

ارزیابی مدل‌های مفهومی در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد گسترش سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی

ابوالقاسم دادرسی سبزواری^{۱*}، نادر جلالی^۲ و ابراهیم گوهری^۲

^۱ مری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ^۲ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و ^۳ مری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۷

چکیده

بهره‌وری از سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته در کشور که از کمبود منابع آبی شدیداً در رنج است، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار آمده، پخش سیلاب در مناطق مستعد یکی از روش‌های ساده و قابل اعتماد بهره‌وری محسوب می‌شود. مناطق مساعد برای بهره‌برداری و پخش سیلاب دارای خصوصیات منحصر به فردی هستند که شناسایی این نقاط به‌شکل سنتی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است. استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و تکنیک GIS، سرعت و دقت دست‌یابی به این مناطق را زیاده‌تر می‌کند. منطقه تحقیق، بخشی از دو استان خراسان رضوی و شمالی است که شهرستان‌های سبزواری، اسفراین، جاجرم، کاشمر، بردسکن و خلیل‌آباد را شامل می‌شود. در این تحقیق هفت لایه اطلاعاتی، شامل واحدهای کواترنری، محدودیت‌های کاربری، شیب، نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، رواناب و ضریب ذخیره انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نقشه نهشته‌های کواترنری در منطقه مورد بررسی از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی تهیه و مرز آن‌ها از روی عکس‌های هوایی، کنترل شد. در این لایه اطلاعاتی نهایتاً ۴۳ واحد مطالعه یا عرصه‌کاری انتخاب شد. برای بررسی محدودیت‌های کاربری، از روش بررسی صحرایی و تفسیر چشمی تصاویر ماهواره، استفاده شد. با استفاده از فایل رقومی منحنی‌های میزان ۱۰۰ متری و با انتخاب سلول‌های ۳۰ متری، نقشه شیب در GIS تهیه و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. برای بررسی نفوذپذیری، از روش استوانه‌های مضاعف و برای تعیین ضخامت آبرفت، از روش کاوش-های ژئوفیزیک، استفاده شد. همچنین، مطالعه ضریب ذخیره، با روش نمونه‌برداری خاک تا عمق یک متر و انجام آزمایشات دانه‌بندی و با استفاده از جداول رایج موجود، انجام شد و بالاخره به‌روش جاستین، بررسی هیدرولوژی و تعیین حجم رواناب سالانه عرصه‌ها، صورت پذیرفت. با روش وزن‌دهی و کاربرد سه مدل آماری منطق بولین، شاخص هم‌پوشانی و منطق فازی، به‌همراه تعدادی از عملگرهای آن‌ها، اولویت مناطق مستعد برای پخش سیلاب، تعیین شد. نتایج نشان داد که مدل فازی با عملگر جمع از کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها جهت تفکیک و شناسایی نهشته‌های مناسب پخش سیلاب، برخوردار بوده و بیشترین هم‌پوشانی را با عرصه‌های کنترلی دارد، ضمن آن‌که تصویر مجازی RGB742 بهترین و مناسب‌ترین ترکیب سه نواری برای این منظور است که تفسیر چشمی آن به‌همراه استفاده از سامانه اطلاعات مکانی، می‌تواند به شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب و اولویت‌بندی آن‌ها انجامد.

واژه‌های کلیدی: بولین، تصاویر ماهواره‌ای، تغذیه مصنوعی، خراسان، شاخص هم‌پوشانی، فازی

مقدمه

پخش سیلاب بر آبخوان‌ها روشی ساده و قابل اعتماد برای بهره‌وری از سیلاب است. از طرف دیگر، اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، ضرورت بهره‌برداری بهتر از نزولات جوی را تشدید می‌سازد و به همین دلیل مهار و استفاده از سیلاب، همچنان به‌عنوان یکی از روش‌های استفاده بهینه از منابع آبی، مورد توجه گذشتگان و حال این سرزمین است. تغذیه مصنوعی سفره نیز، مفهوم جدیدی نیست و از زمان‌های بسیار کهن که ضرورت اداره نمودن منابع آب برای انسان مشخص شد، این بحث نیز به‌وجود آمد. تقاضای روزافزون برای افزایش ایستگاه‌های پخش سیلاب، ضرورت مکان‌یابی مناطق مستعد جدید را تشدید می‌سازد. گرچه شناسایی مناطقی در کشور به‌روش سنتی، که از شرایط لازم برای گسترش سیلاب برخوردارند، معمولاً منجر به تشخیص مناطق مستعد می‌شود، لکن استفاده از این روش‌ها غالباً بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است.

در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و جمع‌آوری برخی از پارامترهای فیزیکی، طبیعی، محیطی و اقلیمی در منطقه و تلفیق این اطلاعات در محیط GIS، سعی شده است تا با کمک تعدادی از مدل‌های مفهومی، با سرعت و صرف هزینه‌ای کمتر به شناسایی محل‌های مستعد پخش سیلاب اقدام و با وزن‌دهی و اولویت‌بندی مناطق، نقشه مربوطه برای استفاده دست‌اندرکاران اجرایی کشور فراهم شود. معرفی مناسب‌ترین روش یا دستورالعمل برای شناسایی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب و ارائه دستورالعملی اجرایی برای شناسایی سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر عرصه‌ها، از دیگر اهداف این بررسی به‌شمار می‌آید.

به تناسب رونقی که بهره‌وری از سیلاب و پخش آن بر روی آبخوان برای تغذیه سفره، تقویت پوشش گیاهی، جلوگیری از تخریب سیل و غیره پیدا نموده است، پژوهش‌های متعددی نیز در همین راستا صورت گرفته است. بررسی سوابق پژوهش‌های انجام گرفته در خصوص پخش سیلاب حاوی گزارشات ارزشمندی در ارتباط با چگونگی تعیین محل‌های مناسب برای گسترش سیلاب و استفاده از GIS و RS در مطالعات

مرتبط می‌باشد. Jafari (۲۰۰۰)، در تحقیقی که در استان بوشهر انجام داده است، عوامل موثر در مکان‌یابی مناطق مستعد عملیات گسترش سیلاب را در این استان مورد ارزیابی قرار داده و در پژوهش خود سه عامل پیشینه وقوع سیل، هیدروژئولوژی حوضه و رسوب‌شناسی کواترنرها را، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر در مکان‌یابی با هدف بهره‌وری از سیلاب، مورد توجه قرار داده است. این محقق نتیجه گرفته است که ۱۵ حوضه از ۳۹ حوضه استان، مستعد سیل‌خیزی بالا بوده که تنها هفت مورد آن‌ها در بررسی هیدروژئولوژی مستعد آگیری بوده‌اند.

Soltani (۲۰۰۱)، در تحقیقی که در حوزه آبخیز سمل از حوزه آبخیز بزرگ اهرم در استان بوشهر به انجام رسانده است، با استفاده از نقشه‌های شیب، قابلیت اراضی، نفوذپذیری سطحی، واحدهای کواترنر، ضخامت آبرفت و کاربری اراضی، مناطق مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب را شناسایی و در محیط GIS و کمک مدل‌های آماری، لایه‌های فوق را تلفیق نموده است. او نتیجه گرفته است که اولویت‌بندی مناطق مستعد به‌وسیله مدل فازی بیشترین هم‌پوشانی را با عرصه‌های کنترلی داشته است. Jalali (۲۰۰۲)، در گزارشی که تحت عنوان تعیین ویژگی‌های مخروط افکنه‌های غیر مزروعی به‌عنوان نقاط مستعد برای پخش سیلاب با استفاده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای ارائه نموده است، ۲۱ پارامتر را برای بیش از ۲۵۰۰ مورد از مخروط افکنه‌های غیر مزروعی کشور به ثبت رسانده است که هفت رکورد این پایگاه مربوط به ویژگی‌های به‌دست آمده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای بوده است. او نتیجه گرفته است که تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای روشی مناسب برای تهیه نقشه مخروط افکنه‌های غیر مزروعی می‌باشد و استفاده از سامانه اطلاعات مکانی می‌تواند به شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب و اولویت‌بندی آن‌ها انجامد.

