

واژه‌های کلیدی: شاخص هم‌پوشانی، منطق بولین، منطق فازی، GIS، AHP

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار بارندگی از نظر زمانی و مکانی بسیار متغیر است و در گذشته بشر جهت رفع این معضل از آب‌های زیرزمینی در این مناطق استفاده می‌نمود. امروزه نیز بخش مهمی از آب‌های مورد نیاز، به خصوص در کشاورزی و برای مصارف شهری در این مناطق از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود [۱۴]. با توجه به کاهش مداوم میزان سرانه آب به علت افزایش روزافزون جمعیت، ضروری است که آب‌های سطحی به کمک روش‌هایی از جمله تغذیه مصنوعی جهت افزایش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز کشور به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مورد استفاده قرار گیرد [۴]. پروژه‌های تغذیه آب زیرزمینی، اغلب اثرات مهمی بر گروه‌های مختلف مردم در نواحی مجاور و نیز در مناطق دور از محل تغذیه دارد. دامنه این اثرات می‌تواند از تغییر در تراز آب زیرزمینی، تغییر در کیفیت آب آبخوان، تغییر در جریان چشمه‌ها و رودها تا اثرات محیطی دیگر باشد [۹]. متأسفانه مجموع تغذیه سفره‌های زیرزمینی آب کم‌تر از میزان برداشت از این سفره‌ها به‌طور سالیانه است، این یعنی بیلان آب در دشت‌ها منفی است که این امر می‌تواند اقتصاد مناطق مختلف را که بر پایه کشاورزی استوار است مورد تهدید جدی قرار دهد.

جمع‌آوری و نفوذ دادن آب باران با اهداف و انگیزه‌های گوناگونی صورت می‌گیرد که هدف اصلی آن، بهینه‌سازی و مدیریت بهره‌برداری از آب باران و آب‌های زیرزمینی بر اساس نیاز و مصرف است. باران یک پدیده گسسته بوده، لذا باید برای مصرف روزانه، آب باران را به‌صورت سطحی و زیرزمینی جمع کرد تا بتوان هنگامی که باران نمی‌بارد یا بارش ناکافی است از آن بهره برد [۱۷].

پخش سیلاب، روشی است که باعث جلوگیری از شدت گرفتن رواناب سطحی حوضه و ذخیره آن در ذخایر زیرزمینی یا در ناحیه ریشه در سطوح زراعی می‌شود [۱۳]. فن‌آوری پخش سیلاب تقریباً می‌تواند در هر ناحیه با حداقل ۱۰۰-۸۰ میلی‌متر بارندگی سالانه به ویژه در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک به کار رود. در حوزه آبخیز دشت فریمانه، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی دشت پایین‌دست، موجب افت سطح ایستابی آبخوان گردیده است که این روند نزولی، شدیدتر هم شده است. لذا حفاظت و کنترل منابع

تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه فریمانه، شهرستان جغتای

هادی دستورانی^۱، مهدی بشیری^{۲*} و علی ماروسی^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳
DOR: 20.1001.1.26454777.1400.9.35.4.1

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک که ریزش‌های جوی ناچیز و پراکنش نامناسب می‌باشد، یکی از روش‌های استفاده از سیلاب، گسترش آن در عرصه‌های مستعد است. هدف این پژوهش یافتن بهترین مکان برای پخش سیلاب با استفاده از GIS و روش‌های تصمیم‌گیری در حوضه فریمانه است. به این منظور از عوامل شیب، توپوگرافی (طبقات ارتفاعی)، زمین‌شناسی، نوع کاربری اراضی، نفوذپذیری خاک، ژئومورفولوژی، سازندهای زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و خاک استفاده گردید. جهت وزندهی متغیرهای کمی، منطق فازی با تابع عضویت دوزنقه‌ای و مثلثی و برای متغیرهای کیفی، منطق فازی با تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از GIS و مفاهیم تلفیق لایه‌ها از روش‌های منطق فازی، منطق بولین و شاخص هم‌پوشانی ارائه شد. برای تعیین و اولویت‌بندی مناطق مستعد، عملگرهای بولین AND و OR، فازی AND، OR، حاصل ضرب، حاصل جمع، گامای فازی از ۰/۱ تا ۰/۹ و ارزیابی چند معیاره بکار رفت. با تطبیق نتایج به‌دست آمده با داده‌های مشاهده‌ای نتیجه شد که روش‌های فازی AND، ارزیابی چند معیاره و گامای ۰/۸ و ۰/۹ فازی بیش‌ترین تطابق را با داده‌های مشاهده‌ای داشتند و از بین این روش‌ها، روش ارزیابی چند متغیره مناسب‌تر تشخیص داده شد. از بین پارامترها نیز، شیب، پوشش گیاهی و نفوذپذیری، بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص دادند.

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه.
۲- استادیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، نویسنده مسئول: Email: m.bashiri@torbath.ac.ir
۳- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربت حیدریه.

