

اولویت‌بندی حوزه آبخیز برای احداث بند توری سنگی به روش تحلیل چند معیاره مکانی (SMCE)، در حوضه رباط اصفهان

علی اکبر جمالی^{۱*}، ابوالفضل رحیم‌آبادی^۲، نسیم زرننگ^۳، آرش رحمتیان^۴

^۱دانشیار گروه GIS، سنجش از دور و آبخیزداری، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران

^۲کارشناس ارشد رشته GIS & RS، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

^۳کارشناس ارشد رشته GIS & RS، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

^۴کارشناس ارشد رشته GIS & RS، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۲/۱۰

چکیده

حوزه آبخیز مورد مطالعه در منطقه حوضه رباط از توابع میمه شهرستان اصفهان واقع شده است. برای تعیین مکان‌های ایجاد سد سنگ‌توری (گابیون) در آبراه‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (SMCE) مکان‌یابی شد. در ابتدا نقشه عوامل و محدودیت‌ها به صورت لایه‌هایی قابل استفاده در مدل درختی تهیه گردیده شد. در نهایت با وزن‌دهی به عوامل به صورت مقایسه زوجی و به شکل رتبه‌ای و اولویت‌بندی، به تولید نقشه نهایی که اولویت‌های ساخت سد گابیونی را در منطقه نشان می‌دهد انجامید. با وجود راه‌های بسیار و چاه‌های فراوان در منطقه مورد مطالعه و اهمیت فرارگیری سدها در نزدیکی روستاهای موجود، تأثیر بسیاری در انتخاب مکان‌های ایجاد سد داشت است. البته عوامل طبیعی نیز در انتخاب این مکان‌ها با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی دخالت همگامی داشته است. این مکان‌یابی برای برنامه‌ریزان در حوضه‌های آبخیز که به کنترل فرسایش در مناطق حائز اهمیت توجه دارند پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه‌ها: تصمیم‌گیری چند معیاره، حوزه آبخیز، سد اصلاحی، مکان‌یابی

مقدمه

ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک انتقال دهنده‌ها (آب و باد) به مکان دیگری حمل می‌شود که موجب پدید آمدن فرسایش می‌گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹، ص ۴). به دلیل وقوع جریان زیاد یا رواناب در حوضه آبخیز رودخانه‌ها فرسایش عظیمی در سطح حوضه آبخیز اتفاق می‌افتد و نهایتاً مشکلات عدیده‌ای را در پایین دست به وجود می‌آورد، از جمله در مخازن سدها و کانال‌های آبیاری موجب کاهش راندمان بهره‌برداری و عمر

مفید آن‌ها شده (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۳، ص ۱۲) که ناشی از ته‌نشینی و انباشته شدن رسوب است. لذا بررسی تخریب و فرسایش خاک و نقشه‌های سطحی و عوامل مؤثر در آن از اهمیت والایی برخوردار است (یمانی و هدائی، ۱۳۸۲، ص ۳)؛ بنابراین اولین قدم در مقابله با پدیده فرسایش و مبارزه با آن، شناسایی و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر هست (حجازی و همکاران، ۱۳۹۴، ص ۲۳۹). از این رو روش‌ها و راهکار اساسی تثبیت و کنترل برای حوضه‌های آبخیز، اصلاح هندسه و شکل دامنه‌ها می‌باشد (کریمی و نجفی، ۱۳۹۱، ص ۸۰). با توجه به این موضوع طرح‌های احداث گابیون که از مفتول آهنی آبداری شده به شکل مکعب مستطیل که پس از پر شدن از سنگ همانند یک آجر بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد در جلوگیری از فرسایش و سیل از حوضه‌های آبخیز بسیار مؤثر واقع می‌شوند (جمالی و یزدانی، ۱۳۹۲، ص ۱). در میان اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری شده از کارشناسان مربوطه با موضوع مکان‌یابی، شرایطی را برای ارتباط عملی و منطقی با مکان‌یابی با توجه به اولویت‌ها برقرار می‌سازد (رضویان، ۱۳۸۸، ص ۱۳۰). از این رو برای استفاده از گابیون‌ها که در چه مکانی مفید واقع می‌شوند از فنون تصمیم‌گیری (SMCE) برای یافتن مکان‌های مناسب این سازه استفاده شد است (آندرس و همکاران، ۲۰۱۳، ص ۷۲). SMCE توسط فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پشتیبانی می‌شود (کامروزمان، ۲۰۱۴، ص ۱۷). در واقع SMCE ترکیبی از MCE^۲ و GIS^۳ می‌باشد که هدف MCE به مشارکت گرفتن فضاهای غیرمکانی همراه با وزن‌هایش برای ارزیابی است (کولین و همکاران، ۲۰۰۱، ص ۶۱۳). امروزه روش‌های جدید مکان‌یابی با تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA^۴) مطرح است و نمونه‌ایی از آن کاربرد ASSESS^۵ است (آندرس و همکاران، ۲۰۱۳، ص ۷۰). MCDA یک روش مناسب برای جمع‌آوری و پردازش اطلاعات عینی و استفاده از نظرات و برداشت‌های ذهنی دیگر افراد درباره‌ی انتخاب مجموعه‌ای از راه‌حل‌های مناسب برای موضوع مربوط است (جمالی و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۴۷۷). AHP^۶ و ASSESS به‌طور گسترده که از فنون MCDA است برای سیاست‌گذاری‌های محیطی به‌کاربرده می‌شود (هیل و همکاران، ۲۰۱۵، ص ۹۶۲). به‌طور کلی GIS و MCDA می‌تواند به‌عنوان یک فرآیند ترکیب داده‌های جغرافیایی و توانایی در تنظیمات تصمیم‌گیری، برای بدست آوردن اطلاعات تصمیم‌گیری قلمداد کرد (مالزوسکی، ۲۰۰۶، ص ۷۱۰). در استفاده این روش در حوضه‌های آبخیز به تحقیقات جمالی و همکاران (۱۳۸۹) و (۱۳۹۰) که با استفاده از تحلیل چند معیاره مکانی و فنون تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی حوضه‌ی آبخیز برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی پرداخته شده است می‌توان اشاره کرد. مطالعه دیگر در کنیا با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مکانی SDSS^۷، برای کمک به متخصصین در رابطه با کاربری اراضی، گسترش حمایت از کشاورزان و کشاورزی، طبقه‌بندی کیفیت زمین، ارزیابی مدیریت پایدار زمین و مدیریت منابع پرداخته شد (اوچلا و کرکیدیس، ۲۰۰۴، ص ۲۳). حسینخانی (۱۳۹۲)، همچنین در حوزه آبخیز سد شهریار میانه با استفاده از تکنیک‌های GIS و مدل EPM^۸ به