Najafi و Broshkeh (۲۰۰۳)، با روش بررسی کتابخانه‌ای و کنترل صحرائی اطلاعات، محدوده نهشته‌های کواترنری را با استفاده از دو نقشه زمین‌شناسی و ارزیابی اراضی و تلفیق اطلاعات حاصله، در محدوده استان آذربایجان غربی شناسایی کردند. نتایج نشان داد که نهایتاً ۴۲۳۵۴ هکتار که در

شکل زمین، سطوح آبخیز، شبکه هیدروگرافی، خاک، شیب و داده‌های سنجش از دور مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج این بررسی به خوبی توانایی کاربرد فن-آوری سنجش از دور و GIS، در مشخص کردن مناطق مساعد تغذیه سفره را نشان می‌دهد (Kishnamurty و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین، در بخش‌هایی از کارناتاکا از کشور هند، سه عرصه آزمایشی مختلف به صورت حوضه‌های زهکشی نشان‌دهنده شرایط زمین‌شناسی مختلف، به منظور ارزیابی و مقایسه چندین عامل موثر بر وجود آب‌های زیرزمینی و همچنین، ارزیابی قابلیت استفاده از داده‌های گیرنده امواج ماهواره‌ای هند (IRS) در مطالعات آب‌های زیر زمینی، انتخاب شدند. نتایج به دست آمده، امکان استفاده از داده‌های گیرنده (IRS) برای ارزیابی آب‌های زیرزمینی را مورد تایید قرار داده است (Sarat و Choudhurg، ۱۹۹۸).

جمع‌بندی سابقه تحقیق نشان می‌دهد که تقریباً در تمام تحقیقات فوق، هر کدام از موارد به طور مستقل بررسی شده و نتیجه‌گیری شده‌اند و در انبوهی از پژوهش‌ها، به کاربری اراضی و ضریب ذخیره توجه نشده و در هیچ کدام از تحقیقات به عمل آمده تعداد پارامترهای منتخب از پنج عامل تجاوز نکرده است. در پژوهش حاضر هفت پارامتر به عنوان پارامترهای مهم و موثر در مکان‌یابی انتخاب، که دو پارامتر شناسایی کواترنر و محدودیت‌های کاربری، به وسیله تفسیر چشمی تصاویر ماهواره، پارامتر شیب با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و چهار پارامتر دیگر با انجام بررسی‌های صحرایی و کتابخانه‌ای حاصل شده‌اند. به علاوه از چندین مدل آماری سازگار با GIS استفاده و بهترین مدل اولویت‌بندی، ارائه شده است. بخشی از روش کار در پژوهش حاضر که مبتنی بر استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است، مورد توجه چندانی در پژوهش‌های گذشته قرار نگرفته است.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد پژوهش: این بررسی در بخشی از استان خراسان پهناور که سطح شش شهرستان سبزوار، اسفراین، جاجرم، کاشمر، بردسکن و خلیل‌آباد را شامل می‌شود، انجام شده است. بر اساس تقسیمات

۲۵ مکان پراکنش یافته‌اند، مساعد پخش سیلاب می‌باشند. Mehrvarz Moghanlo (۲۰۰۴)، تحقیقی را برای تعیین مکان‌های مستعد پخش سیلاب در دشت تسوج در ۱۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان تبریز انجام داده است. پنج عامل شیب، نفوذپذیری سطحی، قابلیت انتقال، ضخامت آبرفت خشک و کیفیت آبرفت (هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتیجه این تحقیق نشان داده است که اپراتور $\gamma = 0.5$ از مدل Fuzzy Logic بیشترین هم‌پوشانی را با عرصه کنترلی داشته و بهترین مدل تلفیق برای تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

Ghermezcheshmeh و همکاران (۲۰۰۶)، رابطه بین واحدهای ژئومورفولوژی دشت میمه و مناطق مناسب برای پخش سیلاب را بررسی کرده‌اند. بدین منظور نقشه ژئومورفولوژی منطقه، با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی، پردازش تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی تهیه و سپس این نقشه با نقشه تناسب اراضی برای پخش سیلاب مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داده است که واحد دشت‌سر اپانداژ هم‌پوشانی خوبی (۷۵ درصد) با مناطق بسیار مناسب پخش سیلاب داشته و با توجه به سهولت تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی در مناطقی که فاقد اطلاعات زیر سطحی هست، این نقشه‌ها می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب، مورد استفاده قرار گیرد. در یک بررسی واقع در منطقه مادیاپردیش از کشور هند، داده‌های LISS II-IRS به منظور استخراج سیمای هیدروژئومورفولوژی در منطقه، مورد استفاده قرار گرفته است. این داده‌ها به وسیله داده‌های استخراج شده از DEM منطقه، شبکه هیدروگرافی و داده‌های آب زیرزمینی پشتیبانی و در محیط GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که تلفیق RS و GIS می‌تواند در طراحی یک منطقه مناسب پخش سیلاب در مناطق کوهستانی کمک نماید (Kishnamurty و Srinivas، ۱۹۹۵).

در پژوهشی دیگر، به منظور بررسی مناطق دارای پتانسیل تغذیه سفره در حوزه آبخیز Marudaiyar از کشور هند، چندین نقشه موضوعی از قبیل لیتولوژی،

دسترسی به مخروط افکنه، عدم وجود بهره‌بردار برای ارتفاع از نتایج عملیات پخش سیلاب، شوری اراضی، شوری آب، پر معارض بودن اراضی و نهایتاً کوچکی و لزوم ادغام در واحدهای مجاور، حذف و در تصمیم‌گیری نهایی ۴۳ عرصه به‌عنوان واحدهای مطالعه انتخاب شدند.

برای مشخص نمودن دقیق مرز ۴۳ واحد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال ۲۰۰۲، انتخاب و تعداد فراوانی^۱ FCC از آن ایجاد شد که نهایتاً ترکیب سه نواری FCC742 به‌عنوان بهترین ترکیب نواری با وضوح و تفکیک بهتر اطلاعات و مناسب برای بررسی محدودیت‌های کاربری توام با آشکارسازی کواترنرها، تأیید و به‌عنوان تصویر پس-زمینه از جریان تفسیر چشمی، مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در جریان تفسیر چشمی، دو معیار الگو و شکل محدوده اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و عرصه‌های منابع طبیعی، در نظر گرفته شد و امکان توسعه عرصه پخش سیلاب به‌سمت نهشته‌های مجاور بررسی تا در صورت وجود آب مازاد، امکان یا عدم امکان توسعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

همچنین، برای اولویت‌بندی عرصه‌های مشخص شده، مسطح یا بریده بریده بودن واحدهای تفکیک شده طی مرحله تفسیر چشمی نیز مورد توجه بود. طی دوره عملیات صحرائی، کاربری اراضی مناطق تفکیک شده کنترل و در صورت نیاز اصلاح شد. جدول ۱، امتیازدهی و اولویت کاربری اراضی عرصه‌های مورد پژوهش را نمایش می‌دهد.

به‌منظور شناخت ویژگی‌های آبرفت گسترده در عرصه‌های مورد نظر و پیش‌بینی کیفیت رسوب و آب ورودی از حوضه به آن‌ها و همچنین، استفاده از تفسیر نتایج برداشت‌های ژئوالکتریک، موقعیت آن‌ها بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی مختلف غرب خراسان تعیین و سپس رسوبات، واحدهای سنگی و سازندهای گسترده در عرصه و حوضه‌های مربوطه نیز تعیین شد. نام و موقعیت هر کدام از این ۴۳ منطقه در جداول ۱ تا ۴ آورده شده است.

جدید کشوری در حال حاضر این منطقه در دو استان خراسان رضوی و خراسان شمالی واقع شده است. منطقه مورد پژوهش در طول جغرافیایی ۰۰' ۵۷° تا ۳۰' ۵۸° و عرض جغرافیایی ۳۵° تا ۳۷° واقع شده که بلندترین نقطه منطقه قله شاه جهان در محدوده شهرستان اسفراین با ارتفاع ۳۰۳۲ متر و پست‌ترین نقطه منطقه با ارتفاع ۸۲۰ متر در محل حاشیه کویر شهرستان سبزوار واقع شده است. اقلیم منطقه متنوع و به‌طور کلی از نوع خشک و کویری محسوب و متوسط سالانه بارندگی در آن حدود ۲۰۰ میلی‌متر برآورد می‌شود. بر پایه مشاهده آمار درازمدت دما، حداکثر مطلق حرارت ۴۵+ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق آن ۲۰- درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است. مساحت منطقه مورد پژوهش، ۴۶۶۹۶/۳ کیلومترمربع برآورد شد.