آب و آبخوان دشت‌ها از نظر کمی و کیفی یکی از مهم‌ترین اصول مدیریت بهینه و بهره‌برداری منابع در این حوزه آبخیز می‌باشد. در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از عوامل محیطی به تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب با استفاده از GIS اقدام گردد و میزان تطابق نتایج روش‌های مختلف استفاده شده با داده‌های مشاهده‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

بسیاری از محققان برای ارزیابی مناطق مستعد پخش سیلاب جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی، روش‌های سنجش از دور^۱ و سامانه اطلاعات جغرافیایی^۲ را به کار گرفته‌اند و اغلب به این نتیجه رسیده‌اند که عوامل تعیین کننده مناطق مستعد پخش سیلاب، گوناگون است و عواملی چون شیب، توپوگرافی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، نفوذپذیری، پوشش گیاهی و خاک مؤثرند [۷]. به عنوان نمونه تعیین مناطق مناسب جهت پخش سیلاب در حوزه آبخیز طغروود استان قم انجام شد. استفاده از معیارهای کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب، ژئومورفولوژی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و بهره‌گیری از منطق فازی و منطق بولین در محیط GIS نشان داد که منطق بولین در انتخاب محل‌های مناسب صحت کمی دارد ولی عملکرد گاما در منطق فازی بیش‌ترین هم‌پوشانی را با منطقه دارد [۱۸]. در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب در شش شهرستان استان خراسان رضوی از مدل‌های بولین و فازی استفاده شد. با بررسی پارامترهای حجم رواناب، نفوذپذیری، ضریب ذخیره، عمق آبرفت، شیب و کاربری اراضی مشاهده گردید که عملکرد حاصل جمع فازی از کارایی بالایی نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است [۳]. پژوهش‌های شکیبا و همکاران [۱۵] در زمینه ارزیابی زمین برای انتخاب مکان‌های مناسب پخش سیلاب از طریق مدل‌های مختلف نیز مدل منطق فازی را به عنوان مناسب‌ترین استراتژی برای مکان‌یابی پخش سیلاب نشان داد. در تعیین مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب در دشت تسوج تبریز، پنج پارامتر شیب، نفوذپذیری سطحی، انتقال‌پذیری، ضخامت رسوبات خشک شده و کیفیت رسوبات ته‌نشین شده مطالعه شد. استفاده از منطق بولین، روش شاخص هم‌پوشانی و عملکردهای منطق فازی و مقایسه با مناطق کنترل شده پخش سیلاب نشان داد که منطق فازی بیش‌ترین تطابق را با مناطق کنترل شده دارد [۸]. هم‌چنین در تعیین عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در حوزه آبخیز چرداول استان ایلام با استفاده از منطق بولین، شاخص‌های شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، مقدار بارندگی، وضعیت و تراکم شبکه آبراهه و ضخامت آبرفت انتخاب شدند. نتایج، کارایی مدل را در حد قابل قبولی نشان داد [۵]. نهایتاً مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت جیرفت با استفاده از مدل سلسله مراتبی فازی بررسی شد. نتایج بررسی هفت پارامتر تراکم زهکشی، طبقات ارتفاعی، سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاکشناسی و شیب

نشان داد که پارامتر شیب بیش‌ترین وزن را دارد و ۲۳/۶۸ درصد حوضه در کلاس بسیار مناسب برای تغذیه مصنوعی است [۶]. در خارج از کشور، تشخیص مکان‌های بالقوه برای تغذیه آب‌های زیرزمینی در حوضه ازرق اردن با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. نتیجه تحلیل GIS در برابر تحقیقات میدانی منطقه با بررسی بافت خاک در ۱۶ منطقه نشان داد که با این روش می‌توان اطلاعات مناسبی در تعیین مناطق بالقوه تغذیه آب زیرزمینی فراهم آورد [۱]. در تعیین مناسب‌ترین مکان برای اجرای پخش سیلاب در منطقه جازن عربستان از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده شد. فاکتورهای مورد استفاده شامل نقشه‌های بارش مازاد، شیب، ضریب رواناب، پوشش اراضی، کاربری اراضی و ساختار خاک بود. نتایج نشان داد که به ترتیب ۱/۱۰، ۲۵، ۵۱ و ۱/۲ درصد جزء مناطق فوق‌العاده خوب، خوب، متوسط و فقیر از نظر پخش سیلاب می‌باشند [۱۶]. تشریح مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از RS و GIS در منطقه بانک ورا^۳ در غرب هند نشان داد که تطابق خوبی بین مناطق پیش‌بینی شده دارای آب‌های زیرزمینی و داده‌های چاه‌های گمانه آب زیرزمینی موجود وجود دارد [۱۰]. نهایتاً به کارگیری تکنیک‌های RS و GIS و استفاده از لایه‌های شیب، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، تراکم زهکشی و کاربری اراضی، مکان‌های مناسبی را برای پخش سیلاب شناسایی کردند و برازش مدل‌های ریاضی نشان داد که منطق فازی بهترین نتیجه را می‌دهد [۱۲]. با توجه به آنچه گفته شد، هدف کلی این پژوهش شناسایی مکان مناسب جهت اجرای پخش سیلاب‌های حوضه فریمانه می‌باشد و اهداف فرعی موارد زیر را در بر می‌گیرند:

- تعیین عوامل تأثیرگذار بر تعیین مناطق دارای پتانسیل اجرای پخش سیلاب در منطقه
- مشخص کردن سطحی از حوضه که برای اجرای طرح پخش سیلاب مناسب است
- معرفی بهترین نقاط جهت اجرای طرح پخش سیلاب در منطقه

