

مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سدهای خاکی کوتاه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت‌آباد)

رفعت زارع بیدکی^{۱*}، بهروز مرادی^۲، حسین بهرامی^۳

چکیده

نیاز روزافزون به آب باعث گسترش روش‌های مختلف مدیریت منابع آب شده است. برخی از روش‌های سازه‌ای شامل احداث موانع در مسیر جریان‌های سطحی و ذخیره کردن آب می‌شود که سدهای خاکی در این دسته قرار می‌گیرند. کارایی و بهره‌وری یک سد خاکی به عوامل بسیاری بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها، تعیین مناطق مناسب برای احداث این سدها است. این تحقیق با هدف توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم بر مبنای تکنیک‌های RS و GIS و شناسایی و اولویت‌بندی مناطق مناسب احداث سدهای خاکی در زیرحوزه آبخیز بهشت‌آباد از حوزه آبخیز کارون شمالی، انجام شده است. به این منظور ابتدا مطالعات قبلی در این زمینه بررسی شد و معیارهای موثر در مکان‌یابی سد خاکی انتخاب شد. پس از انتخاب مجموعه معیارها، پرسشنامه مقایسات زوجی ساخته شد و در اختیار کارشناسان مرتبط قرار گرفت. سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به اولویت‌بندی و تعیین وزن نسبی این معیارها پرداخته شد. نقشه‌های مربوط به هر عامل، تهیه و استانداردسازی شد؛ سپس وزن به دست آمده از روش AHP در آن اعمال شد. در نهایت نقشه حاصل با سه طبقه نامناسب، خوب و بسیار خوب برای احداث سد خاکی در منطقه تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد معیار ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی با کسب بیشترین وزن، اهمیت بیشتری در تعیین مکان مناسب جهت احداث سد خاکی دارد. این معیار خود از چهار زیرمعیار کارست، گسل، زمین لغزش و فرسایش ترکیب شده است. پس از این معیار به ترتیب توپوگرافی، دسترسی به منابع قرضه، کاربری اراضی، فاصله از منابع آب زیرزمینی، فاصله از جاده و عمق خاک در ترتیب اهمیت قرار گرفتند. همچنین مشخص شد که بیش از چهار کیلومتر از شبکه هیدرولوژی این آبخیز قابلیت بسیار خوبی برای احداث سدهای خاکی کوتاه در راستای مدیریت منابع آب دارد.

واژگان کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، تحلیل سلسله مراتبی، سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)، منطق فازی، مدیریت منابع آب.

مقاله پژوهشی

۱. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

zare.rafat@sku.ac.ir

* نویسنده مسئول

۲. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

behroozmoradi20@yahoo.com

۳. دکتری آبخیزداری، سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.

bahrami374@yahoo.com

۲۱۰۶-۱۰۰۸

شناسه مقاله:

۱۴۰۰/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۰/۱۰/۲۰

انتشار آنلاین:

۶۱ روز

زمان پذیرش:

استناددهی:

زارع بیدکی، ر.، مرادی، ب.، و بهرامی، ح. (۱۴۰۰). مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سدهای خاکی کوتاه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت‌آباد). مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۱(۱)، ۳۷-۴۸.

۱- مقدمه

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله ایران به شمار می‌رود و از این لحاظ تعیین‌کننده‌ترین عامل در میزان کارایی و بهره‌وری سایر منابع محسوب می‌شود (بخشنده، ۱۳۸۸). کشور ایران به دلیل شرایط نامناسب اقلیمی و همچنین رشد فزاینده نیازهای مختلف (کشاورزی، صنعت و شرب)، با مشکل کمبود آب به‌خصوص در فصل‌های خشک مواجه است. توسعه سدهای بزرگ از دیدگاه زیست‌محیطی مسائل و پیامدهای زیادی را به دنبال دارد، بنابراین یافتن یک جایگزین مناسب برای ذخیره آب در مقیاس‌های کوچکتر و با پیامدهای محیطی کمتر، ضروری به نظر می‌رسد. سدهای کوتاه می‌تواند یک راه حل مناسب برای تأمین نیاز آب در بخش‌های مختلف، به خصوص کشاورزی و تغذیه منابع آب زیرزمینی باشد. سدهای خاکی علاوه بر ذخیره آب، با مهار آبهای سطحی باعث کاهش دبی اوج سیلاب و خسارات ناشی از آن می‌شوند (قرمزچشمه و همکاران، ۱۳۸۶).

بعد از انتخاب سد خاکی کوتاه به عنوان راهکار مدیریت آب، باید مناسب‌ترین محل برای احداث آن در نظر گرفته شود. تصمیم‌اشتباه در مورد مکان‌یابی ممکن است به هزینه بیش از حد و مشکلات در ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری منجر شود (حلییان و همکاران، ۱۳۹۱). عوامل مختلفی از جمله معیارهای فیزیکی، فنی و اقتصادی-اجتماعی در انتخاب محل‌های موردنظر برای احداث سد خاکی دخیل هستند. بررسی و تعیین این عوامل در عرصه‌ها با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پرهزینه بوده و نیاز به صرف وقت بسیار دارد (سعادت‌ی و همکاران، ۱۳۸۲). برای اطمینان از طراحی اقتصادی و مناسب سد، باید شرایط توپوگرافی منطقه، زمین‌شناسی و وضعیت پی در محل سد و نیز در دسترس بودن مصالح مورد نیاز و فاکتورهای هیدرولوژی و لرزه‌خیزی مورد بررسی قرار گیرد (دهمرده قلعه‌نو و همکاران، ۱۳۹۹). Becue et al. (۲۰۰۲) نیز، توپوگرافی و جریان ورودی به منطقه، مورفولوژی دره رودخانه، شرایط زمین‌شناسی، آب و هوا و رژیم سیل را از پارامترهای اصلی در انتخاب محل و نوع سد معرفی کردند و پس از آن عوامل اقتصادی را جهت رتبه‌بندی گزینه‌های باقیمانده در نظر گرفتند.

توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم^۱ می‌تواند به تعیین معیارها و شناسایی محل‌های مناسب احداث سدهای خاکی کمک کند. سیستم‌های پشتیبانی تصمیم، سیستم‌هایی هستند که منابع فکری افراد را با قابلیت‌های رایانه، جهت بهبود کیفیت تصمیمات به کار می‌گیرند. سیستم‌های تعاملی مبتنی بر رایانه که تصمیم‌گیران را یاری می‌کنند تا با به‌کارگیری داده‌ها و مدل‌ها، مسائل نیمه‌ساخت‌یافته را حل نمایند (Yoo and Digman, 1987). بر اساس طبقه‌بندی آنتونی-اسکات، مسائل نیمه‌ساخت‌یافته یا برنامه‌ای محدود نوعی از طبقه‌بندی تصمیم‌گیری‌ها بر اساس ماهیت یا ساختار می‌باشد که در آن مسأله به وسیله مدیر و رایانه حل می‌گردد (فیضی و مقدسی، ۱۳۸۴).