پارامترهای مورد مطالعه: عوامل متعددی در دست‌یابی به مناطق مستعد برای پخش سیلاب، با هدف تغذیه سفره و بهره‌وری هرچه بیشتر از سیلاب دخالت دارند که تمام این عوامل برای انجام یک تحقیق قابل انتخاب نیستند. در این بررسی با توجه به کارهای انجام شده قبلی و تجربیات موجود در خصوص پخش سیلاب در کشور و با هدف تکمیل‌تر نمودن پژوهش‌های گذشته، هفت عامل واحد کواترنر، محدودیت‌های کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، رواناب و ضریب ذخیره انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

برای مطالعه رسوبات کواترنر، ابتدا ۱۹۴ مخروط افکنه در محدوده منطقه مورد پژوهش از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی شناسایی و مرز آن‌ها از روی عکس‌های هوایی کنترل و سپس نقشه حاصله رقومی و به سامانه اطلاعات مکانی وارد شد. با توجه به توصیه Kosar (۱۹۹۵)، مبنی بر این‌که "در انتخاب محل گسترش سیلاب هیچ اقدامی جایگزین بازدیدهای دقیق محلی، جمع‌آوری آمار و اطلاعات قابل اطمینان و مشورت با افراد مجرب نمی‌شود"، با انجام بررسی‌های صحرائی و کسب اطلاعات محلی، ۱۵۱ منطقه به یک یا بیشتر از یکی از دلایل: دشواری

¹ False Color Composite

جدول ۱- امتیاز محدودیت‌های کاربری اراضی در هر کدام از موارد بررسی در واحدهای مطالعه

نام عرصه	کد	معارض		محدودیت گسترش		بریدگی عرصه		جمع امتیاز	طبقه*
		ندارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد		
داورزن	s1	*		*		*		۲	M
ریوند	s2		*		*	*		۱	T
شطه-کهنه	s3	*		*		*		۲	M
شهرستانک	s4		*	*		*		۱	T
یام	s5		*	*		*		۱	T
شاه‌واژه-اندوقان	s6		*	*		*		۱	T
دهانه سنگ کلیدر	s7	*		*		*		۳	K
حوضه شهری	s8	*			*	*		۱	T
بفره	s9	*		*		*		۳	K
مهر	s10	*		*		*		۳	K
صدخرو	s11	*		*		*		۲	M
کلاته سادات	s12	*			*	*		۲	M
نهاردان	s13	*		*		*		۲	M
زرقان	s14		*	*		*		۱	T
ارگ	s15		*	*		*		۲	M
دهانه اجاق	e1		*		*	*		۱	T
خالدآباد	e2		*		*	*		۱	T
چهار برج	e3		*	*		*		۲	M
ایزی	e4		*	*		*		۲	M
بابا قدرت	e5		*		*	*		۱	T
بهاریه	k1	*		*		*		۳	K
شمال کاشمر(سمت چپ)	k2.1	*			*	*		۲	M
شمال کاشمر(سمت راست)	k2.2	*			*	*		۱	T
کلاته امیری	k3		*	*		*		۲	M
سرحوضک	k4	*		*		*		۳	K
شش تراز	k5		*		*	*		۱	T
رحیم آباد	k6	*		*		*		۳	K
چلیپو	k7		*		*	*		۰	N
سنگ رفت	k8		*		*	*		۱	T
سنخواست-اندوقان	j1		*	*		*		۲	M
آبخوان جاجرم	j2		*	*		*		۲	M
خراشا-چربت	j3	*		*		*		۳	K
کریم آباد	j4	*		*		*		۳	K
کال‌گری	j5	*		*		*		۳	K
دهان قلعه	b1	*			*	*		۲	M
بیرگ-تیجو	b2	*		*		*		۲	M
حوضه شهری بردسکن	b3		*	*		*		۱	T
دهانه فرح	b4		*	*		*		۲	M
سنگ حاجی	b5	*		*		*		۳	K
دهانه قلی کور	b6	*			*	*		۳	M
کلاته جمعه (انابد)	b7							۳	K
گرزیا-گوره‌خری	b8	*			*	*		۲	M
دهانه رسن	b9		*		*	*		۱	T

* منظور از طبقه، رتبه ارزشی هر عرصه، به لحاظ کاربری می‌باشد، T پایین‌ترین امتیاز، K بالاترین امتیاز و M حالت متوسط را به لحاظ توسعه کاربری دارند.

تعیین میزان نفوذپذیری که نخستین فرآیند مهم آب در خاک محسوب می‌شود (Munns و Singer، ۱۹۹۶)، از روش استوانه مضاعف استفاده و پس از محاسبه معادله نفوذ آب در خاک، سرعت نفوذپذیری در آن نقطه تعیین شد.

در هر عرصه و تقریباً در وسط مخروط افکنه، سه نمونه به شکل مثلث به گونه‌ای که نقاط انتخابی معرف تمام سطح آبرفت باشند، انتخاب و آزمایش نفوذپذیری به روش فوق انجام شد. متوسط سرعت نفوذ به‌عنوان میزان نفوذپذیری عرصه مورد نظر منظور، که در جدول ۲ آورده شده است.

برای انجام پژوهش، شیب متوسط در هر کدام از واحدهای تفکیک شده با منظور نمودن نقشه رقومی منحنی‌های میزان ۱۰۰ متری استان‌های خراسان و انتخاب سلول‌های ۳۰ متری و با روش عملیات قطع‌دادن دو نقشه در محیط GIS، فراهم شد. برای این منظور نقشه رستری واحدهای کواترنر با نقشه شیب قطع و مقادیر عمودی یا رتبه شیب تک‌تک پیکسل‌های واحدهای کواترنر از پیکسل‌های هم موقعیت خود در نقشه شیب استخراج شد. میانگین وزنی شیب در هر عرصه به‌عنوان شیب عرصه مورد نظر نهایی که در جدول ۲ نشان داده شده است. برای

جدول ۲- شیب متوسط وزنی و میزان نفوذپذیری هر کدام از عرصه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام عرصه	متوسط شیب (%)	نفوذپذیری (cmh ⁻¹)	ردیف	نام عرصه	متوسط شیب (%)	نفوذپذیری (cmh ⁻¹)
۱	داورزن	۳/۳	۳۶	۲۳	شمال کاشمر (راست)	۳/۵	۹
۲	ریوند	۲/۲	۲۵/۹۳	۲۴	کلاته امیری	۱/۳	۷/۲
۳	شطه-کهنه	۳/۵	۱۷/۸	۲۵	سرحوضک	۵/۷	۷/۲
۴	شهرستانک	۳/۲	۲۶/۵	۲۶	شش تراز	۱/۷	۷/۹
۵	یام	۲	۲۰/۱	۲۷	رحیم‌آباد	۱/۹	۷
۶	شاه‌واژه-اندوقان	۱/۸	۲۶/۴۶	۲۸	چلیو	۲/۶	۵/۱
۷	دهانه سنگ کلیدر	۲/۹	۳۷/۲	۲۹	سنگ رفت	۳/۹	۴
۸	حوضه شهری	۳/۴	۳۶/۸	۳۰	سنخواست-اندوقان	۸/۵	۱۵/۷۶
۹	بفره	۳/۷	۲۷	۳۱	آبخوان جاجرم	۴۱/۱	۲۷/۱۶
۱۰	مهر	۳/۷	۲۹	۳۲	خراشا-جربیت	۱۵/۵	۲۰
۱۱	صدخرو	۳/۷	۳۲	۳۳	کریم‌آباد	۳۹/۸	۱۸
۱۲	کلاته سادات	۲/۳	۲۷	۳۴	کال‌گری	۱۲/۴	۱۸
۱۳	نهاردان	۴/۵	۲۷	۳۵	دهان قلعه	۱/۵	۱۰/۵
۱۴	زرقان	۲/۷	۲۴	۳۶	بیرگ-تیجو	۳/۳	۱۰
۱۵	ارگ	۲/۲	۲۱	۳۷	حوضه شهری بردسکن	۲/۲	۷/۴
۱۶	دهانه اجاق	۲	۱۲/۱	۳۸	دهانه فرح	۲	۱۱/۸
۱۷	خالدآباد	۴/۸	۶	۳۹	سنگ حاجی	۲/۵	۷
۱۸	چهار برج	۴/۱	۳۴	۴۰	دهانه قلی‌کور	۱/۶	۴/۸
۱۹	ایزی	۴/۶	۲۲/۸	۴۱	کلاته جمعه (انابد)	۳/۱	۳۰
۲۰	بابا قدرت	۲	۱۲/۱	۴۲	گرزیا-گوره‌خری	۲/۴	۷
۲۱	بهاریه	۳/۹	۳/۸-۷/۶	۴۳	دهانه رسن	۴/۳	۷
۲۲	شمال کاشمر (چپ)	۳/۴	۹				

طی دو مرحله عملیات صحرائی هفت روزه انجام شد. در تمامی این برداشت‌ها از دستگاه ژئوالکترونیک ساخت

مطالعات ژئوالکترونیک به‌منظور تعیین ضخامت آبرفت و عمق سنگ کف در عرصه‌های شناسایی شده،

سطح آب زیرزمینی، در جدول ۳، ارائه شده است. در این بررسی، برای تعیین دیگر معیار تصمیم‌گیری یعنی رواناب، روش جاستین استفاده شد و از حاصل-ضرب ارتفاع رواناب در مساحت هر حوضه، حجم رواناب در آن حوضه تعیین و در جدول ۴ خلاصه شد. همچنین، با بررسی آزمایشگاهی بافت آبرفت‌ها و استفاده از جدول Shafer (۱۹۷۶)، ضریب ذخیره عرصه‌ها تعیین شد که در جدول ۴ نشان داده شده است.