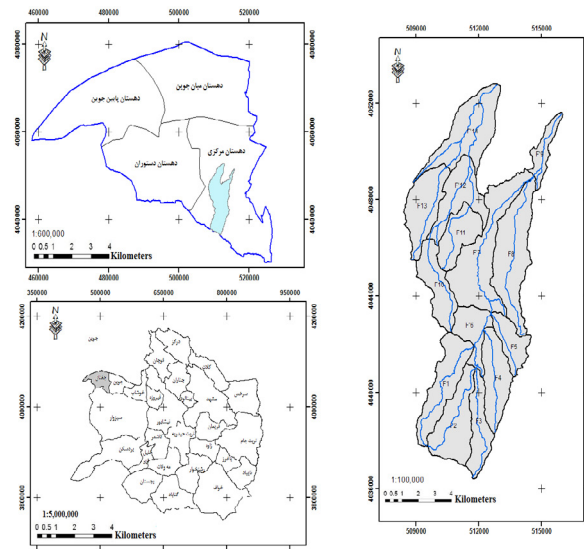
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز فریمانه در جنوب و جنوب شرقی شهرستان جغتای و محدوده طول جغرافیایی ۵۷ درجه و پنج دقیقه تا ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه واقع گردیده است. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود این حوضه شامل نه زیرحوضه هیدرولوژیک، پنج زیرحوضه غیرهیدرولوژیک و پنج زیرحوضه تجمعی می‌باشد. وسعت حوضه ۶۲/۶۹ کیلومتر مربع برآورد گردیده است. ارتفاع متوسط حوضه فریمانه ۱۶۵۳ متر، حداکثر ارتفاع در حوضه ۲۶۶۴ متر واقع در ارتفاعات و حداقل ارتفاع ۱۳۰۶ متر در محل خروجی مشاهده گردیده است. متوسط بارندگی سالیانه حوضه ۲۸۵ میلی‌متر

1. Remote Sensing

2. Geographic Information System

می‌باشد. بیش‌ترین بارندگی ماهیانه حوضه مربوط به ماه فروردین و اسفندماه به میزان ۵۱ میلی‌متر است. بیش‌ترین مقدار آب حاصل از ذوب برف در بهمن‌ماه به میزان ۴۳ میلی‌متر و کل آب حاصل از ذوب برف سالیانه به میزان ۱۰۵ میلی‌متر می‌باشد [۱۱].



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز فریمان جغتای در شمال شرقی ایران

روش تحقیق

۱- انتخاب پارامترها

یکی از مسائل مهم ساخت مدل، انتخاب متغیرهایی است که باید در مدل گنجانده شوند. از آنجا که در سیستم‌های پخش سیلاب، مناطق دارای خاک با پتانسیل بالای نفوذپذیری جهت تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی مناسب می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است عوامل مؤثر در نفوذ جریان آب و همچنین عوامل ایجاد محدودیت در نفوذپذیری خاک به‌عنوان فاکتورهای کلیدی انتخاب پارامترها در نظر گرفته شود. مجموعه پارامترهای مورد نیاز در این رابطه شامل توپوگرافی، شیب، زمین‌شناسی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، سازندهای زمین‌شناسی، نفوذپذیری خاک و تراکم پوشش گیاهی می‌باشند. بعد از تهیه نقشه‌های موضوعی مورد نیاز تحقیق در دو مرحله اجرا شد. در مرحله اول بی‌بعد کردن و وزن‌دهی لایه‌های کمی و کیفی با روش‌های فازی سلسله مراتبی، بولین و شاخص هم‌پوشانی اجرا و در مرحله دوم ترکیب لایه‌ها با استفاده از سه مدل منطق بولین، منطق فازی و شاخص هم‌پوشانی انجام گردید.

۲- بی‌بعد کردن و وزن‌دهی لایه‌ها

روش‌های مختلفی جهت وزن‌دهی و ترکیب لایه‌ها مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفت. برای وزن‌دهی کلاس‌های داده‌های ورودی از روش‌های تابع عضویت مثلثی و دوزنقه‌ای فازی، تحلیل فرایند

سلسله مراتبی، بولین و شاخص هم‌پوشانی استفاده گردید. وزن‌دهی داده‌های کمی با استفاده از تابع عضویت مثلثی و دوزنقه‌ای فازی انجام شد. وزن‌دهی نقشه شیب با تابع عضویت دوزنقه‌ای فازی و نقشه طبقات ارتفاعی با تابع عضویت مثلثی انجام شد. وزن‌دهی داده‌های کیفی نیز با روش AHP صورت گرفت. جهت وزن‌دهی به متغیرهای کیفی، ابتدا باید اهمیت کلاس‌ها نسبت به یکدیگر تعیین گردد و سپس بر اساس اهمیت کلاس‌ها وزن‌دهی کلاس‌ها در بازه ۰ تا ۱ انجام گیرد. جهت تعیین اهمیت کلاس‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) استفاده گردیده، که این روش بر پایه مقایسات زوجی استوار است. در نهایت با رسم ماتریس مقایسات زوجی، وزن هر یک از کلاس‌ها تعیین می‌گردد. این روش در وزن‌دهی پارامترهای کاربری اراضی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، سازندهای زمین‌شناسی، نفوذپذیری خاک و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک استفاده گردید.

الف) وزن‌دهی به روش بولین

در وزن‌دهی نقشه‌ها به روش بولین که برای هر یک از پیکسل‌ها مقادیری برابر صفر و یک می‌باشد. نقطه آستانه‌ای برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد. سپس بر اساس کلیه وزن‌هایی که به روش فازی به دست آمده بود، اقدام به وزن‌دهی نقشه شیب به روش بولین شد. بدین صورت که کلیه پیکسل‌های بزرگ‌تر از نقطه آستانه برابر یک و کلیه نقاط کوچک‌تر از نقطه آستانه برابر صفر در نظر گرفته شد. در نهایت با اعمال وزن‌های یک و صفر به کلیه پیکسل‌ها (با اندازه سلولی ۱۰۰×۱۰۰ متر)، نقشه وزن‌دهی شده بولین پارامترهای کیفی و کمی به دست آمد.