^۱ Spatial Multi Criteria Evaluation

^۲ Multi Criteria Evaluation

^۳ Geographic Information Systems

^۴ Multi - Criteria Decision Analysis

^۵ A System for Selecting Suitase Sites

^۶ Analytical Hierarchy Process

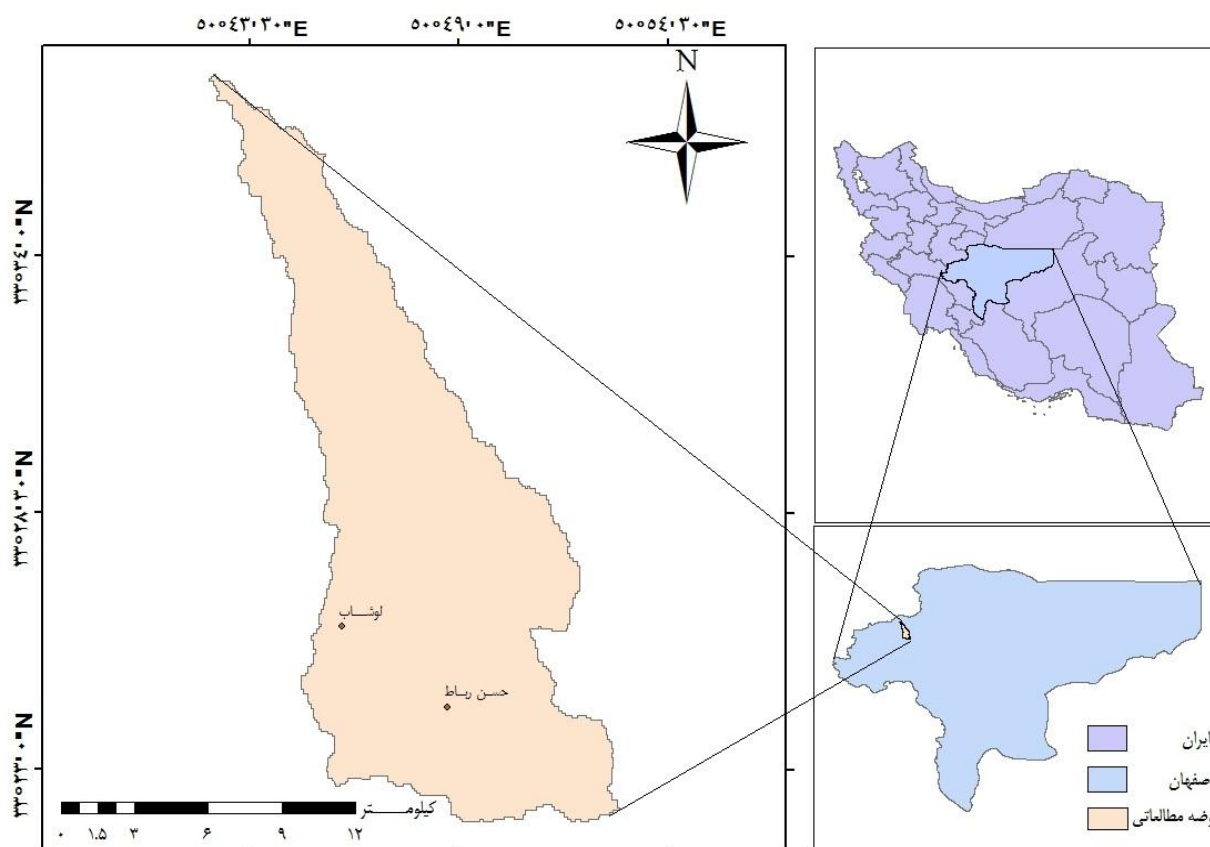
^۷ Spatial Decision Support System

^۸ Erosion Potential Model

ارزیابی خطر فرسایش و پتانسیل رسوب‌دهی حوزه آبخیز پرداخته شد. نتایج نهایی مبین این واقعیت است که بر اساس مدل EPM و روش GIS محدوده‌های فرسایش همبستگی بسیار بالایی با وضعیت لیتولوژی، خاک و پوشش گیاهی و فرسایش آبراه‌های منطقه دارند. مکان‌یابی و ایجاد سد باعث جلوگیری از فرسایش آبی حوضه‌های آبخیز می‌گردد و از خطرهای ناشی از سیل در روستاها، زمین‌های کشاورزی و راه‌های پایین‌دست حوضه‌های آبخیز جلوگیری می‌شود. هدف از انجام این پروژه تعیین مکان مناسب برای ایجاد سد سنگ‌توری است.