کارخانه ABEM سوئد از نوع SAS300 استفاده شد. در این برداشت‌ها، آرایه الکترودی شلومبرژه متقارن برای اندازه‌گیری‌های صحرائی استفاده شد. پردازش داده‌ها به وسیله نرم‌افزار IP2WIN انجام و برای تعبیر و تفسیر داده‌ها از اطلاعات صحرائی شامل موقعیت رخنمون‌ها و شیب و امتداد لایه‌ها در پیرامون عرصه‌ها و همچنین، اطلاعات محلی شامل عمق چاه‌های موجود در اطراف عرصه‌ها استفاده شد. برداشت‌های ژئوالکتریک و محاسبه عمق آبرفت و

جدول ۳- ضخامت متوسط و بخش خشک آبرفت عرصه‌ها بر مبنای نتایج برداشت‌های ژئوالکتریک

ردیف	نام عرصه	ضخامت آبرفت (m)	عمق سطح ایستابی (m)	عمق بخش خشک آبرفت (m)	ردیف	نام عرصه	ضخامت آبرفت (m)	عمق سطح ایستابی (m)	عمق بخش خشک آبرفت (m)
۱	داورزن	۱۱۲	۹۰	۲۲	۲۳	شمال کاشمر (راست)	۱۱/۵	۸	۳/۵
۲	ریوند	۹۰	۶۸	۲۲	۲۴	کلاته امیری	۴۵	۳۸	۷
۳	شطه-کهنه	۳۴	۲۸	۶	۲۵	سرحوضک	۴۵	۳۸	۷
۴	شهرستانک	۷۵	۶۷	۸	۲۶	شش تراز	۶۵	۵۸	۷
۵	یام	۴۵-۵۰	۴۰	۵-۱۰	۲۷	رحیم‌آباد	۵-۷	بدون آب	۵-۷
۶	شاه‌واژه-اندوقان	۱۰۵	۸۸	۱۷	۲۸	چلیبو	۱۰-۱۲	بدون آب	۱۰-۱۲
۷	دهانه سنگ کلیدر	۱۰۰-۱۱۰	بدون آب	۱۰۰-۱۱۰	۲۹	سنگ‌رفت	۵	بدون آب	۵
۸	حوضه شهری	۱۲۰	۱۱۰	۱۰	۳۰	سنخواست-اندوقان	۶۰	۳۸	۲۲
۹	بفره	۱۰۷	۸۵	۲۲	۳۱	آبخوان جاجرم	۶۵	۵۵	۲۰
۱۰	مهر	۱۰۰-۱۰۴	۸۵	۱۵-۱۹	۳۲	خراشا-جربت	۷۰	۴۲	۲۸
۱۱	صدخرو	۱۰۰	۹۰	۱۰	۳۳	کریم‌آباد	۷۰	۴۲	۲۸
۱۲	کلاته سادات	۹۵-۱۰۰	۸۵	۱۰-۱۵	۳۴	کال‌گری	۷۰	۴۲	۲۸
۱۳	نهاردان	۹۵	۸۵	۱۰	۳۵	دهان قلعه	۴۶	بدون آب	۴۶
۱۴	زرقان	۴۵-۵۰	۳۸	۷-۱۲	۳۶	بیرگ-تیجو	۴۲	بدون آب	۴۲
۱۵	ارگ	۴۵-۵۰	۳۸	۷-۱۲	۳۷	حوضه شهری بردسکن	۳۶	بدون آب	۳۶
۱۶	دهانه اجاق	۴۹	بدون آب	۴۹	۳۸	دهانه فرح	۳۵	بدون آب	۳۵
۱۷	خالدآباد	۶۸	۶۲	۶	۳۹	سنگ حاجی	۴۶	بدون آب	۴۶
۱۸	چهار برج	۶۰-۷۰	۵۷	۳-۱۳	۴۰	دهانه قلی‌کور	۶-۱۰	بدون آب	۶-۱۰
۱۹	ایزی	۱۸	بدون آب	۱۸	۴۱	کلاته جمعه (انابد)	۱۹	بدون آب	۱۹
۲۰	بابا قدرت	۴۹	بدون آب	۴۹	۴۲	گوزیا-گوره‌خری	۴۶	بدون آب	۴۶
۲۱	بهاریه	۱۵۰	۱۴۰	۱۰	۴۳	دهانه رسن	۴۰-۴۵	بدون آب	۴۰-۴۵
۲۲	شمال کاشمر (چپ)	۲۲	۲۰	۲					

پس از تعیین اولویت‌های هر کدام از لایه‌ها، امتیازبندی دیگری داخل طبقات هر لایه، بسته به تعداد طبقات تعریف شده، صورت پذیرفت. هر کدام از سه روش آماری منتخب، دارای روش امتیازبندی منحصر به فردی می‌باشند که حسب روش انتخابی، امتیازبندی داخل هر لایه متناسب با آن روش انجام شد. وزن هر کدام از لایه‌های مورد بررسی در روش‌های مختلف، در جداول ۶ تا ۱۱ نشان داده شده است. پس از رده‌بندی داده‌ها، نقشه‌های اولویت‌بندی مناطق یا اولویت واحدهای شناسایی شده به‌لحاظ پخش سیلاب، با استفاده از روابط پیش گفته تهیه شد.

بررسی صحت: به‌منظور مطالعه دقت روش‌های ارائه شده، یک بررسی صحت بر روی تمام نقشه‌های تولیدی صورت گرفت. برای این منظور ابتدا نقشه نقطه‌ای ۴۳ واحد مطالعه، با تفکیک ایستگاه‌های پخش سیلاب ناموفق از ایستگاه‌های موفق، تهیه و سپس در سامانه اطلاعات مکانی، سطر و ستونی^۱ شد. پس از هم‌مرجع نمودن نقشه حاصله با نقشه‌های تولیدی، مقادیر عمودی یا رتبه طبقه‌بندی شده تک‌تک سطر و ستون‌های آن با سطر و ستون‌های هم‌موقعیت آن در نقشه‌های تولیدی حاصل از به‌کارگیری مدل‌های آماری، با روش قطع‌دادن دو نقشه در محیط GIS مقایسه و نتایج حاصله مورد تحلیل قرار گرفت. شاخص‌های ناموفق بودن پروژه‌ها، شرایط پروژه در زمان اجرای تحقیق، به‌لحاظ فعال بودن یا فعال نبودن از نظر کنترل و گسترش سیلاب بود.

به این ترتیب تمام پروژه‌هایی که به‌دلیل عدم بهره‌برداری از سیلاب، رها شده و به‌مرور ساختمان پروژه تخریب شده بود، در گروه پروژه‌های ناموفق و سایر پروژه‌ها به‌عنوان پروژه‌های موفق، دسته‌بندی شدند. در انتخاب پروژه‌های ناموفق دقت شد که دلیل رها شدن پروژه، کمبود اعتبار و یا مشکلات اجتماعی نباشد. بر روی نقشه نقطه‌ای تهیه شده، ۱۲ نقطه به‌عنوان پروژه‌های ناموفق و ۳۱ نقطه به‌عنوان پروژه‌های موفق، مشخص شدند.

مدل‌های مفهومی و امتیازدهی معیارهای

تصمیم‌گیری: برای تحلیل داده‌های مکانی، مدل‌های مفهومی مختلفی ارائه شده است که از آن میان مدل منطق بولین، مدل شاخص هم‌پوشانی، مدل منطق فازی، مدل احتمال Beetz و مدل Shafer از دیگران معروف‌تر هستند (Bonham-Carter, ۱۹۹۴). هر کدام از این مدل‌ها می‌توانند از چندین عملگر برخوردار باشند. در این بررسی با توجه به ماهیت جغرافیایی تحلیل‌ها، سه مدل اول و برخی از عملگرهای آن‌ها که بیشترین کاربردها را به‌خود اختصاص داده بودند، انتخاب و نقشه‌های مرتبط پس از امتیاز دادن به طبقات هر لایه اطلاعاتی و با استفاده از روابط ریاضی مربوطه، در سامانه اطلاعات مکانی تهیه شدند.