ب) وزن‌دهی به روش شاخص هم‌پوشانی

در وزن‌دهی نقشه‌ها به روش شاخص هم‌پوشانی، برای هر یک از پیکسل‌ها مقادیری بین صفر تا ده تعلق می‌گیرد. بدین صورت که وزن هر پیکسل در نقشه شیب به روش شاخص هم‌پوشانی بر اساس وزن‌های تخصیص یافته در روش منطق فازی به‌صورت صفر تا ده نرمال گردید.

۳- ترکیب لایه‌ها

در این تحقیق به‌منظور تعیین مناطق پخش سیلاب از بین عوامل آب و هوایی، خصوصیات فیزیکی حوضه و عوامل هیدرولوژیک نه عامل شیب، توپوگرافی (طبقات ارتفاعی)، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، نفوذپذیری خاک، ژئومورفولوژی، سازندهای زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک مورد استفاده قرار گرفت، بدین‌منظور نقشه‌های اولیه هر کدام از این نه پارامتر با استفاده از مطالعات قبلی صورت گرفته در حوضه مورد مطالعه، بازدیدهای میدانی، تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار Arc map تهیه گردید.

برای وزن‌دهی متغیرهای کمی، از روش منطق فازی با تابع عضویت دوزنقه‌ای برای نقشه شیب، و از تابع عضویت مثلثی منطق فازی برای نقشه طبقات ارتفاعی استفاده شد، و پس از به دست آمدن عدد فازی برای هر کلاس مقادیر عددی شاخص هم‌پوشانی و بولین نیز بر اساس عدد فازی به دست آمده، مشخص شد.

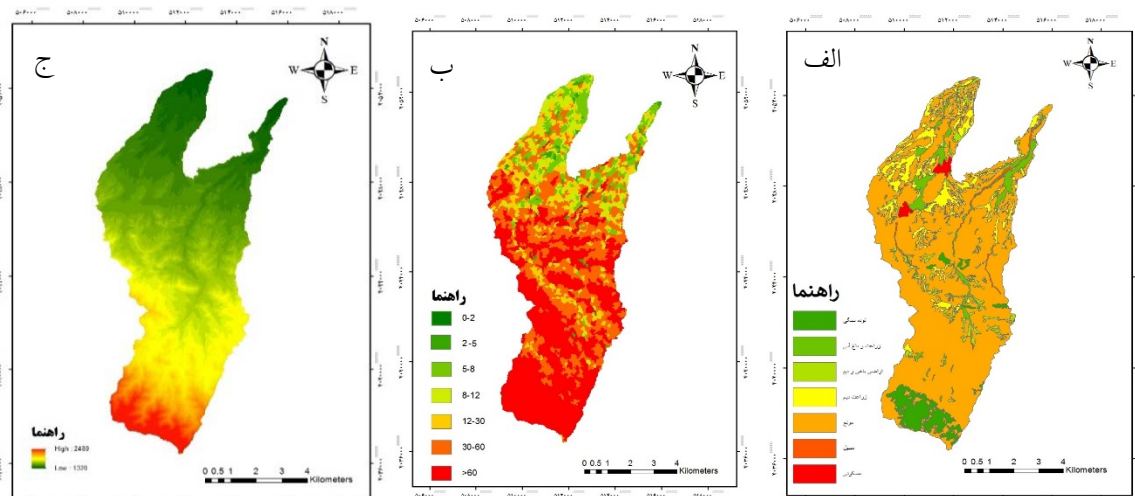
جهت ترکیب لایه‌ها از سه مدل منطق بولین، منطق فازی و شاخص هم‌پوشانی استفاده گردید. در مدل منطق بولین، وزن هر واحد نقشه بر اساس منطق باینری یک یا صفر می‌باشد که به صورت یک (درست) یا صفر (غلط) تعریف می‌شود [۲]. در این تحقیق ترکیب لایه‌ها در منطق بولین به صورت دو عملگر بولین AND و OR صورت گرفت. ترکیب لایه‌ها در محیط ARC GIS 10.3 انجام شد. در روش بولین AND از مقادیر حداقل پیکسل‌ها و در روش بولین OR از مقادیر حداکثر پیکسل‌ها جهت ترکیب لایه‌ها استفاده شد.

در مدل منطق فازی، ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده بر اساس پنج عملگر فازی AND، OR، حاصل ضرب، حاصل جمع و گاما، در محیط ARC GIS 10.3 و با استفاده از افزونه Spatial Analyst

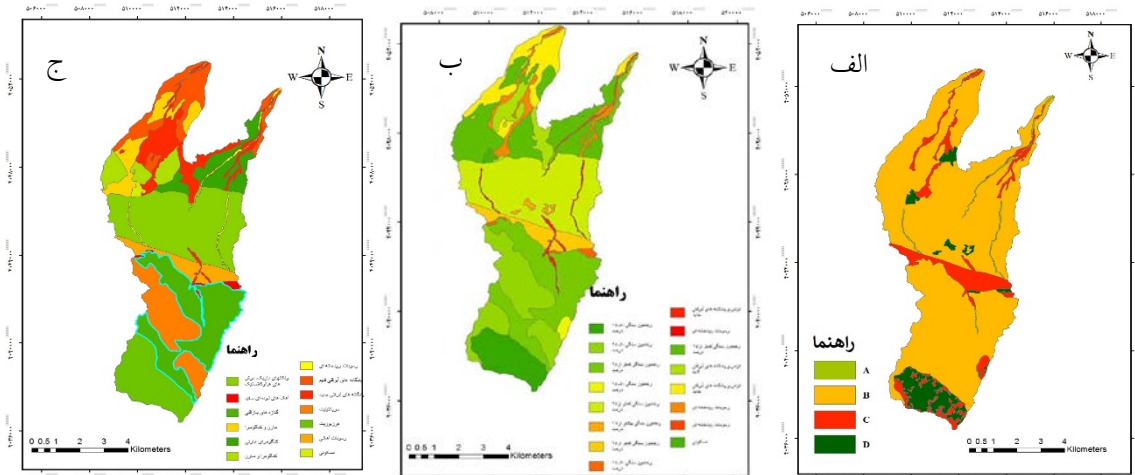
گزینه Raster Calculator انجام شد. در مدل شاخص هم‌پوشانی نیز ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده به روش ارزیابی چند کلاسه با استفاده از افزونه مذکور انجام شد. نهایتاً پس از به دست آوردن نرخ ناسازگاری و با توجه به وزن نهایی، معیارها و زیرمعیارها به منظور تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب رتبه‌بندی شدند و وزن‌های نرمال در هر زیر لایه مربوط به نقشه‌های پایه معیارها در محیط نرم‌افزار Arc GIS ضرب شدند و در نهایت لایه‌های وزن‌دار تهیه شدند و در نتیجه تلفیق لایه‌های وزن‌دار، نقشه‌های نهایی تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب به دست آمدند.