ارزیابی چند متغیره مکانی^۲ یک روش مفید جهت شناسایی و مقایسه راه‌حل‌ها برای مکان‌یابی بر اساس ترکیب فاکتورهای چندگانه است. این روش، بیانگر قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی^۳ برای مدیریت و پردازش اطلاعات مکانی و انعطاف‌پذیری ارزیابی چند معیاره جهت ترکیب کردن اطلاعات مکانی (مانند نوع خاک، شیب و غیره) با اطلاعات کارشناسی، بر اساس وزن‌دهی متغیرهای مختلف می‌باشد. چابک بلداجی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی روش فوق جهت شناسایی مکان‌های مناسب احداث سدهای خاکی و اولویت‌بندی آن‌ها بر روی رودخانه اصلی حوزه آبخیز جعفرآباد طبرستان پرداخته‌اند. جمالی و همکاران (۱۳۹۰) نیز بر اساس نتایج مطالعات خود در مکان‌یابی احداث سدهای اصلاحی توری سنگی با روش ارزیابی چندمتغیره مکانی، استفاده از مدل فوق را برای برنامه‌ریزی جهت مکان‌یابی سریع و دقیق احداث سد در حوزه‌های آبخیز پیشنهاد نمودند.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۴ یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد. این روش هنگامی که تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبرو است استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد (Zahedi, 1986). در تجزیه مسائل به اجزاء ساده‌تر، در بالاترین سطح، هدف قرار دارد و در سطوح میانی معیارهای اصلی و فرعی به ترتیب در سطوح جداگانه قرار می‌گیرند. در پایین‌ترین سطح نیز، گزینه‌ها (شاخص‌ها) قرار می‌گیرند (Malczeski, 1999). در این روش، رتبه‌بندی هر معیار موردنظر بر حسب اولویت تصمیم‌گیران، صورت می‌گیرد. کیفیت این نظرات به وسیله درجات مختلف (۱ تا ۹) قابل مقایسه است. بدین ترتیب که اجزا به صورت زوجی و بر اساس یک معیار با هم مقایسه شده‌اند (ناصری و همکاران، ۱۳۸۸). برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی احداث سازه ذخیره‌سازی آب در طبقه و شان‌دیز، دو روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه^۵ به کار گرفته شد که هر دو روش نتایج تقریباً یکسانی را نشان داد (فرپور و خاشعی سیوکی، ۱۳۹۶). مکان‌یابی مناطق مناسب برای احداث سدهای کوتاه خاکی در حوزه آبخیز کال آجی استان گلستان توسط آمانی و همکاران (۱۳۹۴) انجام گرفته است. در حوزه کال آجی استان گلستان، از ۵۶ تنگه انتخاب شده در مرحله اول تنها ۲۷ مکان توانسته‌اند از فیلتر معیارهای پیشنهادی عبور کنند. در نهایت مکان‌های باقیمانده بر اساس مقایسات جفتی و وزن‌دهی در نرم‌افزار Expert Choice اولویت‌بندی شدند. عالی و همکاران (۱۳۹۲) مکان‌یابی احداث بندهای خاکی، سنگی ملاتی و گابیونی در حوزه آبخیز دوراهان استان چهارمحال و بختیاری را مورد بررسی قرار دادند. پس از استانداردسازی و استفاده از روش فرآیند تحلیل

1. Decision Support System (DSS)

2. Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE)

3. Geographic Information System (GIS)

4. Analytical Hierarchy Process (AHP)

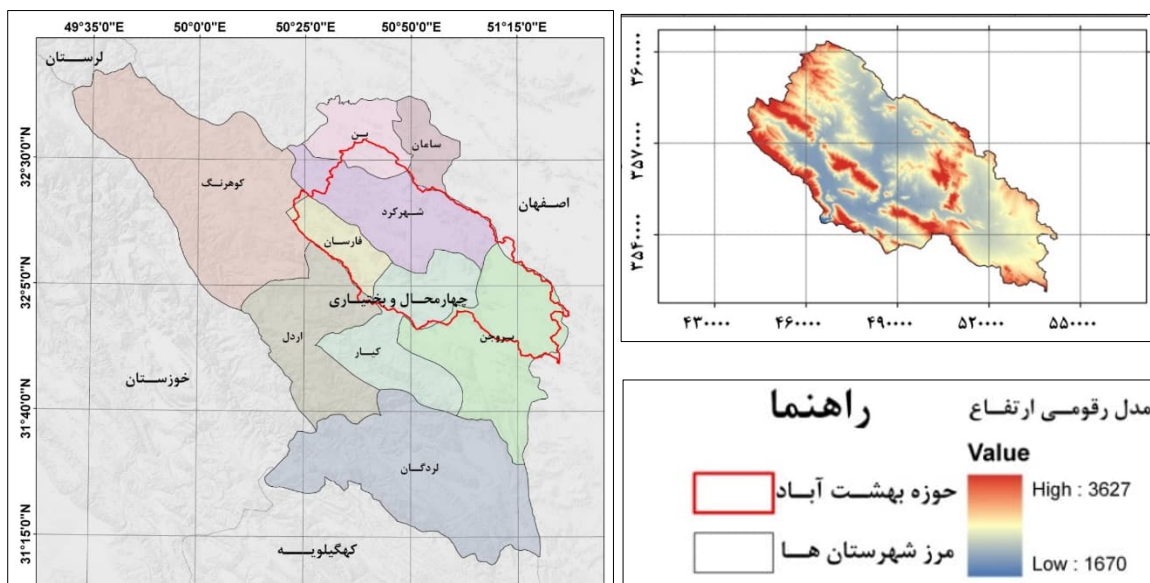
5. Analytical Network Process (ANP)

سلسله مراتبی برای وزندهی و اولویت‌بندی عوامل، به ترتیب بندخاکی، بندسنگی ملاتی و گابیونی برای احداث در این حوزه پیشنهاد شد. Al-Shabeeb (۲۰۱۶) برای تعیین مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران در اردن از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در بستر سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کرد. Liana et al. (۲۰۱۸) از فرآیند سلسله مراتبی و TOPSIS^۱ برای انتخاب محل ساخت سد استفاده کردند. ابتدا معیارهای مؤثر در انتخاب محل ساخت سد را از منابع مختلف استخراج کردند. سپس از فرآیند سلسله مراتبی و TOPSIS برای تحلیل نظر کارشناسان و خبرگان و تعیین وزن نسبی معیارها استفاده کردند. در نهایت بهترین محل‌ها برای احداث سد را معرفی کردند. مظهری‌نیا و المدرسی (۱۳۹۷)، به مکانیابی سدهای خاکی کوچک در منطقه سرچهان فارس پرداختند. آنها در تحقیقشان از ۵۵ زیرمعیار مختلف برای انتخاب محل مناسب استفاده کردند و این زیرمعیارها را با روش فرآیند سلسله مراتبی وزن‌دهی کردند. هدف از تحقیق حاضر تعیین مکان‌های مناسب احداث بندهای خاکی برای ذخیره و استفاده از رواناب‌های سطحی حوزه آبخیز بهشت‌آباد است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

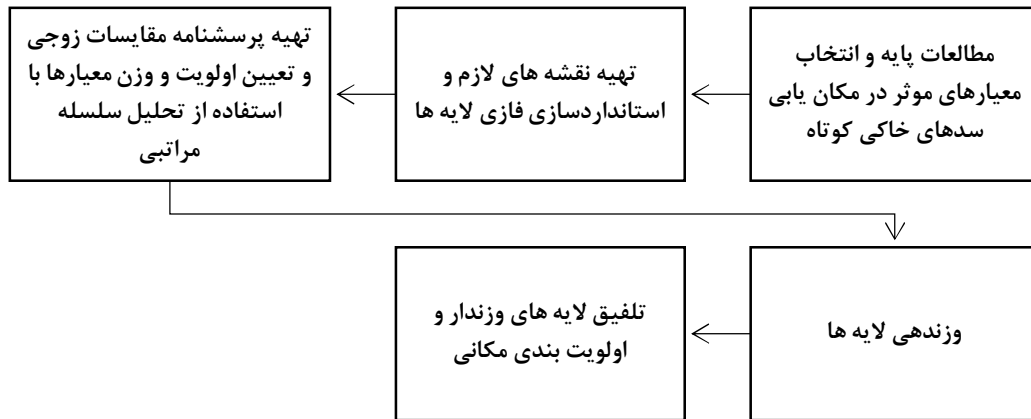
حوزه آبخیز بهشت‌آباد با مساحت ۳۸۹۷ کیلومتر مربع وسیع‌ترین زیرحوزه آبخیز استان چهارمحال و بختیاری در حوزه آبخیز کارون شمالی و مهم‌ترین حوزه آبخیز استان از نظر مصرف منابع آب است. این حوزه آبخیز در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه به‌طور کامل در محدوده استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد و حدود ۲۳/۵ درصد خاک استان را پوشش می‌دهد. این حوزه آبخیز از جمله سرشاخه‌های حوزه آبخیز کارون به شمار می‌رود و با وجود وسعت کم، اهمیت زیادی از نظر منابع و مصرف آب دارد. بیش از نیمی از وسعت دشت‌های استان چهارمحال و بختیاری در این حوزه آبخیز قرار دارد (صمدی بروجنی، ۱۳۸۹). شکل ۱ موقعیت این حوزه آبخیز را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز بهشت‌آباد در محدوده نقشه شهرستان‌ها و استان چهارمحال و بختیاری.