منطقه مورد مطالعه

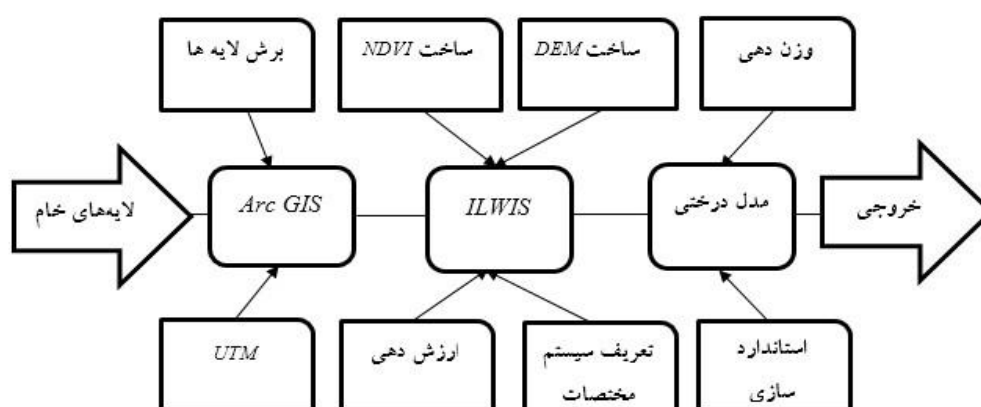
روستای تاریخی حسن رباط» به‌عنوان یک از نوزده روستای شهرستان شاهین‌شهر و میمه در غرب بخش میمه در دهستان زرکان می‌باشد. این روستا از غرب کیلومتر ۳۵ شهر میمه، از شرق کیلومتر ۱۵ شهر جدیدالتأسیس لای‌بید از شمال و جنوب به منطقه کوهستان متصل است. فاصله مرکز روستا تا ورودی شهر اصفهان ۱۳۵ کیلومتر است. حوضه مورد مطالعه دارای مساحت ۱۹۷/۸۲ کیلومترمربع از طول جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۴ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ۴۴ ثانیه شمالی و از عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۵ ثانیه تا ۵۰ درجه ۵۳ دقیقه و ۱۳ ثانیه شرقی امتداد یافته است که روستای حسن رباط و لوشاب را دربر می‌گیرد. شکل (۱) موقعیت جغرافیای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز حسن رباط (شهرستان اصفهان)

مواد و روش‌ها

در ابتدا به تهیه نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به (چاه‌ها، چشمه‌ها، روستاها، راه‌ها، کاربری اراضی، زمین‌شناسی) منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. طی عملیات ژئورفرنس و برش منطقه مورد مطالعه در محیط ArcGIS، این لایه‌ها آماده‌ی استفاده در محیط نرم‌افزاری ILWIS شدند. سپس طی عملیات مختلف در محیط نرم‌افزاری ILWIS برای مرحله‌ی بعدی که ورود به مدل درختی است پردازش شدند. در شکل (۲) می‌توان روند عملیات ورودی و خروجی لایه‌های مورد مطالعه را مشاهده نمود.