نتایج و بحث

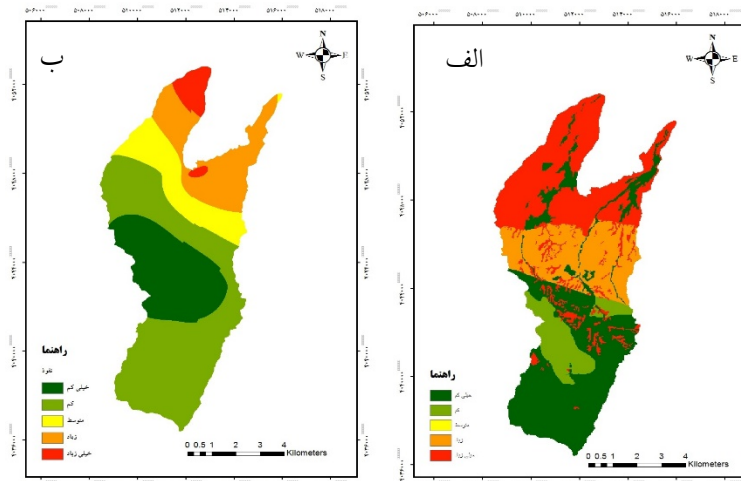
در شکل‌های ۲ تا ۴ لایه‌های مطالعاتی حوزه آبخیز ارایه شده است. نتایج وزن‌دهی متغیرهای کمی نیز در جداول ۱ و ۲ ارائه گردیده است، در ادامه بر اساس اعداد فازی به دست آمده در جداول ذکر شده، نقشه شیب و نقشه طبقات ارتفاعی وزن‌دهی شده به روش منطق فازی تهیه شد.



شکل ۲: نقشه طبقات ارتفاعی (الف)، درصد شیب (ب) و کاربری اراضی حوزه (ج)



شکل ۳: نقشه واحدهای زمین‌شناسی (الف)، ژئومورفولوژی (ب) و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه (ج)



شکل ۴: نقشه تراکم پوشش گیاهی (الف) و نفوذپذیری خاک حوضه (ب)

جهت وزن‌دهی متغیرهای کیفی، از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد، پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط جامعه آماری انتخاب‌شده و جمع‌بندی نظرات کارشناسان، اهمیت و وزن هر یک از کلاس‌ها مطابق جداول ۳ تا ۹ برای هر لایه به صورت جداگانه عدد فازی مشخص و بر اساس وزن‌های به دست آمده (عدد فازی)، نقشه‌های وزن‌دهی شده متغیرهای کیفی با روش سلسله مراتبی تهیه شد.

پس از به دست آمدن عدد بولین برای نه پارامتر مورد ارزیابی، نقشه‌های اولیه با استفاده از مدل منطق بولین وزن‌دهی شدند. به همین ترتیب، پس از به دست آمدن عدد شاخص هم‌پوشانی برای نه پارامتر مورد ارزیابی در این تحقیق مطابق جداول، نقشه‌های اولیه با روش شاخص هم‌پوشانی وزن‌دهی شدند. پس از وزن‌دهی لایه‌ها نقشه‌های خروجی هر مدل با استفاده از سه مدل فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی با هم ترکیب شدند.

جدول ۳: وزن هر یک از کلاس‌های پوشش گیاهی در فرآیند

تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی					
نوع پوشش	میانگین هندسی	اهمیت	عدد فازی	بولین	شاخص هم‌پوشانی
اراضی فاقد پوشش	۱/۰۶	۰/۰۹	۰/۵	۰	۵
اراضی زراعی دیم	۳/۱۵	۰/۲۷	۰/۹۹	۱	۱۰
تیپ مرتعی I	۰/۵۷	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۲
تیپ مرتعی II	۲/۶۷	۰/۲۳	۰/۷	۱	۷
تیپ مرتعی III	۳/۱۵	۰/۲۷	۰/۹۹	۱	۱۰
توده سنگی	۰/۵۷	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۲
مسیل	۰/۵۷	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۲

جدول ۱: وزن هر یک از کلاس‌های شیب در فرآیند فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

کلاس شیب	متوسط شیب	عدد فازی	بولین	شاخص هم‌پوشانی
۰ تا ۲	۱	۰	۰	۰
۲ تا ۵	۳/۵	۰/۲۵	۰	۲
۵ تا ۸	۶/۵	۱	۱	۱۰
۸ تا ۱۲	۱۰	۱	۱	۱۰
۱۲ تا ۲۰	۱۶	۰/۶۹	۱	۷
۲۰ تا ۳۰	۲۵	۰	۰	۰
۳۰ تا ۴۰	۳۵	۰	۰	۰
۴۰ تا ۶۰	۵۰	۰	۰	۰
>۶۰	-	۰	۰	۰