۲-۲- روش تحقیق

مراحل انجام این تحقیق بر اساس روندنمای شکل ۲ انجام شده است. برای تعیین بهترین نقطه جهت احداث سد خاکی کوتاه در ابتدا با توجه به روش تحقیق، عوامل مؤثر در مکان‌یابی سدهای کوتاه خاکی شناسایی شد. عوامل و نمایه‌های محیطی نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در تعیین مکان مناسب احداث سد خاکی دارد (چابک بلداجی و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس تحقیقات قبلی، نمایه‌های وضعیت توپوگرافی، حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش، میزان نفوذپذیری در حوزه آبخیز، حریم آبراهه، حریم از چاه، چشمه و قنات (منابع آب زیرزمینی)، عمق خاک، نقشه کارست، زمین‌لغزش، منابع قرضه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به عنوان نمایه‌های اصلی انتخاب شدند (جدول شماره ۱).



شکل (۲): روندنمای روش تحقیق

جدول (۱): نمایه‌های مورد استفاده در تحقیق و نحوه طبقه‌بندی اطلاعات موجود در هر لایه

ردیف	عامل	ویژگی	کلاس	ردیف	عامل	ویژگی	کلاس
۱	وضعیت توپوگرافی	دره عریض	۱	۷	حساسیت به فرسایش	خیلی کم	۱
		دشت مسطح	۲			کم	۲
		دره تنگ	۳			متوسط رو به کم	۳
		نقاط مرتفع	۴			متوسط	۴
۲	حریم از آبراهه اصلی	۱۰ متر	۱	۸	کاربری اراضی	متوسط رو به زیاد	۵
		بیش از ۸	۱			زیاد	۶
۳	فاصله از غسل (کیلومتر)	۸-۷	۲	۹	حریم از چاه، چشمه و قنات	رخمون سنگی و دریاچه	۱
		۷-۶	۳			فاقد پوشش	۲
		۶-۵	۴			مرتع	۳
		۵-۴	۵			بیشه‌زار	۴
		۴-۳	۶			باغ	۵
		۳-۲	۷			زراعت دیم	۶
		۲-۱	۸			زراعت آبی و مخلوط	۷
		۱-۰	۹			مسکونی	۸
۴	عمق خاک (سانتیمتر)	۰-۲۰	۱	۱۰	فاصله از جاده	< ۱ Km	۰
		۲۰-۵۰	۲			> ۱ Km	۱
۵	کارست	وجود کارست	۰	۱۱	زمین لغزش	بدون لغزش	۱
		عدم وجود کارست	۱			دارای لغزش	۲
۶	منابع قرضه	Clay	۱	۱۲	نفوذپذیری	کمتر از ۱ میلی‌متر بر دقیقه	۱
		Clay- loam	۲			۱ تا ۵ میلی‌متر بر دقیقه	۲
		Silty- loam	۳			بیشتر از ۵ میلی‌متر بر دقیقه	۳
		Loam	۴			متغیر	۴
		Silty	۵				

عوامل مؤثر در مکان‌یابی دارای ماهیت گوناگون هستند. گروهی دارای خصوصیات توصیفی چون کم و زیاد بوده و تعدادی ارزش عددی مثل یک، دو، ده و ... دارند. لذا نیاز است که ارزش و وزن آن‌ها استانداردسازی شود. ابتدا نقشه رقومی هر یک از عوامل به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم افزاری GIS تهیه شد و سپس، تمام نقشه‌ها بین صفر تا یک استانداردسازی شد. در این تحقیق به دلیل مقداری بودن نقشه‌های ورودی، از روش استانداردسازی نقشه‌های رقومی استفاده شد. در این روش استاندارد کردن به وسیله یک تابع خطی و با استفاده از مقادیر حداکثر و حداقل موردنظر

صورت می‌گیرد. مقدار حداقل، صفر و مقدار حداکثر، یک را در برمی‌گیرد و مقادیر بین حداقل و حداکثر، بر اساس تناسب، مقادیری بین صفر و یک را در برمی‌گیرند (Zadeh, 1965). به طوری که هر چه به مقدار یک نزدیک‌تر می‌شود، شرایط برای احداث سد، مطلوب‌تر خواهد بود.

پس از تعیین عوامل، هر عامل در قالب یک نقشه فازی استاندارد با طبقات متمایز وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شد (شکل‌های ۳-الف تا ی). وزن هر لایه نیز با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شناسایی و اعمال شد. لازم به ذکر است اندازه پیکسل در تمام لایه‌های رستری معادل ۱۰ متر در نظر گرفته شده است. در نهایت بهترین نقاط جهت احداث سد خاکی کوتاه و اولویت‌بندی نقاط مناسب با روی هم اندازی لایه‌های مختلف انجام شد.

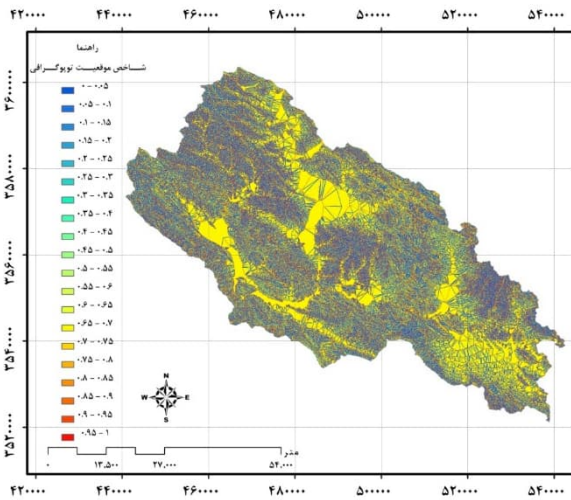
با توجه به شکل (۳-الف)، برای تعیین حریم عوارض (آبراهه و منابع آبهای زیرزمینی) از الگوریتم Buffer در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد. به این منظور، حریم ۱۰ متری از رودخانه‌ها به‌عنوان عامل محدود کننده در نظر گرفته شد به این معنا که نقاطی که خارج از این محدوده قرار می‌گیرند هیچ‌گونه قابلیت برای استقرار سد خاکی ندارند. حریم یک کیلومتری منابع آبهای زیرزمینی نیز به عنوان فاصله مجاز برای جلوگیری از اثر سد بر کاهش دبی چاه، چشمه یا قنات در نظر گرفته شد. مناسب‌ترین حالت برای عامل توپوگرافی، دره‌های عریض هستند که از شاخص موقعیت توپوگرافی^۱ برای جداسازی دره‌ها استفاده شد (شکل ۳-ب). شیب‌های ملایم کمتر از ۵ درصد مناسب‌ترین طبقه برای احداث سد تعیین شد و درجه یک را در طبقه‌بندی فازی لایه به خود گرفت (شکل ۳-پ). با توجه به لرزه‌خیز بودن استان چهارمحال و بختیاری و وجود گسل‌های فراوان در این منطقه و توجه به تأثیر منفی شکستگی‌های گسل بر احداث سازه‌های آبی، بافرهایی با اندازه یک کیلومتر از این مناطق ترسیم شد. نحوه طبقه‌بندی داده‌ها نیز به این صورت بود که فاصله صفر تا یک کیلومتری به‌عنوان نامناسب‌ترین طبقه محسوب و با افزایش فاصله میزان قابلیت اراضی برای احداث سد افزایش می‌یابد. به طوری که فاصله بیش از هشت کیلومتری از این مناطق برای احداث سازه مطلوب است و اهمیت یک را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۳-ت). میزان حساسیت واحد سنگی به فرسایش در پنج طبقه قرار گرفت که طبقه اول به‌عنوان بهترین طبقه، کم‌ترین میزان حساسیت و به ترتیب سایر طبقات میزان حساسیت بیشتری به فرسایش دارند (شکل ۳-ث). وجود کارست شرایط را برای احداث سد نامناسب خواهد کرد، بدین لحاظ چنین مناطقی در یک طبقه و مناطق فاقد منابع کارست در طبقه دیگر قرار می‌گیرند (شکل ۳-ج). از آنجا که عامل زمین لغزش تأثیر مخربی بر سازه‌های آبی دارد، تعیین حدود آن از اهمیت زیادی برخوردار بود. لذا برای تعیین حدود دقیق مناطقی که زمین لغزش اتفاق افتاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی^۲ زیاد موجود در نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. پس از شناسایی لغزش‌ها، حدود آن‌ها ترسیم و بافری به اندازه دو کیلومتر برای اطمینان از عدم تأثیر این لغزش‌ها بر احداث سد ترسیم شد (شکل ۳-د). برای طبقه‌بندی لایه عمق خاک، عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک به‌عنوان بهترین طبقه در نظر گرفته شد (شکل ۳-ز). در این مطالعه از نتایج مطالعات زمین‌شناسی صورت گرفته توسط مهندسین مشاور یکم استفاده شد. سنگ‌هایی با نفوذپذیری کمتر از یک میلی‌متر بر دقیقه، در طبقه یک به عنوان بهترین طبقه، نفوذپذیری یک تا پنج میلی‌متر بر دقیقه در طبقه تناسب بعدی و سازه‌هایی با نفوذپذیری بیش از پنج میلی‌متر بر دقیقه در طبقه تناسب آخر قرار گرفتند (شکل ۳-م).