شکل ۲: روند عملیات پردازش بر روی داده‌ها

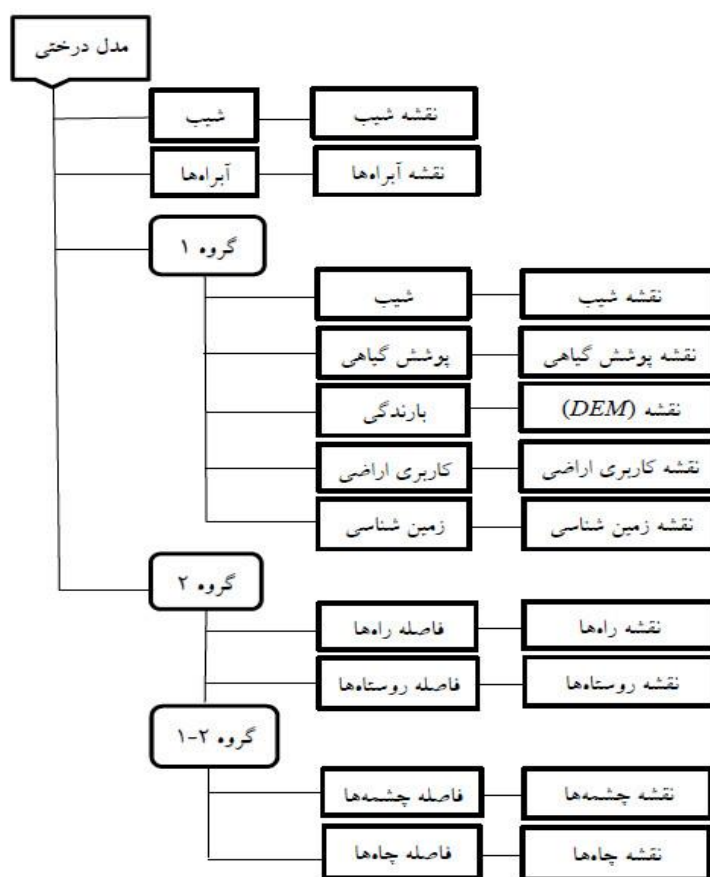
در نرم‌افزار ILWIS با Distance (فاصله) کردن نقشه‌های نقطه‌ای و خطی و همچنین با ارزش‌دهی به ستون جداول نقشه‌های توصیفی و تبدیل به رستر، منجر به ساخت نقشه مورد استفاده در مدل درختی شد. شکل (۳) شماتیکی از مدل درختی طراحی شده در ILWIS را نمایش می‌دهد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از منطقه به ساخت^۱ NDVI پرداخته شد. از NDVI بدست آمده برای ارتباط بین فرسایش خاک بوسیله آب با پوشش گیاهی استفاده شد. مناطقی که دارای پوشش گیاهی است از فرسایش بوجود آمده توسط آب به‌طور چشمگیری جلوگیری می‌کند، بدین‌منظور این مناطق از حساسیت کمتری برای فرسایش برخوردار می‌باشند. همین‌طور با استفاده از کانتور منطقه، نقشه^۲ DEM و جهت شیب حوزه مورد مطالعه بدست آمد. درواقع نقشه شیب تعیین‌کننده‌ی شیب موردنظر برای احداث سد گابیونی است. تعیین بازه‌ی شیب موردنظر توسط کارشناسان و یا کارفرما مشخص می‌گردد. نقشه‌ی (راه‌ها، چشمه‌ها، چاه‌ها و روستاها) با در نظر گرفتن مسافت‌های موردنظر کارشناسان و یا کارفرما تعیین گردید به‌طوری‌که هرچه فاصله به این مکان‌ها نزدیک‌تر باشد بهتر است، با تعیین حداکثر فاصله برای هر یک از این مکان‌ها نقشه‌های آن‌ها تهیه شدند. در شکل (۴) نقشه‌های بدست آمده در بخش نرم‌افزاری ILWIS و مورد استفاده در مدل درختی نشان داده شده است.

برای استفاده از نقشه‌ها در مدل درختی در محیط ILWIS به‌صورت رستر درآمدند. در مدل درختی دو محدودیت که شامل نقشه (شیب و آبراه‌ها) تعریف شد. برای عوامل دو گروه و یک زیر گروه تعریف شد. در گروه

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

^۲ Digital Elevation Model

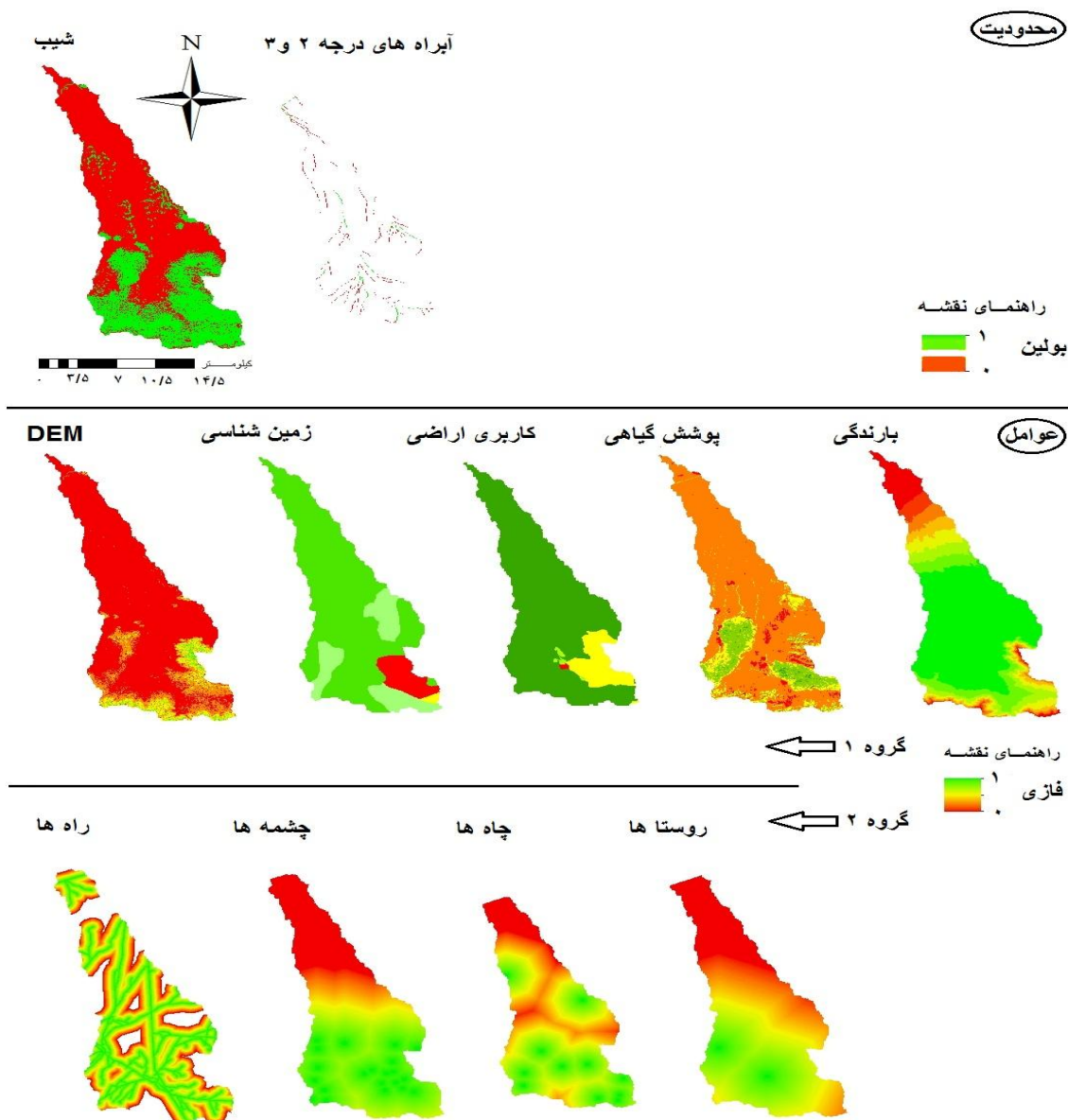
یک نقشه‌های (شیب، پوشش گیاهی، بارندگی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی) قرار گرفته شد. در گروه دو نقشه‌های (راه‌ها و روستاها) و زیرمجموعه این گروه نقشه (چشمه‌ها و چاه‌ها) که فواصل در این نقشه‌ها تعریف شده، جای گرفته شده است. باید توجه کرد که نقشه‌های رستری با در نظر گرفتن اهمیت احداث گابیون در نزدیکی مکان‌های موردنظر و همچنین دارا بودن شرایط محیطی، پردازش‌هایی از قبیل Distance (فاصله) کردن نقشه‌های رستری برای فاکتور فاصله و همچنین تشکیل نقشه شیب و تهیه DEM منطقه مورد مطالعه برای عوامل‌ها و محدودیت پرداخته شد. پس از تکمیل و آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به مدل درختی آماده شدند.