جدول ۲: وزن هر یک از کلاس‌های طبقات ارتفاعی در فرآیند فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

طبقات ارتفاعی	متوسط طبقات	عدد فازی	بولین	شاخص هم‌پوشانی
۱۳۰۰ تا ۱۳۴۰	۱۳۲۰	۰/۸	۱	۸
۱۳۴۰ تا ۱۳۸۰	۱۳۶۰	۰/۷۳	۱	۷
۱۳۸۰ تا ۱۴۲۰	۱۴۰۰	۰/۶۶	۱	۷
۱۴۲۰ تا ۱۴۶۰	۱۴۴۰	۰/۶	۱	۶
۱۴۶۰ تا ۱۵۰۰	۱۴۸۰	۰/۵۳	۱	۵
۱۵۰۰ تا ۱۵۴۰	۱۵۲۰	۰/۴۶	۰	۵
۱۵۴۰ تا ۱۵۸۰	۱۵۶۰	۰/۴۱	۰	۴
۱۵۸۰ تا ۱۶۲۰	۱۶۰۰	۰/۳۳	۰	۳
۱۶۲۰ تا ۱۶۶۰	۱۶۴۰	۰/۲۶	۰	۳
۱۶۶۰ تا ۱۷۰۰	۱۶۸۰	۰/۲۰	۰	۲
۱۷۰۰ تا ۱۷۴۰	۱۷۲۰	۰/۱۳	۰	۱
۱۷۴۰ تا ۱۷۸۰	۱۷۶۰	۰/۰۷	۰	۱
>۱۷۸۰	-	۰	۰	۰

جدول ۴: وزن هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

کاربری	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
زراعت دیم	۱/۲	۰/۱۱	۰/۲۷	۳
اراضی باغی و دیم	۱/۷۹	۰/۱۶	۰/۴۰	۴
زراعت و باغ آبی	۲/۷۰	۰/۲۴	۰/۶۰	۶
مرتع و چراگاه	۴/۳۹	۰/۳۹	۰/۹۸	۱۰
توده سنگی	۰/۴۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۱
مسیل	۰/۴۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۱
مسکونی	۰/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۵	۵

جدول ۵: وزن هر یک از کلاس‌های زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی) در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

کلاس	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
برش‌های هیوکلستیک	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۴	۲
هرزبوریت	۱/۸۵	۰/۰۸	۰/۳۹	۴
آهک‌های توده‌ای	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۴	۲
گدازه‌های بازالتی	۱/۸۵	۰/۰۸	۰/۳۹	۴
مارن و کنگلومرا	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۴	۲
کنگلومرای مارنی	۳/۱۵	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
کنگلومرا و مارن	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۴	۲
رسوبات رودخانه‌ای	۷/۵۲	۰/۳	۰/۹۹	۱۰
پادگانه‌های آبرفتی قدیم	۳/۱۵	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
پادگانه‌های آبرفتی جدید	۳/۱۵	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
سرپانتینیت	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۴	۲
رسوبات آهکی	۱/۸۵	۰/۰۸	۰/۳۹	۴

جدول ۶: وزن هر یک از کلاس‌های ژئومورفولوژی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

کلاس	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
رخنمون سنگی ۵۰ تا ۷۵ درصد	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۲۴	۲
رخنمون سنگی ۲۵ تا ۵۰ درصد	۰/۷۳	۰/۰۶	۰/۳۹	۴
رخنمون سنگی کم‌تر از ۲۵ درصد	۲/۰۹	۰/۱۸	۰/۶۳	۶
رخنمون سنگی بیشتر از ۷۵ درصد	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۱۳	۱
پادگانه‌های آبرفتی جدید	۳/۱۸	۰/۲۷	۰/۹۹	۱۰
رسوبات رودخانه‌ای	۲/۰۹	۰/۱۸	۰/۶۳	۶
پادگانه‌های آبرفتی قدیم	۳/۱۸	۰/۲۷	۰/۹۹	۱۰

جدول ۷: وزن سازندهای زمین‌شناسی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

واحد	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
سرپانتینیت و هارزبوریت	۰/۸۹	۰/۰۵	۰/۲۴	۲
سنگ‌های ولکانیکی	۲/۲۳	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
ولکانیکی آئوسن	۲/۲۳	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
ملائز	۲/۲۳	۰/۱۳	۰/۶۳	۶
آهک کرتاسه	۱/۷۶	۰/۱	۰/۳۹	۴
پادگانه‌های آبرفتی	۳/۷۹	۰/۲۲	۰/۹۹	۱۰
کنگلومرا و مارن	۳/۷۹	۰/۲۲	۰/۹۹	۱۰

در ترکیب نقشه‌ها به روش منطق فازی، ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده با پنج عملگر فازی AND، فازی OR، حاصل ضرب فازی، حاصل جمع فازی و گامای فازی (۰/۱ تا ۰/۹) انجام شد. در ترکیب نقشه‌ها به روش منطق بولین، ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده با دو عملگر بولین AND و بولین OR صورت گرفته که نتایج آن در شکل ۵ ب و ج نشان داده شده است. در ترکیب نقشه‌ها به روش شاخص هم‌پوشانی، این مدل امکان ترکیب نقشه‌های بسیار مختلفی را امکان‌پذیر می‌سازد. در این تحقیق از روش ارزیابی چند معیار (MCE) برای ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده این مدل استفاده شد، شکل ۵ الف نقشه ترکیب لایه‌ها با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره تعیین مناطق پخش سیلاب در حوزه آبخیز فریمانه را نشان می‌دهد.