در اولویت‌بندی کاربری اراضی با توجه به این نکته که کاربری‌های غیر خصوصی با کم‌ترین ارزش برای استقرار سد در اولویت قرار می‌گیرند، نقشه کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه با استفاده از پردازش چشمی^۳ تصویر سنجنده ETM لندست ۷ استخراج شد (شکل ۳-و). با توجه به اثر مثبت نزدیکی به جاده و محدوده دسترسی ۵۰۰ متر از جاده، فواصل کمتر از این مقدار به‌عنوان مناطق مناسب احداث سد و مناطقی با فاصله بیش از ۵۰۰ متر در زمره مناطق نامناسب جهت احداث سد خاکی قرار گرفتند (شکل ۳-ه). برای تعیین حریم عوارض جاده‌ها از الگوریتم Buffer در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد در این تحقیق دسترسی به خاک‌های رسی به‌عنوان منابع قرضه مناسب در اولویت قرار می‌گیرد و نقشه بافت خاک برای بررسی این عامل مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳-ی).

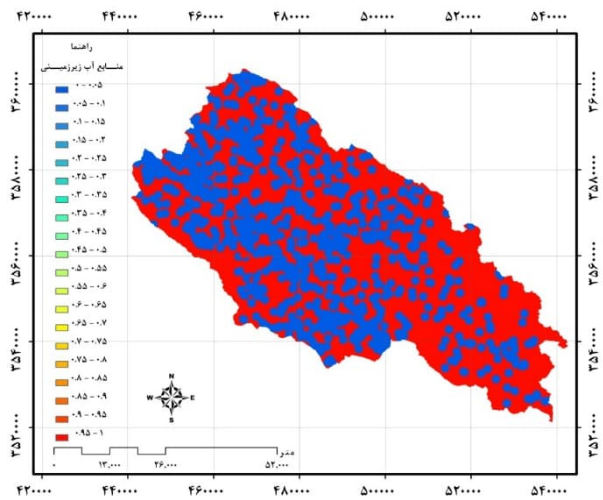
1. Topographic Position Index (TPI)

3. On Screen

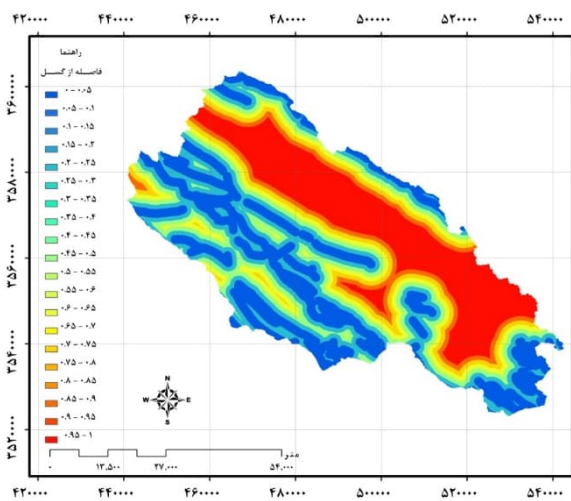
2. Resolution



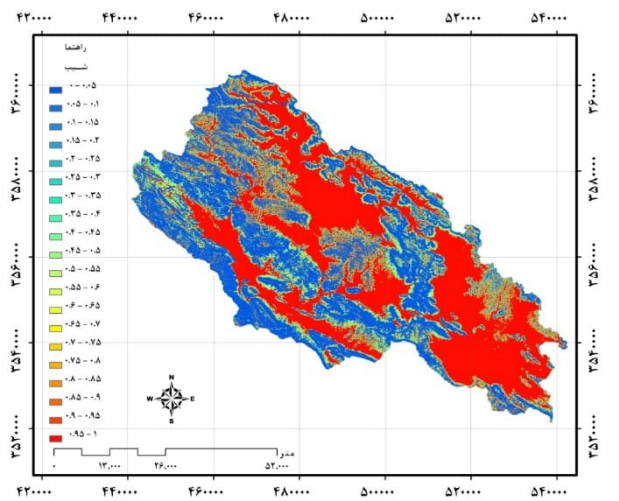
(الف)



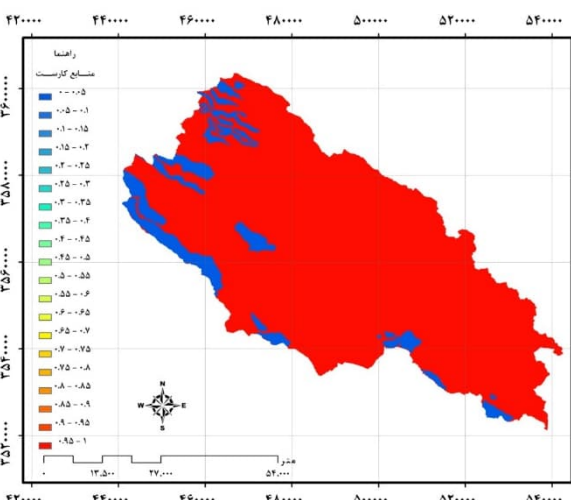
(ب)



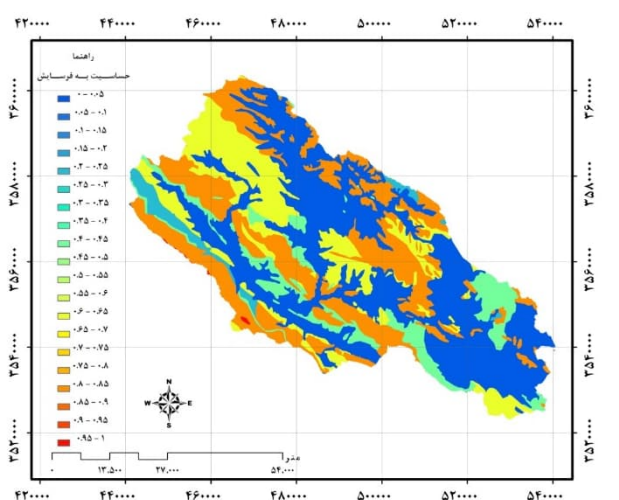
(ج)



(د)