برای وزن‌دهی به لایه‌ها و تعیین مساعدترین مناطق شناسایی شده برای عملیات گسترش سیلاب، ابتدا اولویت لایه‌های اطلاعات نسبت به هم مورد گزینش قرار گرفت و در ادامه برای هر کدام از واحدهای مطالعه (واحدهای کوآترنری)، شش معیار شیب، رواناب، نفوذپذیری، عمق آبرفت، محدودیت کاربری اراضی و ضریب ذخیره، بررسی شد. از میان شش پارامتر انتخابی، اولویت اول به آب داده شد، چه برای گزینش مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی، فرض بر این است که آبی با حجم کافی و کیفیتی خوب برای انباشتن در آبخوان‌ها وجود دارد (Kosar, ۱۹۹۵). اولویت سایر پارامترها به راحتی قابل انتخاب نیستند و پر واضح است این اولویت برای هر پارامتر، از منطقه‌ای به منطقه دیگر می‌تواند متفاوت باشد، اما آنچه قطعی است، این‌که اولویت‌بندی می‌تواند مبتنی بر داده و یا مبتنی بر دانش باشد (گروه اطلاعات زمین مرجع، ۲۰۰۱).

در پژوهش حاضر که با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان و با تکیه بر جمع‌بندی‌های به‌عمل آمده از پژوهش‌های قبلی، صحبت‌های حضوری با پیشکسوتان پخش سیلاب، نظریه‌های کارشناسی و نیز تجارب گذشته نگارندگان صورت گرفته است، اولویت‌های بعد از رواناب به‌ترتیب ردیف‌های جدول ۵ اختصاص یافت. وزن‌دهی لایه‌ها از ۱۰ تا پنج نیز بر همین اساس صورت گرفت.

¹ Raster

جدول ۴- حجم رواناب و ضریب ذخیره در هر کدام از عرصه‌های شناسایی شده

ردیف	نام عرصه	حجم رواناب (MCM)	ضریب ذخیره (%)	ردیف	نام عرصه	حجم رواناب (MCM)	ضریب ذخیره (%)
۱	داورزن	۲۸/۹۳	۱۴/۷۵	۲۳	شمال کاشمر (راست)	۳/۹۵	۱۱/۵
۲	ریوند	۱۰/۹۸	۱۶/۵	۲۴	کلاته امیری	۱/۳۵	۱۷
۳	شطه-کهنه	۲/۹۵	۱۵/۵	۲۵	سرحوضک	۰/۷	۱۷
۴	شهرستانک	۱/۶۸	۱۴/۲۵	۲۶	شش تراز	۳/۳۷۵	۱۵
۵	یام	۲	۱۴	۲۷	رحیم‌آباد	۱/۵۵	۱۵
۶	شاه‌واژه-اندوقان	۱/۹	۱۶/۵	۲۸	چلیو	۰/۷	۱۳/۵
۷	دهانه سنگ کلیدر	۰/۵۳	۱۵	۲۹	سنگ‌رفت	۰/۳	۱۳/۵
۸	حوضه شهری	۴/۸۹	۱۴/۷۵	۳۰	سنخواست-اندوقان	۱۰/۶	۱۰/۵
۹	بفره	۸/۹۷	۱۵	۳۱	آبخوان جاجرم	۳/۲۶۱	۱۲/۷۵
۱۰	مهر	۱۱/۱۶	۱۵/۲۵	۳۲	خراشا-جربیت	۱/۸۶	۱۱
۱۱	صدخرو	۵/۴	۱۴/۷۵	۳۳	کریم‌آباد	۱/۷۹	۱۰
۱۲	کلاته سادات	۱۶/۹۶	۱۵	۳۴	کال گری	۳/۶۷	۱۰
۱۳	نهاردان	۱۲/۳	۱۵	۳۵	دهانه قلعه	۳۳/۳	۱۶/۵
۱۴	زرقان	۳/۵۵	۱۴/۵	۳۶	بیرگ-تیجو	۴/۷۳	۱۵
۱۵	ارگ	۱/۲۷	۱۴	۳۷	حوضه شهری بردسکن	۴۳/۵۹	۱۳/۵
۱۶	دهانه اجاق	۱/۰۱	۱۳	۳۸	دهانه فرح	۲/۵	۱۵
۱۷	خالدآباد	۲/۹	۱۳/۵	۳۹	سنگ حاجی	۲/۹۷	۱۶
۱۸	چهار برج	۲/۰۵	۱۲/۵	۴۰	دهانه قلی کور	۲/۲۷	۱۴/۵
۱۹	ایزی	۰/۳	۱۳/۵	۴۱	کلاته جمعه (انابد)	۳/۸۷	۱۳
۲۰	بابا قدرت	۰/۳۸	۱۳	۴۲	گرزیا-گوره‌خری	۰/۶	۱۶
۲۱	بهاریه	۴/۰۲	۷/۵	۴۳	دهانه رسن	۱/۰۱	۱۶
۲۲	شمال کاشمر (چپ)	۱/۶۴	۱۳				

جدول ۵- رده بندی لایه‌های اطلاعات نسبت به هم

ردیف	لایه‌های اطلاعات	وزن لایه	ردیف	لایه‌های اطلاعات	وزن لایه
۱	حجم رواناب	۱۰	۴	عمق آبرفت	۷
۲	نفوذپذیری	۹	۵	شیب	۶
۳	ضریب ذخیره	۸	۶	محدودیت‌های کاربری عرصه	۵

جدول ۶- وزن طبقه‌های حجم رواناب در هر روش

فازی (۰ تا ۱)	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	بولین (۰ و ۱)	روش رواناب (MCM)
۰/۰۱	۰	۰	<۱
۰/۵	۵	۰	۱-۱۰
۰/۷	۷	۰	۱۰-۱۲
۰/۸	۸	۱	۱۲-۱۴
۰/۹	۹	۱	۱۴-۱۶
۰/۹۹	۱۰	۱	>۱۶

جدول ۷- وزن طبقه‌های نفوذپذیری در هر روش

روش نفوذ (mm/h)	بولین (۰ و ۱)	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	فازی (۰ تا ۱)
<۰/۱	۰	۰	۰/۰۱
۲-۰/۱	۰	۳	۰/۳
۶/۳-۲	۰	۵	۰/۵
۱۲/۷-۶/۳	۱	۸	۰/۸
۲۵/۴-۱۲/۷	۱	۹	۰/۹
>۲۵/۴	۱	۱۰	۰/۹۹

جدول ۸- وزن طبقه‌های ضریب ذخیره و روش

روش ضریب ذخیره (%)	بولین (۰ و ۱)	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	فازی (۰ تا ۱)
<۱	۰	۰	۰/۰۱
۱-۱۰	۰	۵	۰/۵
۱۰-۱۲	۱	۷	۰/۷
۱۲-۱۴	۱	۸	۰/۸
۱۴-۱۶	۱	۹	۰/۹
>۱۶	۱	۱۰	۰/۹۹

جدول ۹- وزن طبقه‌های عمق آبرفت در هر روش

روش عمق بر روی W.T (m)	بولین (۰ و ۱)	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	فازی (۰ تا ۱)
<۲	۰	۰	۰/۱۱
۲-۱۰	۰	۳	۰/۳
۱۰-۲۰	۱	۵	۰/۵
۲۰-۳۰	۱	۷	۰/۷
۳۰-۴۰	۱	۸	۰/۸
>۴۰	۱	۱۰	۰/۹۹

جدول ۱۰- وزن طبقه‌های شیب در هر روش

شیب (%)	بولین (۰ و ۱)	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	فازی (۰ تا ۱)
<۲	۱	۱۰	۰/۹۹
۵-۲	۱	۹	۰/۹
۸-۵	۱	۸	۰/۸
۱۰-۸	۰	۷	۰/۷
۲۰-۱۰	۰	۳	۰/۳
>۲۰	۰	۰	۰/۰۱

جدول ۱۱- وزن طبقه‌های محدودیت کاربری در هر روش

طبقه محدودیت کاربری عرصه	شاخص هم‌پوشانی (۰ تا ۱۰)	بولین (۰ و ۱)	فازی (۰ تا ۱)
عرصه منابع طبیعی بدون معارض، بدون بریدگی محدودکننده در عرصه و دارای امکان گسترش	۱۰	۱	۰/۹۹
عرصه منابع طبیعی که یکی از محدودیت‌های معارض، بریدگی محدودکننده در عرصه و امکان گسترش را دارد.	۹	۱	۰/۹
عرصه منابع طبیعی که دو مورد از محدودیت‌های معارض، بریدگی محدودکننده در عرصه و امکان گسترش را دارد.	۷	۰	۰/۷
عرصه منابع طبیعی همراه با معارض، بریدگی محدودکننده در عرصه و عدم امکان گسترش	۰	۰	۰/۰۱

نتایج و بحث

نتایج حاصل از کاربرد مدل‌ها: شکل‌های ۱ تا ۹، اولویت‌بندی مناطق شناسایی شده را به لحاظ گسترش سیلاب با استفاده از روش‌های انتخابی نمایش می‌دهند. روش بولین از میان ۴۳ عرصه مطالعه شده، تنها شش عرصه را مستعد پخش سیلاب دانسته و سایر مناطق را نامساعد تشخیص داده است (شکل ۱). شکل ۲ که حاصل استفاده از روش شاخص هم‌پوشانی به سامانه دودویی است، ۲۰ عرصه را بسیار مناسب و سه عرصه را نسبتاً نامناسب ارزیابی کرده است. بقیه عرصه‌ها در رتبه‌های متوسط و مناسب قرار گرفته‌اند. این تعداد عرصه برای روش شاخص هم‌پوشانی به سامانه چند طبقه به ترتیب ۱۴ و سه است (شکل ۳). شکل ۴ اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب را به روش فازی جمع و شکل ۶ این اولویت را به روش فازی ضرب نمایش می‌دهند.