شکل ۳: نحوه ی طراحی مدل درختی در نرم‌افزار (ILWIS)

در مدل درختی در گروه محدودیت‌ها شیب آبراه‌های که از نظر کارشناسان مورد اولویت قرار داده بودند وارد شد. شیب‌های بین ۵ الی ۷۰ درصد تعیین گردید که روال کار به این صورت است که شیب‌های بین این دو رقم ارزش یک و غیر از این اعداد ارزش صفر در نظر گرفته می‌شود و شیب‌هایی که ارزش یک دارند در تصمیم‌گیری مکان‌یابی شرکت داده می‌شوند (جنلتی، ۲۰۱۰، ص ۳۳۳). همین‌طور آبراه‌ها به روش استرالر رتبه‌بندی گردیده شد و رتبه‌ی ۲ و ۳ ارزش یک در محدودیت‌ها وارد شد. لایه‌ها در گروه‌ها به ترتیب اولویت جایگذاری شدند. ابتدا همه‌ی عوامل استانداردسازی شدند. در نقشه شیب به مناطق با شیب زیاد اهمیت بیشتری داده شد. برای نقشه پوشش گیاهی مناطق با پوشش گیاهی کمتر اهمیت بیشتری داده شد و همچنین برای عامل بارندگی مناطق پر بارش اهمیت بالاتری نسبت به مناطق کم بارش داده شد زیرا بارندگی زیاد باعث افزایش رواناب و فرسایش می‌شود. نقشه کاربری اراضی

و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه با نظرات کارشناسان مربوطه اولویت‌بندی گردید چنانکه در مناطق حائز اهمیت برای ایجاد سد گابیونی چه از لحاظ جنس زمین و نوع کاربری اراضی از اهمیت بالاتر و در نتیجه وزن بیشتر برخوردار گردیده شد. در گروه دو و زیر مجموع آن که نقشه فاصله هستند مناطق دورتر از این مکان‌ها اهمیت کمتری برای ساخت سد گابیونی برخوردار شدند، دلایل اقتصادی علت این امر است. پس از استانداردسازی، به گروه‌ها وزن داده شد. هر گروه به روش مختلفی وزن داده شد. در گروه یک با استفاده از مدل فرآیند سلسله مراتبی به عوامل مختلف وزن‌دهی شد. از امتیازات فرآیند سلسله مراتبی این است که در آن تمام عناصر را در ارتباط با هم در نظر گرفته می‌شود (عابدینی و ستایشی‌نسا، ۱۳۹۲، ص ۱۵۹). در جدول (۱) ترتیب عملیات مدل درختی به نمایش آمده است. بدین ترتیب پس از تکمیل مدل درختی بهترین مکان برای احداث سدهای گابیونی مشخص گردیده شد.