جدول ۸: وزن کلاس‌های نفوذپذیری خاک در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

کلاس نفوذ	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
خیلی زیاد	۴/۳۳	۰/۳۶	۰/۹۹	۱۰
زیاد	۲/۹۶	۰/۲۵	۰/۶۳	۶
متوسط	۲/۱۳	۰/۱۸	۰/۳۹	۴
کم	۱/۴۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۲
خیلی کم	۱/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۳	۱

جدول ۹: وزن گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فازی، بولین و شاخص هم‌پوشانی

گروه هیدرولوژیک	میانگین هندسی	اهمیت فازی	عدد بولین	شاخص هم‌پوشانی
A	۰/۴۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰
B	۳/۷۶	۰/۴۱	۰/۹۹	۱۰
C	۳/۷۶	۰/۴۱	۰/۹۹	۱۰
D	۱/۲۷	۰/۱۴	۰/۳۹	۴

صحت‌سنجی مدل

بعد از تکمیل ساخت اولیه مدل، توانایی آن برای شبیه‌سازی مشخصات و رفتار سیستم واقعی باید مورد آزمایش قرار گیرد. صحت‌یابی مدل مورد مطالعه از روش تطابق داده‌های مشاهده‌ای با خروجی مدل‌های مورد بررسی، انجام گرفت که در این روش علاوه بر صحت‌یابی کل مدل، می‌توان بهترین روش را از میان روش‌های مورد بررسی تعیین کرد. در راستای بررسی پتانسیل مناطق مستعد پخش سیلاب از سه روش منطق بولین، منطق فازی و شاخص هم‌پوشانی جهت ترکیب لایه‌های وزن‌دهی شده استفاده گردید. در نهایت، پس از استخراج نقشه‌های خروجی، هر یک از نقشه‌ها به پنج کلاس با فواصل یکسان که به صورت کاملاً نامناسب (اولویت پنج)، نامناسب (اولویت چهار)، متوسط (اولویت سه)، مناسب (اولویت دو) و بسیار مناسب (اولویت یک) مطابق جدول ۱۰ تقسیم گردید.

جدول ۱۰: فواصل کلاس‌ها در روش‌های مورد بررسی

کلاس‌ها	فواصل روش ارزیابی	فواصل عملگرهای فازی	فواصل عملگرهای بولین
۱ اولویت ۵	۰ تا ۲	۰ تا ۰/۲	۰ تا ۰/۵
۲ اولویت ۴	۲ تا ۴	۰/۲ تا ۰/۴	—
۳ اولویت ۳	۴ تا ۶	۰/۴ تا ۰/۶	—
۴ اولویت ۲	۶ تا ۸	۰/۶ تا ۰/۸	—
۵ اولویت ۱	۸ تا ۱۰	۰/۸ تا ۱	۱ تا ۰/۵

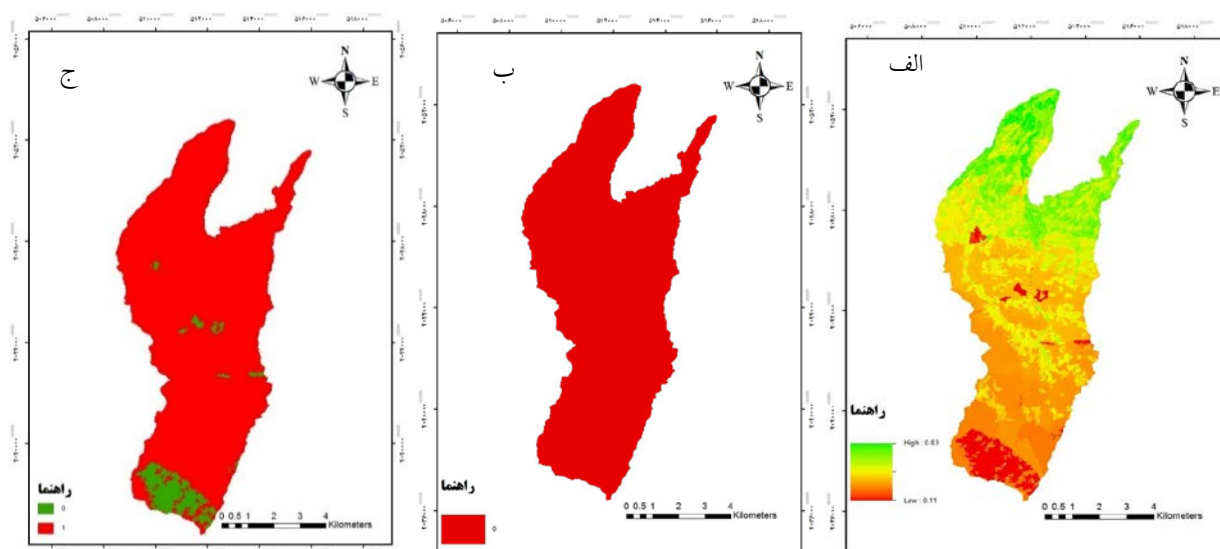
اطلاعات، نقشه رقومی جانمایی سازه‌ها (۱۱ نقطه) تهیه گردید. پس از تطابق نقاط مشاهده‌ای با خروجی مدل‌های مورد بررسی که به صورت پنج کلاس با فواصل یکسان تقسیم شده است. نتایج صحت‌یابی و مقدار درصد سطوح شامل شده هر یک از عملگرها مورد بررسی قرار گرفت. در صحت‌سنجی مدل منطق بولین، نتایج OR و بولین AND تطابق داده‌های مشاهده‌ای در دو روش بولین از عملگرهای منطق بولین به تفکیک کلاس‌های مورد بررسی در جدول ۱۱ نشان داده شده است. مقدار درصد سطوح شامل شده از عملگرهای منطق بولین OR و بولین AND در دو روش بولین به تفکیک کلاس‌های مورد بررسی نیز در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۱: تطابق فراوانی داده‌های مشاهده‌ای و درصد سطوح شامل شده هر یک از کلاس‌ها با نتایج منطق بولین