بر اساس نتایج حاصله از کاربرد روش فازی جمع به جز سه نقطه که نسبتاً نامناسب و یک نقطه که متوسط تشخیص داده شده است، سایر موارد در طبقه بسیار مناسب جای گرفته‌اند. یکی از عرصه‌ها نیز در طبقه نامناسب قرار گرفته است. این تعداد در روش فازی ضرب به تعداد ۱۶ برای نسبتاً نامناسب و شش برای بسیار مناسب است. با اعمال ضرایب گاما نتایج تعدیل یافته، در شکل ۷ برای گامای ۰/۲، شکل ۸ برای گامای ۰/۸ و شکل ۹ برای گامای ۰/۵ نشان داده شده‌اند. روش فازی با گامای ۰/۲ تعداد شش عرصه را بسیار مناسب، ۱۴ عرصه را نسبتاً مناسب، ۱۰ عرصه را متوسط و ۱۳ عرصه را نامناسب دانسته است. در

حالی که این تعداد در گامای ۰/۸ به ترتیب ۲۷، هفت، چهار و پنج و برای روش گامای ۰/۵ به ترتیب ۱۱، ۱۰، پنج و ۱۶ هستند. یکی از عرصه‌ها در گامای ۰/۵ جزو طبقات نامناسب قرار گرفته است. توضیح این‌که در تمام روش‌های فوق‌الذکر سطح محدوده مورد پژوهش به استثنای عرصه‌های شناسایی شده، در طبقات نامناسب جای داده شده است.

به منظور مقایسه تعداد عرصه‌های تحت پوشش هر کدام از طبقه‌های استعداد گسترش سیلاب در روش‌های مورد استفاده، جدول ۱۲ و شکل ۵، ارائه شده است. همچنین، استفاده از اطلاعات جدول ۱ و شکل ۱۰، خواننده را قادر می‌سازد تا با توجه به نتایج فوق، متوجه شود که با هر کدام از مدل‌های به کار گرفته شده، کدام عرصه از ۴۳ منطقه مورد بررسی مناسب یا نامناسب برای انجام عملیات گسترش سیلاب است و یا کدامیک، از شرایط متوسطی برخوردار است.

نتایج بررسی صحت: نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که در مدل منطق بولین در تمام شش عرصه مستعد تفکیک شده، مقادیر شش پارامتر مورد بررسی در حداقل چهار مورد در حد بالا و خوبی قرار دارند به طوری که چنانچه مقادیر پارامترها از چهار مورد کمتر شود و به سه مورد برسد، عرصه مورد نظر در طبقه یا گروه غیرمستعد جای می‌گیرد. این مدل قادر به تفکیک مناطق مستعد در درجات مختلف نمی‌باشد، به طوری که ممکن است با اضافه شدن تنها یک مورد به پارامترهای نامطلوب، عرصه مورد نظر در گروه نامستعد جای گیرد.

جدول ۱۲- مدل‌های استفاده شده و تعداد عرصه‌های هر طبقه

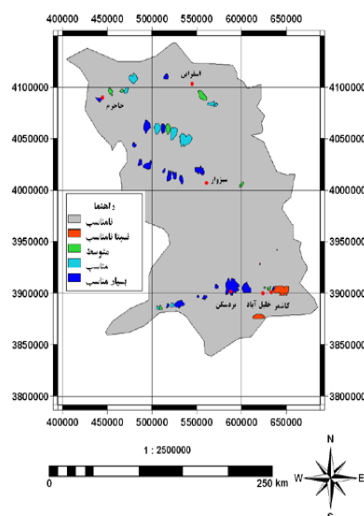
روش طبقه‌بندی طبقه و تعداد	گاما ۰/۵	گاما ۰/۸	گاما ۰/۲	فازی ضرب	فازی جمع	هم‌پوشانی چند طبقه	هم‌پوشانی دودویی
بسیار مناسب	۱۱	۲۷	۶	۶	۳۸	۱۴	۲۰
مناسب	۱۶	۵	۱۳	۷	۰	۱۶	۹
متوسط	۵	۴	۱۰	۱۴	۱	۹	۱۰
نسبتاً نامناسب	۱۰	۷	۱۴	۱۶	۳	۳	۳
نامناسب	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱

طبقه نامناسب و بسیار مناسب، نتایج در ۶۶/۶ درصد از مناطق منطبق بر واقعیت است، در حالی‌که برای مدل فازی ضرب این مقدار ۱۶/۶ درصد است. برای هر دو روش فوق چنانچه طبقه مناسب نیز در محاسبات وارد شود، تغییری در انطباق نقشه تولیدی و واقعیت رخ نخواهد داد.

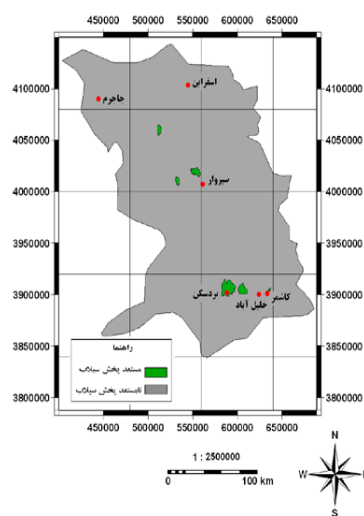
برای مدل فازی گاما که از اپراتور ۰/۲، ۰/۸ و ۰/۵ آن استفاده شده است، مقایسه نتایج حاصله با واقعیت عملی شده نشان می‌دهد که برای حالت بالاترین و پایین‌ترین طبقه، در اپراتور ۰/۲ مقدار انطباق ۱۶/۶ درصد، در اپراتور ۰/۸ مقدار انطباق ۵۰ درصد و در اپراتور ۰/۵ انطباق ۱۶/۶ درصد است. چنانچه با اضافه کردن طبقه مناسب تعداد طبقات بررسی را به سه طبقه افزایش دهیم، این انطباق برای گام‌های ۰/۲، ۰/۸ و ۰/۵ به ترتیب ۳۳/۳، ۵۰ و ۵۸/۳ درصد خواهد شد.

نتایج حاصل از بررسی صحت نیز کم و بیش حاوی همین نتیجه است به طوری‌که بر اساس بررسی به عمل آمده تنها ۱۶/۶ درصد از مناطق شناسایی شده با عرصه‌های موفق و ناموفق در نظر گرفته شده هم‌خوانی دارند. بررسی صحت در نقشه تعیین اولویت مناطق با روش شاخص هم‌پوشانی در سیستم دودویی حاکی از انطباق ۳۳/۳ درصدی نتایج این نقشه با واقعیت است، در حالی که این صحت در روش شاخص هم‌پوشانی با سامانه چند طبقه، ۱۶/۶ درصد است. انطباق فوق با در نظر گرفتن تنها دو طبقه نسبتاً نامناسب و بسیار مناسب صورت گرفته است.

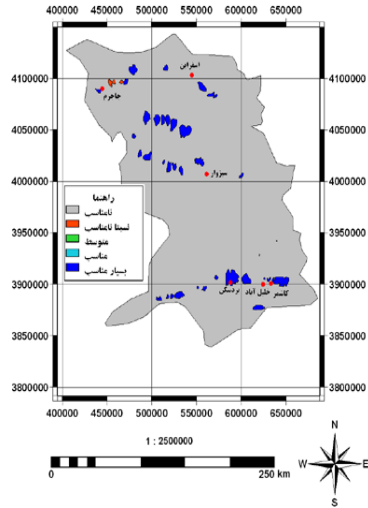
با ادغام دو طبقه مناسب و بسیار مناسب و منظور نمودن طبقه مناسب به جای آن در این بررسی، انطباق در حالت اول به ۵۰ درصد و در حالت دوم به ۶۶/۶ درصد ارتقاء یافت. نتایج حاصل از بررسی مدل فازی نشان داد که در مدل جمع فازی با در نظر گرفتن دو