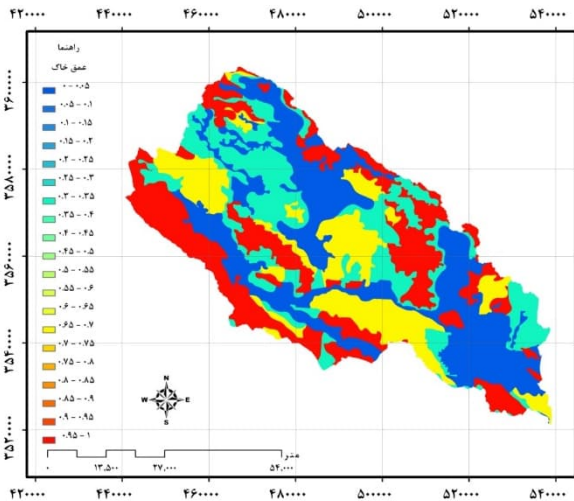


(ه)

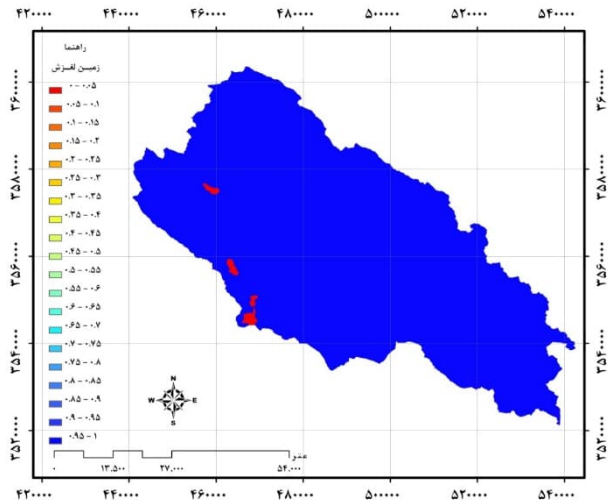


(و)

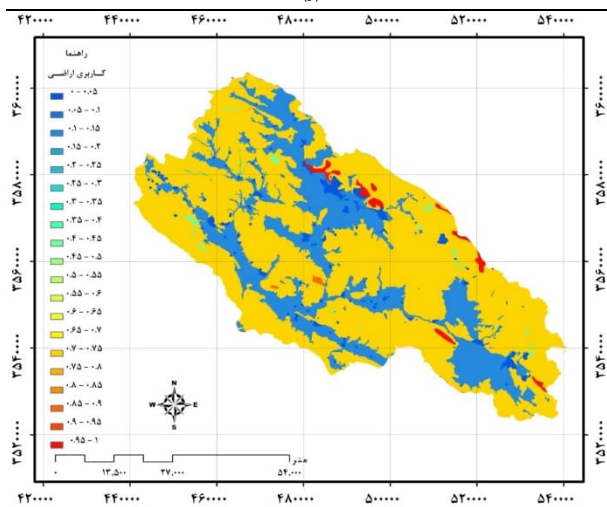
شکل (۳): نتایج حاصل از استانداردسازی فازی طبقات برای عوامل محیطی مورد استفاده در تحقیق، به ترتیب از الف تا ج: نقشه فازی سازی شده طبقات عامل منابع آب زیرزمینی، پراکنش دره‌ها، عامل شیب، فاصله از گسل، عامل حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی و عامل کارست.



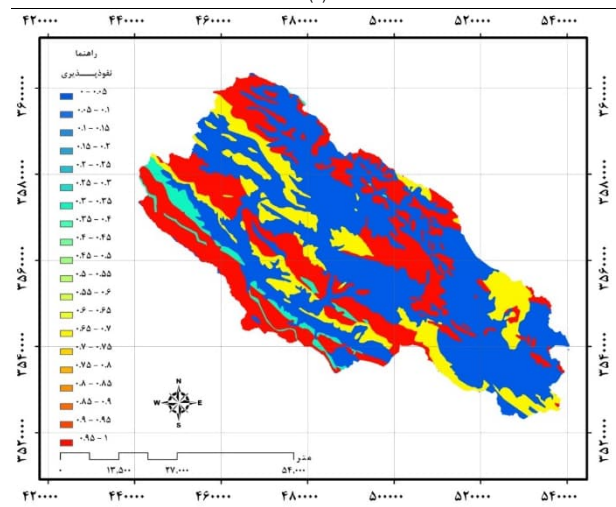
(ج)



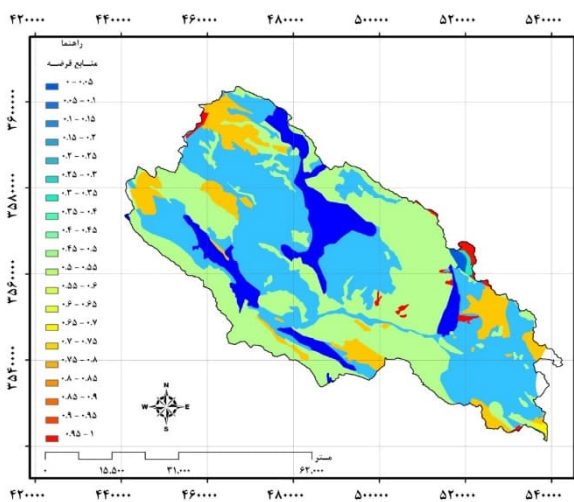
(د)



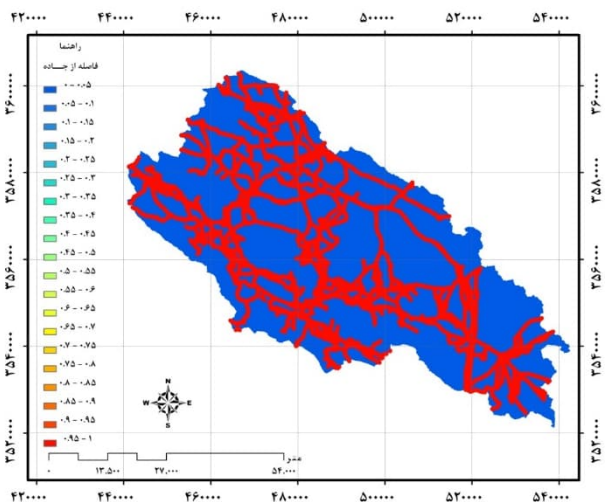
(گ)



(پ)



(ی)

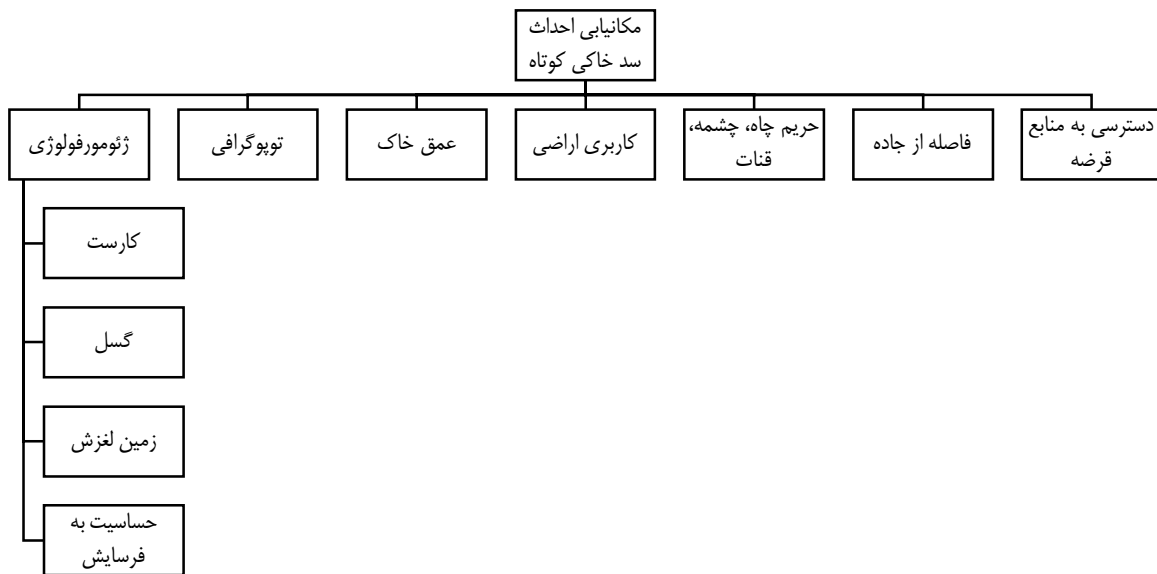


(ب)

ادامه شکل (۳): نتایج حاصل از استانداردسازی فازی طبقات برای عوامل محیطی مورد استفاده در تحقیق، به ترتیب د تا ی: نقشه فازی سازی شده طبقات عامل زمین لغزش، عامل عمق خاک، نفوذپذیری ساختارها، کاربری اراضی، عامل فاصله از جاده و عامل منابع قرضه.