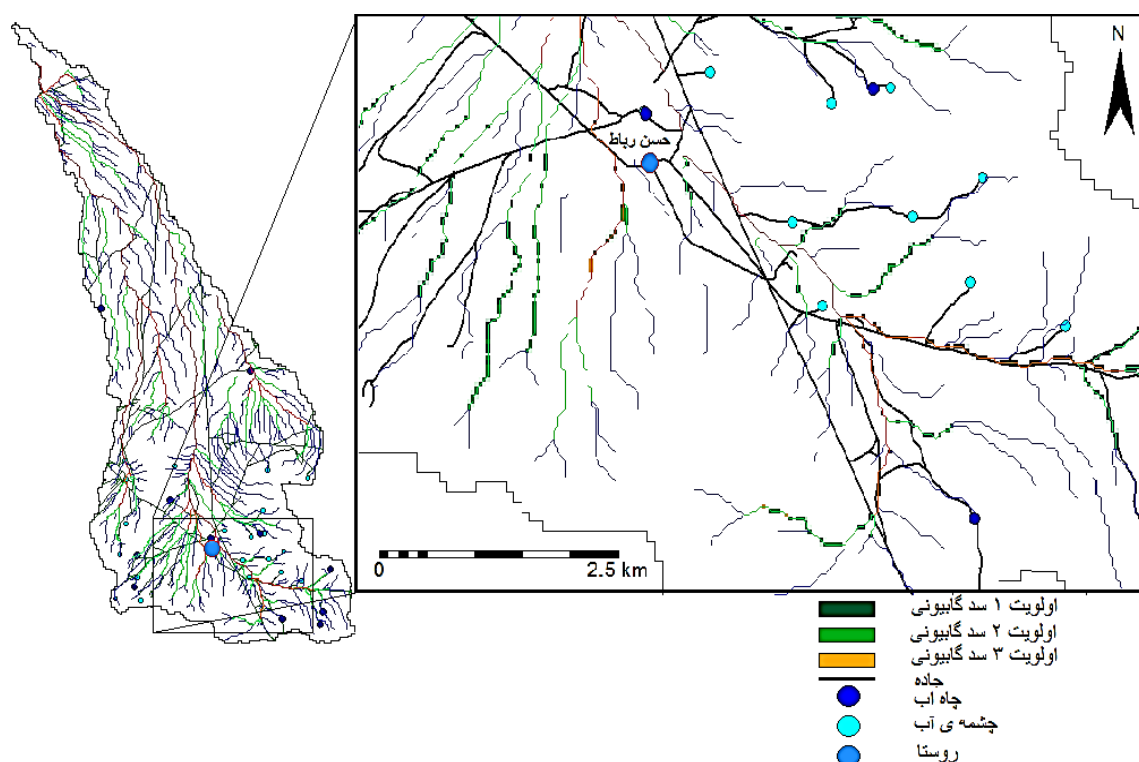
شکل ۴: نقشه‌های استفاده شده به‌عنوان عامل یا محدودیت در مدل درختی

جدول ۱: تشکیل مدل درختی در محیط ارزیابی چند معیاره مکان

استاندارد	نقشه	توابع	دلیل	وزن دهی	وزن	منابع
محدودیت	شیب	بولین (شیب بین ۵ تا ۷۰ درصد ارزش یک و بقیه ارزش صفر)	شیب بین ۵ تا ۷۰ درصد با نظر کارشناسان برای احداث گابیون در نظر گرفته شد.	یک	-	جمالی و همکاران (۱۳۹۰)، از شیب بین ۵ تا ۷۰ درصد استفاده نمودند.
محدودیت	آبراهه	بولین (دو برابر پیکسل سایر در نظر گرفته شد)		یک	-	
عوامل (گروه ۱)	شیب	استاندارد (هرچه شیب بیشتر اهمیت بیشتری دارد)	شیب وسط ۵ تا ۷۰ درصد با نظر کارشناسان برای احداث گابیون اهمیت بیشتری گرفت.	مقایسه‌ای زوجی (AHP)	۰/۵۱	جمالی و همکاران (۱۳۸۷)، با استفاده از مقایسه زوجی عوامل گروه‌های خود را مقایسه کردند.
عوامل (گروه ۱)	پوشش گیاهی	رتبه‌ای (هرچه پوشش گیاهی کمتر اهمیت بیشتر دارد)	منطقی است که پوشش گیاهی از فرسایش ممانعت می‌کند.	مقایسه‌ای زوجی (AHP)	۰/۲۶	ارین پور و همکاران (۲۰۱۵)، استانداردسازی به‌صورت کاست (ایتروال) انجام دادند.
عوامل (گروه ۱)	بارندگی	استاندارد (ارتفاع بالاتر بارندگی بیشتر اهمیت بالاتر و ارتفاع خیلی بالاتر اهمیت کمتر به خاطر وجود بارش برف)	فرسایش در جاهایی به حداکثر خود می‌رسد که میانگین بارندگی مؤثر سالیانه آن، ۳۰۰ میلی‌متر باشد.	مقایسه‌ای زوجی (AHP)	۰/۱۳	استدلال قیاسی
عوامل (گروه ۱)	کاربری اراضی	رتبه‌ای (مکان‌های با پوشش گیاهی کمتر و فاقد مالک اهمیت بیشتر و بالعکس)	منطقی است در املاک شخصی شرایط فعالیت مشکلاتی دارد.	مقایسه‌ای زوجی (AHP)	۰/۰۶	Arianpour و همکاران (۲۰۱۵)، در استانداردسازی از جداول توصیفی و به‌صورت مقایسه زوجی
عوامل (گروه ۲)	راه‌ها	استاندارد (نزدیکی به راه اهمیت بیشتر و بهتر)	نزدیکی به راه هزینه ساخت سدهای گابیونی را کاهش می‌دهد.	اولویت‌بندی (Rank Ordering)	۰/۶۱	جمالی و همکاران (۱۳۸۹)، استانداردسازی به روش کاست انجام داده‌اند.
عوامل (گروه ۲)	روستا	استاندارد (نزدیکی به روستا اهمیت بیشتر و بهتر)	بیشتر جنبه اقتصادی مدنظر می‌باشد.	اولویت‌بندی (Rank ordering)	۰/۲۸	جمالی و همکاران (۱۳۹۰)، استانداردسازی به‌صورت کاست انجام داده‌اند.
عوامل (گروه ۲-۱)	چشمه	استاندارد (نزدیکی به چشمه اهمیت بیشتر و بهتر)	بیشتر جنبه اقتصادی مدنظر است.	رتبه (Direct method)	۰/۵۵	جمالی و همکاران (۱۳۸۹)، استانداردسازی بیهروشکاستاز جامدادها دارند.
عوامل (گروه ۲-۱)	چاه	استاندارد (نزدیکی به چاه اهمیت بیشتر و بهتر)	بیشتر جنبه اقتصادی مدنظر است.	رتبه (Direct method)	۰/۴۶	جمالی و همکاران (۱۳۸۹)، استانداردسازی به روش کاست انجام داده‌اند.