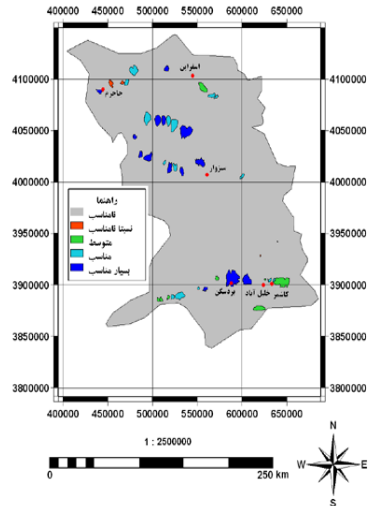
شکل ۲- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش شاخص هم‌پوشانی (سیستم دودویی)



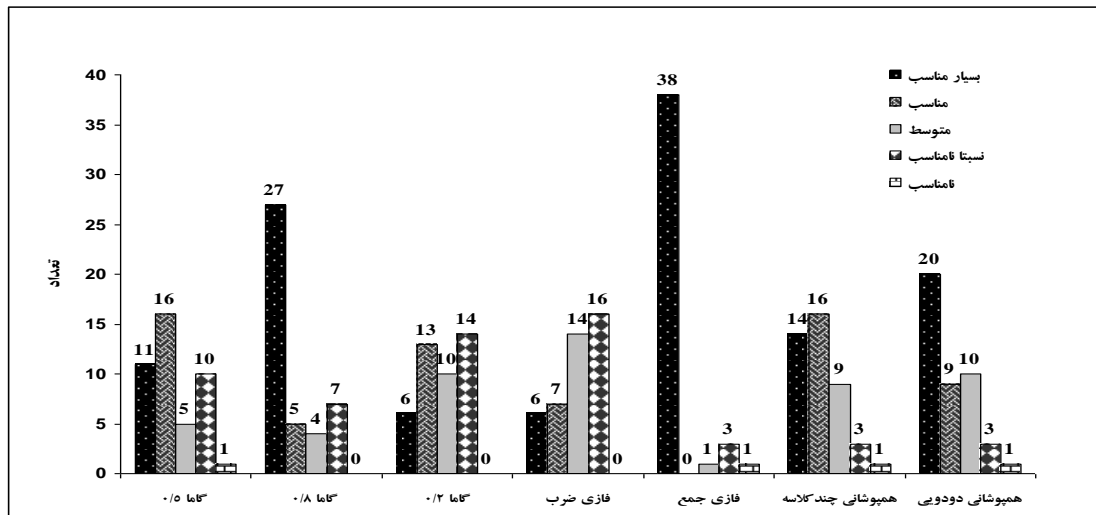
شکل ۱- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش بولین (AND)



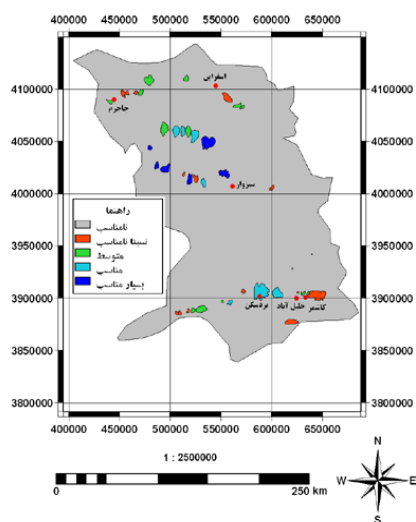
شکل ۴- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش فازی (جمع)



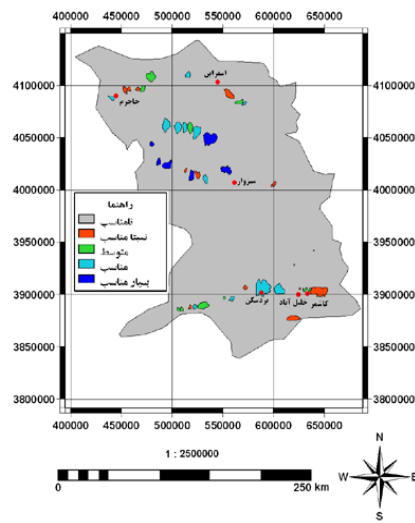
شکل ۳- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش شاخص هم‌پوشانی (چند کلاسه)



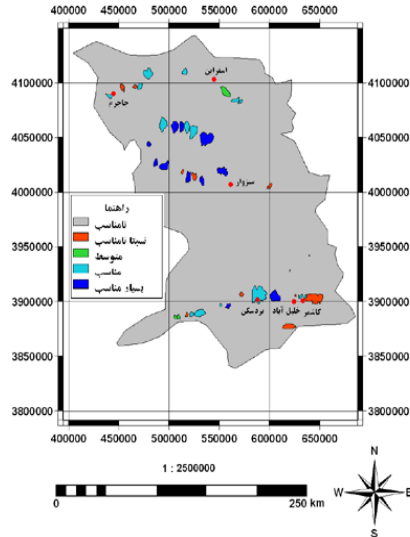
شکل ۵- شمار عرصه‌های هر کدام از طبقات در روش‌های ادغام



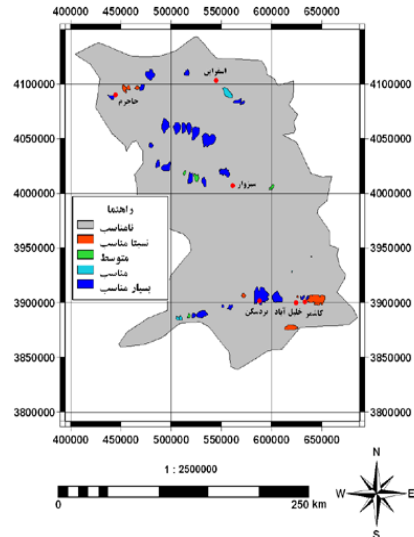
شکل ۷- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش فازی (گاما ۰/۲)



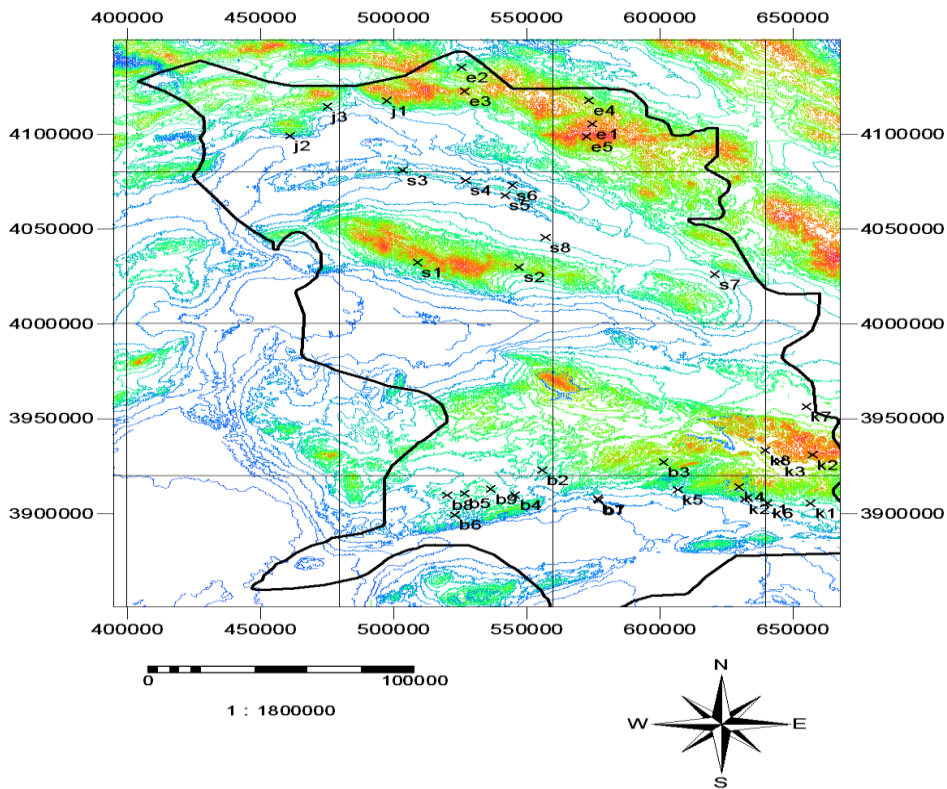
شکل ۶- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به روش فازی (ضرب)



شکل ۹- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به‌روش فازی (گاما ۰/۵)



شکل ۸- نقشه اولویت مناطق مستعد پخش سیلاب به‌روش فازی (گاما ۰/۸)



شکل ۱۰- موقعیت هر کدام از ۴۳ عرصه مورد بررسی در منطقه پژوهش

بررسی محدودیت‌های کاربری در عرصه‌ها بسیار مفید و کارآمد می‌نمود، ضمن آن‌که کاربرد این داده‌ها در تفکیک و تدقیق مرز واحدهای کواترنر مناسب و دقیق است. مدل‌های آماری به کار گرفته شده در این

از نکات قابل اعتنا در این پژوهش امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات مکانی در شناسایی و طبقه‌بندی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب است. استفاده از داده‌های ماهواره به‌ویژه برای