پس از تشکیل لایه‌های استاندارد در محیط GIS، وزن هر لایه به روش تحلیل سلسله مراتبی محاسبه گردید. بعد از ایجاد سلسله مراتب، (شکل شماره ۴) معیارهای فرعی رده‌بندی شده و سپس اهمیت نسبی این رده‌ها به وسیله روش Saaty (۱۹۸۰) تعیین شده است. برای این کار پرسشنامه‌ای

بر اساس معیارهای معین تنظیم شد و در اختیار ۳۵ نفر از متخصصین آبخیزداری، عمران و منابع آب قرار گرفت و سپس تحلیل‌ها در نرم‌افزار Expert Choice انجام شد.

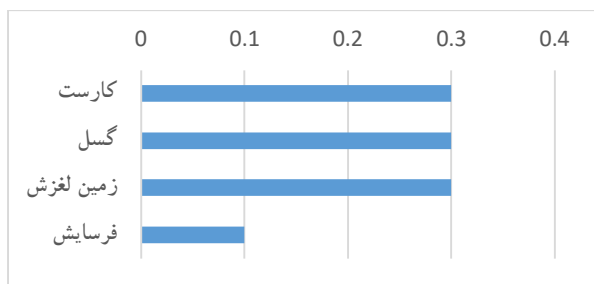


شکل (۴): سلسله مراتب معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در این تحقیق

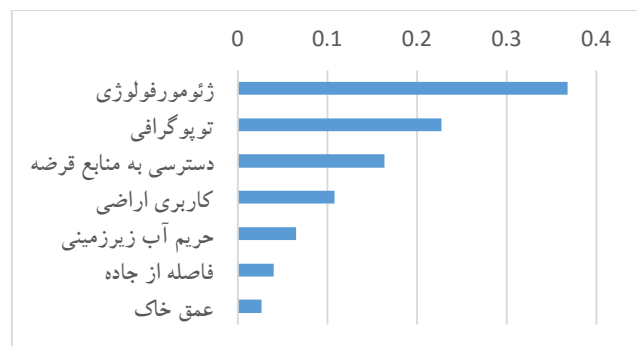
در آخرین مرحله با ترکیب نقشه‌های ورودی، نقشه خروجی تهیه و کلاس‌بندی می‌شود و در نهایت مناطق مستعد احداث سد خاکی مشخص و اولویت‌بندی می‌شوند. در واقع نقشه‌های خروجی، نتیجه رابطه‌های وزن‌دهی - تجمعی و رابطه‌های استانداردسازی است. اما نواحی که در نقشه شاخص مرکب به‌عنوان ناممکن در محدودیت‌ها قرار دارند، از نظر مناسب بودن ارزش صفر را خواهند داشت.

۳- نتایج

بررسی نتایج نشان می‌دهد درجه اهمیت عوامل مختلف به ترتیب شامل ژئومورفولوژی - توپوگرافی - دسترسی به منابع قرصه - کاربری اراضی - فاصله از آب‌های زیرزمینی - فاصله از جاده - عمق خاک می‌باشد. شکل ۵، وزن عوامل اصلی در تعیین مکان مناسب استقرار سازه مناسب را نشان می‌دهد. قبل از اعمال وزن‌های مذکور به لایه‌های استاندارد شده، لایه واحدی برای عامل ژئومورفولوژی ایجاد شد. به این ترتیب پس از استانداردسازی زیرلایه‌های مربوط به عامل ژئومورفولوژی که شامل کارست، گسل، حساسیت به فرسایش و زمین لغزش بود، وزن زیرعامل‌های مذکور تعیین گردید (شکل ۶). در نهایت یک نقشه استاندارد برای عامل ژئومورفولوژی تهیه شد. این لایه استانداردسازی شده در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل (۶): نمودار وزن عوامل فرعی عامل ژئومورفولوژی مؤثر در مکان‌یابی سد خاکی کوتاه به روش فرآیند سلسله مراتبی



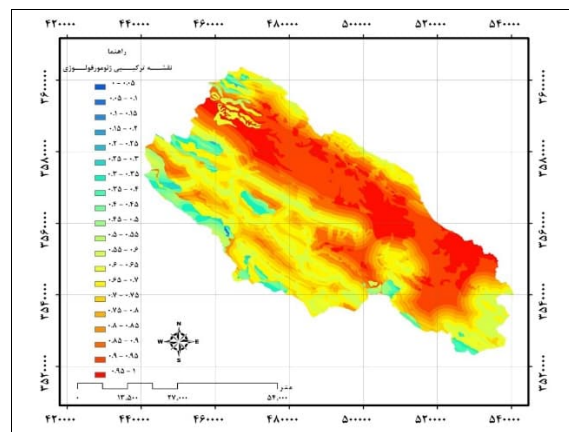
شکل (۵): نمودار وزن عوامل اصلی مؤثر در مکان‌یابی سد خاکی کوتاه به روش فرآیند سلسله مراتبی

نقشه نهایی مناطق مستعد احداث سد خاکی، حاصل از اعمال وزن‌های نهایی به لایه‌های استاندارد در شکل شماره ۸ نشان داده شده است. مناطقی که با رنگ سیاه در این شکل مشخص شده‌اند نشان دهنده مناطق غیر قابل اجرا هستند. از آن‌جا که دامنه مشخص شده برای اولویت‌بندی مناطق از

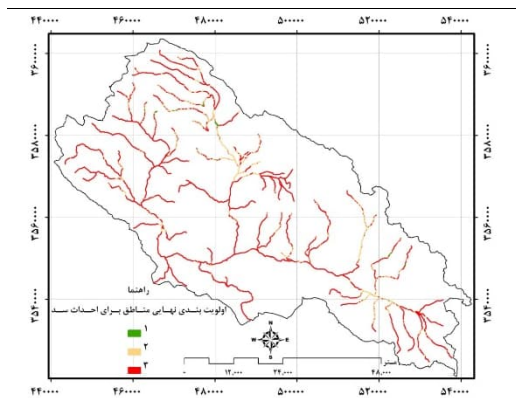
نوع پیوسته بوده قابلیت تفسیر مشکل می‌شود، لذا با استفاده از روش کلاس‌بندی Manual Interval در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3، نقشه خروجی در سه کلاس طبقه‌بندی شد. جدول ۲ چگونگی طبقه‌بندی به همراه سایر اطلاعات توصیفی مربوط به هر طبقه را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، ۱۹۴/۵ کیلومتر از آبراهه‌های منطقه دارای قابلیت خوب و بسیار خوب برای احداث سد خاکی هستند. این مناطق به صورت تفکیک شده در شکل ۹ آورده شده است.

