۸۶)، تأثیرگذاری فعالیت‌های آبخیزداری در مدیریت حوزه‌های آبخیز، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵ ص.

عباسی، علی، اکبر، (۱۳۸۴)، بررسی نقش فاصله و ارتفاع بندهای اصلاحی در هزینه و عملکرد آنها، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۳ ص.

فتحی، گلاویژ، سلاجقه، علی، (۱۳۸۷)، مکان یابی صحیح احداث مخازن و سازه های آبی، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت پایداری بلایای طبیعی.

مهرگان، محمد رضا، (۱۳۸۳)، پژوهش عملیاتی پیشرفته، انتشارات کتاب دانشگاهی، چاپ اول، صفحات ۱۷۰ تا ۱۷۳.

کمالی، بهاره، موسوی، سید، جمشید، (۱۳۸۹)، کالبراسیون خودکار مدل مفهومی HEC-HMS رویکرد شبیه-سازی بهینه‌سازی، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸ ص.

گونه *Eurotia ceratoides*، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۶۰، شماره ۲، صفحات (۵۳۷-۶۵۱) آذر، عادل، رجب زاده، علی، (۱۳۸۱)، تصمیم‌گیری کاربردی، رویکرد M.A.D.M، نشر نگاه دانش، چاپ اول، تهران، صفحات (۱۲۷-۱۳۰)

بختیاری فر، مهرنوش، مسگری، محمد.سعدی، کریمی، محمد، (۱۳۸۷)، مدل‌سازی تعیین میزان مناسبت کاربری اراضی با استفاده از روش های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، همایش ژئوماتیک، تهران.

توانگر، شهلا، اسدالهی، ذکریا، دوستی سیاب، اسد، کبیری، احمد، (۱۳۹۱)، شناسایی اولویت‌های اجرایی در احداث سدهای رسوب‌گیر گابیونی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، لرستان، جاویدی صباغیان، رضا، شریفی، محمد، باقر، رجبی، مشهدی، حبیب، (۱۳۸۹)، مقایسه دو روش تعیین وزن شاخص‌ها در تصمیم‌گیری چندشاخصه در اولویت بندی و انتخاب ساختگاه مناسب سد، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.

خداشناس، سعید.رضا، یاراحمدی، نیلوفر، (۱۳۸۹)، مکان یابی سدهای مخزنی با استفاده از رویکر تصمیم‌گیری چند معیاره، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صفحات (۲۲۷-۲۳۲)

خوانساری، مهدی، (۱۳۹۳)، مکان‌یابی مناطق مناسب اجرای سدهای گابیونی با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) (AHP) و روش TOPSIS)، ده‌انزاده، بهروز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، گروه عمران

دستورانی، محمدتقی، کریمیان، علی اکبر، براهیمی، محمود رضا، رستم، محمد حسین، (۱۳۹۱)، مروری بر روش

- provenances in Croatia using statistical analysis and analytical hierarchy process. *J of Forestry*, 80, 2, 151-162.
- Mc Coll, Ch, G, Aggett,(2006), Land use forecasting and hydrologic model integration for improved land use decision support, *Journal Of Environmental Management*, 32p.
- Min Wu, (2007), TOPSIS-AHP Simulation Model and Its Application to Supply Chain Management, *World Journal of Modeling and Simulation*. Vol 3, 196-201.
- Moore, RJ, Bell U.A, Jones,S,A,(2005), External Geophysics, Climate and Environment forecasting for flood warning C.R Geoscience,337,203-217.
- Srdjevic, B, et al, (2004), An Object Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios, *Water Resources Management Journal*, 18,35-54.
- Tikniouine, A, Elfazziki, A, Agouti, T, (2006), A hybrid model of the MCDA for the GIS, Application to the localization of a site for the implantation of a dam , *World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS)*, USA.
- Andana, J, (2007), Implementing participatory decision making in forest planning, *Environmental*, 39, 534 -544.
- Chen, M, F, Tzeng, G, H, Ding, C, G, (2003), Fuzzy MCDM approach to select service provider, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 572-577.
- Chen, C,(2006), Applying the analytical hierarchy process (AHP) approach to convention site selection, *Travel Research*, 45, 167-174.
- Duk, J,M, and Hyde, R, A,(2002), Identifying public preferences for land preservation using the analytic hierarchy process. *J. Ecological Economics*,42(1-2),131-145.
- Honxiong, Z, (1998), The Use of silt trap dams in Zingzi river basin. *Trans,ASAE* 1064-1069.
- Hwang, C, L, Yoon, N, (1981), *Multiple attributes Decision making methods and application*. Berlin, Springer-Verlag.
- Jabr, W.M, and El-Awar, F,A, (2004), GIS and Analytic Hierarchy Process for Sitting Water Harvesting reservoir , The department of land and water resources at the faculty of agriculture and food sciences of the American University of Beirut-Lebanon.
- Jazbec, A, Ksenija, A, Ivankovic, M, Marjanovic, H, Peric, S, (2007), Ranking of European beech

^۱- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

Multi Criteria Evaluation-ⁱ

Analytical Hierarchy Process-ⁱⁱ -

Geography information System-ⁱⁱⁱ