بر پایه مشاهدات به عمل آمده، دستورالعمل اجرایی شناسایی عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب در یک محدوده جغرافیایی و روش اولویت‌بندی عرصه‌ها به شکل زیر پیشنهاد می‌شود:

✓ بازدیدهای دقیق محلی، جمع‌آوری آمار و اطلاعات قابل اطمینان و مشورت با افراد مجرب به‌عنوان نخستین گام در انتخاب محل گسترش سیلاب
 ✓ بررسی شیب، رواناب، ضریب ذخیره، ضخامت آبرفت، عمق سطح ایستایی (عمق بخش خشک آبرفت) و نفوذپذیری در هر کدام از مناطق شناسایی شده در مرحله اول، برای امتیازدهی در مرحله اولویت‌بندی مناطق

✓ تهیه ترکیب سه نواری FCC742 از داده‌های رقومی ماهواره لندست ترجیحا سنجنده ETM⁺ به‌عنوان تصویر پس‌زمینه در جریان تفسیر چشمی و مرحله طبقه‌بندی

✓ استخراج محدوده اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و عرصه‌های منابع طبیعی از ترکیب نواری ایجاد شده در مرحله قبل و بررسی امکان توسعه عرصه پخش سیلاب به سمت نهشته‌های مجاور
 ✓ کنترل و در صورت نیاز اصلاح مناطق تفکیک شده در مرحله قبل، طی انجام عملیات صحرائی

✓ تعیین و اولویت‌بندی مناطق با توجه به نتایج به‌دست آمده از مراحل گذشته با استفاده از روش آماری فازی گاما ۰/۸

و بالاخره این‌که، علی‌رغم مناسب و کارا بودن معیارهای انتخابی (واحدهای کواترنز، شیب، رواناب، ضریب ذخیره، نفوذپذیری، محدودیت‌های کاربری و ضخامت آبرفت) در بررسی مناطق مستعد برای گسترش سیلاب، توصیه می‌شود که تمایل مردم برای مشارکت در اجرای عملیات پخش سیلاب، به‌عنوان معیاری مهم، در طرح‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

پژوهش تنها در تلفیق با یک سامانه اطلاعات مکانی می‌تواند به کارایی نهایی خود نائل آید. این بررسی نشان داد که مدل منطق بولین کارایی و دقت لازم را در تعیین و اولویت‌بندی مناطق پخش سیلاب ندارد. همچنین، بر پایه نتایج حاصله روش شاخص هم‌پوشانی از دقت چندانی برای اولویت‌بندی مناطق مستعد پخش سیلاب برخوردار نیست، ولی چنان‌چه دامنه طبقات کاهش یافته و دو طبقه مناطق مناسب و بسیار مناسب ادغام شود، سیستم چند طبقه این روش، از کارایی بالای ۶۶ درصدی برخوردار است. وزن‌دهی به معیارهای انتخابی علاوه بر وزن‌دهی طبقات هر لایه، از نکات مثبت این روش به‌شمار می‌آید، چه هر کدام از لایه‌های انتخابی به نسبت سهم خود در بهبود گسترش سیلاب رده‌بندی می‌شوند. استفاده از روش جمع فازی نتایج نسبتاً خوبی را به‌دست داد، در حالی‌که ضرب این روش نتایج قابل قبولی را نداشت. نتایج حاصل از کاربرد روش گاما با اپراتور ۰/۸ نسبت به سایر اپراتورها نتایج بهتری را نشان داد، لکن چنان‌چه دو طبقه مناسب و نامناسب را در هم ادغام و تعداد طبقات را کاهش دهیم، استفاده از روش فازی گاما با اپراتور ۰/۵ از بالاترین دقت برخوردار است.

نتیجه‌گیری نهایی این‌که، چنان‌چه با روش انجام گرفته در این تحقیق، طبقه‌بندی مناطق مستعد پخش سیلاب در پنج طبقه نامناسب تا بسیار مناسب صورت پذیرد، روش استفاده از مدل مفهومی فازی با اپراتور جمع از کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است، لکن چنان‌چه دو طبقه مناسب و بسیار مناسب در هم ادغام و تعداد طبقات استعداد پخش سیلاب به چهار تقلیل یابد، روش فازی گاما با اپراتور ۰/۵ علاوه بر روش فازی جمع می‌تواند در طبقه‌بندی مناطق مستعد پخش سیلاب مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Bonham-Carter, G.F. 1994. Geographic information systems for geoscientists, modality with GIS. Pergamon Press, 393 pages.
2. Broshkeh, A. and A. Najafi. 2003. Research on methods for mapping suitable area for flood spreading on west Azarbayjan Province. Proceedings of the 3th Congress of Aquifer Feeding, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran: 120-126 (in Persian).
3. Ghermezcheshmeh, B., S. Feiznia, J. Ghoayumian and Gh. Zehtabian. 2006. An investigation on the use of geomorphologic maps in locating sites suitable for flood spreading in Meymeh Region. Iranian Journal of Natural Resources, 59(3): 557-567 (in Persian).

4. Jafari, S.M. 2000. Factors assessment for mapping suitable area for flood spreading. Proceedings of 2nd Congress on Flood Spreading Stations Achievements, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran: 78-85 (in Persian).
5. Jalali, N. 2002. The characteristics of alluvial fans as uncultivated areas for flood spreading used image interpretation. A Booklet of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran: 32 pages (in Persian).
6. Kishnamurty, J. and G. Srinivas. 1995. Role of geological and geomorphological factors in groundwater exploration: a study using IRS LISS data. *International Journal of Remote Sensing*, 16(14): 2595-2618.
7. Kishnamurty, J., N. Venkatesa Kumar, V. Jayaraman and M. Manivel. 1996. An approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographical information systems. *International Journal of Remote Sensing*, 17(10): 1867-1884.
8. Kosar, A. 1995. Introduction to flood control and improved productivity. Research Institute of Forests and Rangelands, 522 pages (in Persian).
9. Mehrvarz Moghanloo, K. 2004. The susceptibility of Quaternary deposits assessment for flood spreading: A case study of Tasuj Plain. MSc Thesis, Tehran University, 137 pages (in Persian).
10. Sarat, A.K. and P.R. Choudhurg. 1998. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites. *International Journal of Remote Sensing*, 19(10): 1845-1855.
11. Shafer, G. 1976. A mathematical theory of evidence. Princeton University Press, New Jersey, 297 pages.
12. Singer, M.J. and D.N. Munns. 1996. Soils: An Introduction. Ferdowsi University of Mashhad, translated by G.H. Haghnia, 630 pages.
13. Soltani, M.G. 2001. Land evaluation to studying suitable area for flood spreading using GIS. MSc Thesis, Khaje Nasir Toosi University of Technology, 129 pages (in Persian).

Evaluating conceptual models in floodwater spreading site selection using RS and GIS

Abolghasem Dadrasi Sabzevar^{*1}, Nader Jalali² and Ebrahim Gohari³

¹ Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi, Iran, ² Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran and ³ Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 15 June 2013

Accepted: 27 January 2014

Abstract

Productivity of the floods in the country which suffering from a severe shortage of water resources, is inevitable and flood spreading in areas prone water is one of the simplest methods for efficiency of flood. Identification of suitable areas for flood spreading by traditional methods usually is very expensive and takes up time. Using GIS and RS can reduce such costs and increase the speed and accuracy. The study area is part of the provinces of Khorasan Razavi and north Khorasan which included the cities of Sabzevar, Esferayen, Jagarm, Kashmar, Bardeskan and Khalilabad. In this study, seven layers, including units of the quaternary deposits, limitation of land use, slope, infiltration rate, runoff, storage coefficient and bed rock depth were selected and analyzed. Map of quaternary deposits was prepared from geological map at scale of 1:250000 and controlled by photo-interpretation. 43 sites were selected by field survey. A Land use restriction was prepared by field Investigation and visual interpretation of satellite images. The slope map was obtained by GIS method, using digital topographic map of the area with 100m interval and 30m Pixel size. Infiltration rate in each area was calculated by double ring test and geoelectric study was used for bed rock depth estimation. Also storage coefficient for each site was calculated by typical table related on soil texture using soil sampling to a depth of one meter. And finally volumes of overland flow were calculated for all sites by Jasten method. Boolean logic, index overlay and fuzzy logic were selected and tested in those areas to mapping suitable areas for flood spreading, using the weighting method. The results show that the fuzzy sum is the best and visual interpretation of RGB742 Integrating GIS, is more suitable to identify and prioritize areas prone to spreading.

Key words: Artificial feeding, Boolean Logic, Fuzzy Logic, Index Overlay, Khorasan, Satellite imagery

* Corresponding author: dadrasisabzevar@yahoo.com