جدول (۲): چگونگی طبقه‌بندی نقشه اولویت‌بندی مناطق جهت احداث سد خاکی

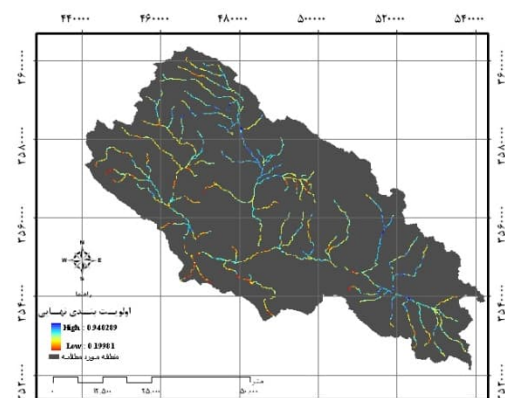
وضعیت	فاصله طبقات	کلاس	طول آبراهه (کیلومتر)
بسیار خوب	۰/۰-۸۶/۹۴	۱	۴/۳۷۶
خوب	۰/۰-۷/۸۶	۲	۱۹۰/۲۵۹
نامناسب	۰/۰-۱۹۹/۷	۳	۶۶۹/۷۶۷



شکل (۷): نقشه فازی سازی شده ترکیبی عامل ژئومورفولوژی.



شکل (۹): اولویت‌بندی نهایی مناطق جهت احداث سد خاکی.



شکل (۸): نقشه اولویت‌بندی مناطق جهت احداث سد خاکی.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نوع سد از نظر مصالح ساخت در کشور ایران به دلایلی از جمله هزینه کمتر ساخت و سازگاری بیشتر با وضعیت اقلیمی عمدتاً خاکی است. از این نظر سدهای خاکی نسبت به سدهای سنگریزه‌ای و بتنی و سنگی در صدر قرار دارند (تنهاپور و همکاران، ۱۳۹۵). انتخاب محل مناسب احداث سازه، از مهمترین عواملی است که می‌تواند در موفقیت یا عدم موفقیت طرح تاثیرگذار باشد. عوامل مختلف فنی، اقتصادی در تعیین محل مناسب احداث سد خاکی کوتاه موثر شناخته شده‌اند و تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب بهترین محل با توجه به تعدد معیارهای دخیل، کار پیچیده‌ای است. لذا توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به منظور تعیین اهمیت معیارها و شناسایی محل مناسب احداث اینگونه سدها ضرورت پیدا می‌کند. در این میان کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، مدیریت و تلفیق این داده‌ها و نیز توانایی آن‌ها در ارزیابی چند معیاره مکانی اهمیت ویژه‌ای دارد.

نتایج حاصل از این مطالعه در حوزه آبخیز بهشت‌آباد، نشان داد که در مجموع تقریباً ۲۲ درصد از طول شبکه هیدروگرافی این حوزه آبخیز، در وضعیت خوب و بسیار خوب برای احداث سدهای خاکی کوتاه قرار می‌گیرد. با توجه به نقشه طبقه‌بندی به دست آمده بیشتر آبراهه‌های مناسب برای احداث سدهای خاکی کوتاه در بالادست و میان‌دست حوزه آبخیز واقع شده‌اند.

عوامل مختلفی از جمله معیارهای اقتصادی و فنی در انتخاب محل مناسب احداث سازه‌ها نقش دارند. بسیاری از این معیارها برای مکان‌یابی سدهای خاکی نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در تحقیق حاضر از ۱۲ معیار مختلف که بیشترین تکرار را در تحقیقات قبلی داشته‌اند استفاده شده است. از بین عوامل مختلف مورد بررسی در این تحقیق، عامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی اهمیت و وزن بیشتری را به خود اختصاص داد. این عامل از ترکیب چهار زیرمعیار کارست، زمین لغزش، حساسیت به فرسایش و گسل به دست آمده است. علت این اهمیت بیشتر را می‌توان در تأثیر مستقیم این عوامل بر احداث هر نوع سازه‌ای دانست، اما به طور خاص در مورد سدهای خاکی مجموعه این عوامل در نظر کارشناسان خبره حائز اهمیت است. زیرا سد خاکی از نظر ساختمان، دارای شرایط متفاوتی با سازه‌های مهندسی دیگر است و در مناطق گسلی، مستعد زمین لغزش و حساس به فرسایش باید با احتیاطها و تمهیدات ویژه همراه باشد. اهمیت بیشتر عامل ژئومورفولوژی با مطالعات انجام شده توسط چابک بلداجی و همکاران (۱۳۹۰)، عالی و همکاران (۱۳۹۲)، ترک (۱۳۹۲)، محمودی (۱۳۹۰) و آمانی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. پس از آن، یافتن دره مناسب با شیب کم (نمایه توپوگرافی) در درجه دوم اهمیت قرار گرفت. ساخت سازه خاکی به منظور ذخیره آب نیازمند فضای مناسبی برای تشکیل دریاچه است و دره‌های باریک، به دلیل اینکه در ارتفاع کم سازه حجم مناسبی برای ذخیره ایجاد نمی‌کنند، مناسب سازه مذکور نیستند. آمانی و همکاران (۱۳۹۴)، چابک بلداجی و همکاران (۱۳۹۰) و حلیبان و همکاران (۱۳۹۱) نیز در مطالعات خود در مورد مکان‌یابی سدهای خاکی به اهمیت این عوامل اشاره داشته‌اند. از نظر کارشناسان مشارکت کننده در این تحقیق، دسترسی به منابع قرضه در اولویت سوم قرار گرفت. دسترسی به منابع قرضه به‌خصوص واحدهای رسی مناسب جهت احداث سد می‌تواند هزینه‌های قابل توجه در انتقال مصالح را تا حد زیادی کاهش دهد. با توجه به اینکه کاربری اراضی اثر چندگانه بر مکان‌یابی سدهای خاکی کوچک دارد، این عامل در جایگاه چهارم اهمیت قرار گرفته است. معمولاً، هدف اصلی از احداث سازه‌های کوچک ذخیره‌سازی آب مثل سدهای خاکی کوتاه، تامین آب مصرفی در کشاورزی است که بهتر است در فواصل نزدیک به اراضی کشاورزی احداث شود و مدت زمان محدودی آب را ذخیره می‌کند. عامل فاصله از منابع آب زیرزمینی (چشمه، چاه، قنات) جزء اولویت‌های آخر رتبه‌بندی شده در این تحقیق است. افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در استان چهارمحال و بختیاری و خصوصاً در زیرحوزه بهشت‌آباد قابل توجه بوده است. احداث سدهای ذخیره‌ای برای مصارف کشاورزی بالادست موجب ذخیره آب در سطح زمین و عدم انتقال آن به سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. بالطبع این عامل تأثیر منفی بر دبی چاه‌ها و سایر منابع آب‌های زیرزمینی خواهد داشت. چابک بلداجی و همکاران (۱۳۹۰) و چزگی و همکاران (۱۳۸۹) نیز به اثر این عامل اشاره کرده‌اند. فاصله از جاده یک معیار اقتصادی-اجتماعی است که از لحاظ تحمیل هزینه به پروژه احداث سد خاکی اثرگذار است. علت اهمیت کمتر این عامل در بین سایر عوامل را می‌توان در اثر کمتر بازدارنده و محدودکننده آن دانست. ترک (۱۳۹۲)، چابک بلداجی و همکاران (۱۳۹۰)، آمانی و همکاران (۱۳۹۴) و عالی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعاتشان به طور مشابه به اهمیت این فاکتور اشاره داشته‌اند. نمایه عمق خاک حائز کمترین رتبه در بین سایر نمایه‌ها شده است، علت این مورد را می‌توان در حداقل بازدارندگی اثر این عامل، به دلیل عمق خاک نسبتاً خوب در حوزه آبخیز بهشت‌آباد دانست.