یافته‌های تحقیق

با توجه به شکل (۵)، آبراه‌هایی را اولویت قرار داده است که حداقل فاصله را با (روستاها، چشمه‌ها، چاه‌ها و راه‌ها) دارد. همچنین با بررسی پوشش گیاهی منطقه و زمین‌شناسی در قسمت‌هایی که وزن بیشتری برای اهمیت بیشتری گرفته بوده‌اند جزء اولویت‌ها انتخاب شده‌اند. خود اولویت مسیره‌ای انتخاب شده برای ایجاد سد گابیونی در آبراه‌ها نیز اولویت‌بندی شده است. ترتیب اولویت با سه رنگ سبز، صورتی و آبی مشخص گردیده است. اولویت اول از لحاظ کمی و مساحتی، مقدار کمتری را به خود اختصاص داده و برای اولویت سوم این مقدار افزایش یافته است. مکان‌یابی سدهای اصلاحی کمک شایانی برای کنترل فرسایش در مناطق حساس به این پدیده می‌کند. در بخش کشاورزی و عدم هدر رفت خاک در منطقه بسیار سودمند خواهد بود. چراکه این روش با در نظر گرفتن عوامل فرسایشی و شناسایی این مناطق به برنامه‌ریزان حوزه‌های آبخیز این امکان را فراهم می‌سازد که بتوانند برای کنترل این پدیده برنامه‌های مفیدی ارائه دهند.



شکل ۵: نقشه نهایی اولویت‌بندی برای احداث سد

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به خروجی مدل درختی که با تصمیم‌گیری چند معیاره بوجود آمده است می‌توان چنین نتیجه گرفت، آبراه‌هایی که در اولویت ساخت سدهای گابیونی قرار گرفته‌اند در نزدیکی مکان‌هایی که مدنظر کارشناسان پروژه بوده، مانند چاه آب و روستا، جاده و چشمه قرار گرفته است. این امر نشان دهنده اهمیت تصمیم‌گیرنده در وزندهی به فاکتورهای مسافتی در مدل است و می‌توان در پژوهش حسن‌زاده نفوتی و همکاران (۱۳۹۱) که به روش SMCE با امتیازدهی به عوامل مؤثر در پدیده‌ی زمین لغزش نقشه پراکنش زمین لغزش حوزه آبخیز سلمان‌رود را

تهیه نمودند مشاهده کرد، نتیجه بدست آمده از این روش درستی بیشتری نسبت به رگرسیون چند متغیره برخوردار بوده است. هرچند به وضوح اهمیت اقتصادی در انتخاب مکان‌های ایجاد سد گابیونی مشخص است ولی جنبه‌های منطقی و کارشناسی در آبراه‌هایی که نیاز به سد گابیونی برای جلوگیری از فرسایش و سیلاب می‌باشد نیز به خوبی در نظر گرفته شده است. البته در مناطق صعب‌العبور به‌واقع ایجاد سدهای اصلاحی سنگ‌توری امکان‌پذیر نیست و در تحلیل مدل تصمیم‌گیری نیز جای ندارد. به‌رحال وزن‌دهی کارشناسان به فاکتورهای شرکت کننده در مدل تصمیم‌گیری نتایج را رقم می‌زند و به نتیجه دلخواه با توجه به شرایط می‌توان رسید. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مدل مناسبی برای تعیین اولویت‌ها است زیرا که در زمینه‌های بسیاری مورد استفاده واقع می‌گردد؛ کامل باسمنج و همکاران (۱۳۹۱)، در برآورد میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله نقشه آسیب‌پذیری تهیه کردند؛ و همین‌طور جازول و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از AHP و تحلیل تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDA) اولویت‌های آسیب‌پذیری زمین‌لغزش در منطقه KODAR هند را مشخص کردند که شامل ۱۱۷ کیلومتر مربع اقدامات محافظتی به دلیل اولویت بالا و بسیار بالا در این حوضه را نشان می‌داد.