منابع

- آمانی، م. نجفی‌نژاد، ع.، دهقانی، ا.ا.، و مارامایی، م. (۱۳۹۴). مکان‌یابی سدهای کوتاه خاکی با استفاده از معیارهای حذفی و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کال آجی، استان گلستان). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۱)، ۲۳۹-۲۳۱.
- بخشنده، ا. (۱۳۸۸). بررسی مشکلات و راهکارهای کمبود آب در ایران. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، اردیبهشت ۱۳۸۸.
- ترک، خ. (۱۳۹۲). مکان‌یابی مناطق مناسب اجرای سدهای سنگی-مالاتی در زیر حوزه‌های بحرانی با استفاده از مدل HEC-HMS و سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ۱۲۶ص.
- تنه‌پور، م.، بنی‌حبيب، م. ا.، و عباسی، ن. (۱۳۹۵). تحلیلی بر ویژگی‌های فنی سدهای ساخته شده در ایران و مقایسه آن با جهان. ششمین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت تأسیسات آبی و شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی. کرج: مهر ۱۳۹۵.
- جمالی، ع.، قدوسی، ج.، و فرح پور، م. (۱۳۹۰). تحلیل چندمعیاره مکانی (SMCE) و فنون تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی حوزه آبخیز برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی. پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۴(۱)، ۱۰-۱.
- چابک بلداجی، م.، زارعی محمودآبادی، ه.، شیرزاده، م.ع.، و حسن زاده نفوتی، م. (۱۳۹۰). مکان‌یابی احداث سدهای خاکی کوچک در مناطق خشک و نیمه خشک با روش تحلیل چند معیاره مکانی (SMCE). علوم و مهندسی آب، ۱(۲)، ۴۰-۳۱.
- چزگی، ج.، مرادی، ج.، و خیرخواه، م. (۱۳۸۹). مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره با تأکید بر منابع آب (مطالعه موردی غرب استان تهران) (گزارش فنی). مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۴(۱۳)، ۶۸-۶۵.
- حلیبان، ا.، عرب عامری، ع.، و سلطانیان، م. (۱۳۹۱). انتخاب بهترین مکان برای احداث سد خاکی با استفاده از روش ELECTRE (مطالعه موردی حوزه آبخیز شاهرود - بسطام). جغرافیایی سرزمین. ۹(۳۴)، ۱۳۷-۱۲۵.

- دهمرده قلعه‌نو، م.ر.، میرزایی، ق. و الوندی، ا. (۱۳۹۹). مکانیابی اولیه سدهای زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS و GIS در بخش شرقی حوزه رودخانه گرگان‌رود. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۷)، ۳۸۹-۴۰۳.
- سعادت، م.، ذوالانوار، ع.، و اصغری، ک. (۱۳۸۲). تعیین شاخص‌های مکان‌یابی جهت ایجاد سد زیرزمینی و شبیه‌سازی مدل ریاضی جریان در سد زیرزمینی. ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، اصفهان، اردیبهشت ۱۳۸۲، ص ۸.
- صمدی بروجنی، ح. (۱۳۸۹). انتقال آب بین حوضه‌های (فرصت‌ها و چالش‌ها) با تأکید بر انتقال آب بهشت‌آباد (چاپ اول). شهرکرد: انتشارات دانشگاه شهرکرد، ۳۷۶ص.
- عالی، ا.، سلطانی، س.، بشری، ح.، و هنربخش، ا. (۱۳۹۲). مکان‌یابی احداث بندهای خاکی، سنگی ملاتی و گابیونی در حوزه آبخیز دوراهان استان چهارمحال و بختیاری. اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب. گرگان، اسفند ۱۳۹۲.
- فرپور، ا.، و خاشعی سیوکی، ع. (۱۳۹۶). انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی احداث سازه ذخیره‌سازی آب با استفاده از روش‌های ANP و AHP (مطالعه موردی: طرقله و شاندریز). محیط زیست و مهندسی آب، ۳(۱)، ۲۹-۱۶.
- فیضی، ک. و مقدسی، ع. (۱۳۸۴). کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم در تصمیم‌گیری مدیران. مطالعات مدیریت (بهبود و تحول)، ۱۲(۴۵)، ۱۶۱-۱۳۹.
- قرمزچشمه، ب.، گودرزی، م. و مددی، ا. (۱۳۸۶). سدهای کوتاه خاکی جایگزینی مناسب سدهای بزرگ به‌منظور حفظ اکوسیستم حوزه آبخیزهای آبخیز. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه آبخیزهای آبخیز. کرج، اسفند ۱۳۸۶.
- محمودی، ن. (۱۳۹۰). تعیین مکان‌های مناسب جهت احداث سدهای کوتاه خاکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- مطهری‌نیا، ع. و المدرسی، س. (۱۳۹۷). مکانیابی احداث سدهای خاکی کوچک به روش AHP مطالعه موردی حوزه آبخیز بوانات- سرچهان در استان فارس. سومین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین. یزد، اسفند ۱۳۹۷.
- ناصری، ح. ر.، عزیزخانی، م. ج. و مکنونی، س. (۱۳۸۸). تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: دشت چاه دراز- سیرجان). زمین‌شناسی ایران، ۳(۱۰)، ۹۷-۱۰۵.
- Al-Shabeeb, A.R. (2016). The Use of AHP within GIS in Selecting Potential Sites for Water Harvesting Sites in the Azraq Basin- Jordan. *Journal of Geographic Information System*, 8(1), 73-88.
- Becue, J. P. Degoutte, G., and Lautrin, D. (2002). Choice of Site and Type of Dam. 17-22. In: French Committee on Large Dams. Small Dams, Guidelines for Design, Construction and Monitoring. France: Cemagref, 179p.
- Liana, L., Udaya Bhaskara Rao, Ch., and Saha, G. (2018). Integrated Approach Using AHP and TOPSIS for Dam Site Selection. *Science and Technology Journal* 6(2), 64-67.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Malczeski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley and Sons, 392p.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill, 287p.
- Yoo, S., and Digman, L. A. (1987). Decision Support System: A New Tool for Strategic Management. *Long Range Planning*, 20(2), 114-124.
- Zahedi, F. (1986). The Analytic Hierarchy Process: A Survey of the Method and its Applications. *Interfaces*, 16(4), 96-108.

Locating susceptible areas for short earth fill dams (Case study: Beheshtabad Watershed)

Rafat Zare Bidaki *¹, Behrooz Moradi², Hossein Bahrami³



Research Article

1. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

zare.rafat@sku.ac.ir

* Corresponding author

2. M.Sc. Graduate, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

behroozmoradi20@yahoo.com

3. Ph.D. of Watershed Management, Agriculture- Jihad Organization of Chaharmahal va Bakhtiari Province, Shahrekord, Iran.

bahrami374@yahoo.com

Article Code: 2106-1008

Received: 22 June 2021

Accepted: 21 August 2020

Online: 10 January 2022

Review speed: 61 days

Citation:

Zare Bidaki, R., Moradi, B., and Bahrami, H. (2021). Locating susceptible areas for short earth fill dams (Beheshtabad Basin). Management of Natural Ecosystems, 1(1), 37-48.

Abstract

The increasing demand for water has led to the development of various methods for water resources management. Some structural methods include the construction of barriers in the path of surface flows and make water reservoirs, which earth-fill dams are in this category. Efficiency and productivity of a dam depend on many factors, most importantly, the suitable areas for the construction of these dams. This research was conducted with the aim of developing a decision support system based on RS and GIS techniques and identifying and prioritizing suitable areas for the construction of earth-fill dams in the Beheshtabad watershed of the North Karun watershed. For this purpose, previous studies in this field were reviewed and effective criteria in locating the earth fill dams were selected. After selecting the set of criteria, a pairwise comparison questionnaire was made and provided to relevant experts. Then, using the Analytic Hierarchy Process (AHP), prioritization and determination of the relative weight of these criteria were performed. Maps of each factor were prepared and standardized; then weights obtained by AHP method was then applied to them. Finally, the map was prepared with three categories of inappropriate, good, and very good for the construction of the earth-fill dam in the region. The results show that geomorphologic and geological criteria with the highest weight are the most important in determining the suitable location for earth-fill dam construction. This criterion composes of four sub-criteria: Karst, Fault, Landslide and Erosion. After this criterion, topography, investment, land use, distance from groundwater sources, distance from road and soil depth were ranked in order of importance. It was also found that more than four kilometers of the hydrological network of this watershed have a very good capability for the construction of short earth-fill dams in order to manage water resources.

Key Words: Analytical Hierarchy Process, Chaharmahal va Bakhtiari province, Decision Support System, Fuzzy logic, Water resources management.