مراجع

- ۱- بروغنی، مهدی، میرنیا، خ، احمدی، ج، ۱۳۹۳، بررسی تأثیر نانوژئولیت در کاهش فرسایش خاک با استفاده از باران ساز (FEL3)، مدیریت حوضه آبخیز، سال ۵، شماره ۹، ص ۱۰۶ - ۹۵.
- ۲- جمالی، علی‌اکبر، یزدانی، م، ۱۳۹۲، ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE) روش ینوین در اولویت‌بندی حوضه‌ی آبخیز کالقومستان کاشمر برای احداث سدها اصلاحی توری سنگی در مقابله با سیل، همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه یزد، نهمین دوره، ص ۶-۱.
- ۳- جمالی، علی‌اکبر، قدوسی، ج، فرح‌پور، م، ۱۳۹۰، تحلیل چندمعیاره مکانی (SMCE) و فنون تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی حوزه آبخیز برای احداث سدها یا صلاحی توری سنگی، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۹۰، ص ۹ - ۱.
- ۴- جمالی، علی‌اکبر، قدوسی، ج، فرح‌پور، م، ۱۳۸۹، تعیین مراتع مناسب برای کنترل بیولوژیک فرسایش خاک با استفاده از سامانه تصمیم یارمکانی، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال ۲، شماره ۱۴، ص ۲۷۰ - ۲۶۱.
- ۵- جمالی، علی‌اکبر، قدوسی، ج، زارع‌کیا، ص، ۱۳۸۷، فنون تحلیل چند معیاره مکانی، تصمیم، تحلیل سلسله مراتبی و استانداردسازی فازی در تعیین بحرانی‌ترین چراگاه‌های حوزه آبخیز، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال ۴، شماره ۱۵، ص ۴۸۵ - ۴۷۵.
- ۶- حجازی، اسدالله، نیکجو، م.ر، اصفهانی، م، ۱۳۹۴، برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه آبریز بکرآباد ورزقان با استفاده از مدل MPASIAC در محیط GIS، فضای جغرافیایی، سال ۱۵، شماره ۴۹، ص ۳۵۷ - ۲۳۷.
- ۷- حسن‌زاده نفوتی، محمد، چابک بلداجی، م، ابراهیمی خوسفی، ز، ۱۳۹۱، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی (SMCE) (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شلمارود)، پژوهش‌های حفاظت خاک، سال ۱، شماره ۱۹، ص ۱۱۶ - ۹۹.

- ۸- حسینخانی، حسین، ۱۳۹۲، ارزیابی خطر فرسایش و پتانسیل رسوب‌دهی حوزه آبریز سد شهریار میانه با استفاده از تکنیک‌های GIS و مدل EPM، سال ۷، شماره ۲۶، ص ۹۶ - ۸۷.
- ۹- رضویان، محمدتقی، ۱۳۸۸، برنامه‌ریزی کاربردی اراضی شهری، چاپ دوم، نشر منشی، تهران، ۲۶۴.
- ۱۰- صالحی، محمدحسن، اسفندیارپور بروجنی، ع، مهاجر، ر، باقری بداغ‌آبادی، م، ۱۳۹۰، حفاظت آب و خاک تکمیلی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۱۸۴.
- ۱۱- عابدینی، موسی، ستایشی نسا، ح، ۱۳۹۲، پهنه‌بندی خطر وقوع لغزش با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گلجه)، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۴۹، ص ۱۶۵ - ۱۳۹.
- ۱۲- کامل باسمنج، بتول، میرجعفری، ب، علوی، س.ع، ۱۳۹۱، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه‌ی یک شهر تبریز با استفاده از مدل تحلیل چند معیاره فضایی، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا، سال ۲، شماره ۱۶، ص ۱۴۰ - ۱۲۱.
- ۱۳- کریمی، مرتضی، نجفی، الف، ۱۳۹۱، ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY-AHP در راستای توسعه و امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۲، شماره ۸، ص ۹۵-۷۷.
- ۱۴- یمانی، م و هدائی، ع، الف، ۱۳۸۲، بررسی وضعیت رسوب و فرسایش در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگه هرمز (محدوده مابین رودخانه‌های شور تاجاسک)، جهاد دانشگاهی، ص ۹-۱.
- 15- Andreas, G. Eeckhaut, M.V.D., Malet, J.P., Reichenbach, P. and Hervás, J. 2013: Climate-physiographically differentiated Pan-European landslide susceptibility assessment using spatial multi-criteria evaluation and transnational landslide information. *Geomorphology*, 224: 69-85.
- 16- Arianpour, M. and Jamali, A.A. 2015: Flood Hazard Zonation using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh - Khuzestan). *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 4(1): 39-49.
- 17- Collins, M.G., Steiner, F.R. and Rushman, M.J. 2001: Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environmental Management*, 28: 611-621.
- 18- Geneletti, D. 2010: Combining stake holder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. *Waste Management*, 30: 328-337.
- 19- Hill, M.J., Braaten, R., Simon, M., Brian, V., Lees, G. and Sharma, S. 2005: Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. *Environmental Modelling & Software*, 20: 955-976.
- 20- Jaiswal, R.K., Ghosh, N.C., Galkate, R.V. Thomas, T. 2015: Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) for watershed Prioritization. *Aquatic Procedia*, 4: 1553-1565.
- 21- Kamruzzaman, M.D. and Baker, D. 2014: Will the application of spatial multi criteria evaluation technique enhance the quality of decision-making to resolve boundary conflicts in the Philippines?. *Land Use Policy*, 34: 11-26.
- 22- Malczewski, J. 2006: GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20(7): 703-726.
- 23- Morgan, R.P.C. 1996. *Soil erosion and conservation*. 2nd ed. Silsoe College. Cranfield University, UK.
- 24- Ochola, W.O. and Kerkides, P. 2004 An integrated indicator based spatial decision support system for land quality assessment in Kenya, *Computers and Electronics in Agriculture*, 45: 3-26.