کلاس‌ها	بولین OR	بولین AND	بولین OR	بولین AND	درصد سطوح شامل شده
اولویت ۵	۰	۱۱	۴	۱۰۰	
اولویت ۴	۰	۰	۰	۰	
اولویت ۳	۰	۰	۰	۰	
اولویت ۲	۰	۰	۰	۰	
اولویت ۱	۱۱	۰	۹۶	۰	

در صحت‌سنجی مدل منطق فازی، نتایج تطابق داده‌های مشاهده‌ای در روش‌های فازی AND، فازی OR، حاصل ضرب فازی، حاصل جمع فازی و گامای فازی از عملگرهای منطق فازی به تفکیک کلاس‌های مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جداول ۱۲ و ۱۳ ارائه شده است.

در صحت‌یابی مدل، از نقاطی که توسط کارشناسان و مهندسین مشاور پیشنهاد شده بود استفاده شد. طی بازدیدهای میدانی، مختصات ثبت GPS جغرافیایی محل‌های مناسب جهت احداث سازه توسط و ضمن آن سایر اطلاعات سازه، برداشت گردید و بر اساس این



شکل ۵: نقشه ترکیب شده به روش بولین OR (الف) بولین AND (ب) و ارزیابی چند معیاره (ج) در پخش سیلاب

جدول ۱۲: تطابق فراوانی داده‌های مشاهده‌ای با نتایج عملگر گامای فازی

کلاس‌ها	مقادیر گاما								
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹
اولویت ۵	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۸	۸
اولویت ۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۳	۳
اولویت ۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اولویت ۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۳: تطابق فراوانی داده‌های مشاهده‌ای با نتایج عملگرهای فازی AND، فازی OR، حاصل ضرب فازی و حاصل جمع فازی

کلاس‌ها	فازی OR	فازی AND	حاصل جمع فازی	حاصل ضرب فازی
اولویت ۵	۰	۶	۰	۱۱
اولویت ۴	۰	۵	۰	۰
اولویت ۳	۰	۰	۰	۰
اولویت ۲	۳	۰	۰	۰
اولویت ۱	۸	۰	۱۱	۰

مقدار درصد سطوح شامل شده در روش‌های فازی AND، فازی OR، حاصل ضرب فازی، حاصل جمع فازی و گامای فازی از روش‌های منطق فازی به تفکیک کلاس‌های مورد بررسی در جداول ۱۴ و ۱۵ ارائه شده است.

جدول ۱۵: درصد سطوح شامل شده هر یک از کلاس‌ها در عملگرهای فازی

کلاس‌ها	فازی OR	فازی AND	حاصل جمع فازی	حاصل ضرب فازی
اولویت ۵	۰/۰۳	۶۴	۰	۱۰۰
اولویت ۴	۱۷	۳۶	۰	۰
اولویت ۳	۰/۱۲	۰	۰	۰
اولویت ۲	۰/۷	۰	۰/۰۴	۰
اولویت ۱	۸۲/۱۵	۰	۹۹/۹۶	۰

در صحت‌سنجی مدل شاخص هم‌پوشانی، نتایج تطابق داده‌های مشاهده‌ای در روش ارزیابی چند معیاره از روش‌های شاخص هم‌پوشانی به تفکیک کلاس‌های مورد بررسی در جدول ۱۶ نشان داده شده است. مقدار درصد سطوح شامل شده در روش ارزیابی چند معیاره از روش‌های شاخص هم‌پوشانی به تفکیک کلاس‌های در جدول ۱۸ نشان داده شده است.

جدول ۱۶: تطابق فراوانی داده‌های مشاهده‌ای و درصد سطوح شامل شده هر یک از کلاس‌ها با نتایج روش ارزیابی چند معیاره

کلاس‌ها	تطابق فراوانی	درصد سطوح شامل شده
اولویت ۵	۰	۱۶/۴
اولویت ۴	۶	۲۹/۸۸
اولویت ۳	۵	۲۸/۲۴
اولویت ۲	۰	۲۲/۰۶
اولویت ۱	۰	۳/۴۲

جدول ۱۴: درصد سطوح شامل شده هر یک از کلاس‌ها در عملگر گامای فازی

کلاس‌ها	مقادیر گاما								
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹
اولویت ۵	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۱۷	۹۷/۰۴	۹۶/۸۵	۷۶/۲۴	۷۳/۵۱	۵۰/۳۸	۵۰/۲۹
اولویت ۴	۰	۰	۲/۸۳	۲/۹۶	۳/۱۵	۲۲/۳	۲۴/۱	۲۶/۷۳	۲/۲۶
اولویت ۳	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۴۶	۲/۳۹	۱۹/۰۴	۲۵/۱۴
اولویت ۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۸۵	۱۹/۷۲
اولویت ۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۱۷

در انتخاب بهترین عملگرها بر اساس نتایج به دست آمده با در نظر گرفتن عامل سطح در کلاس بسیار مناسب (عملگرهای با مقدار درصد سطوح بالا در کلاس بسیار مناسب سیستم پخش سیلاب در عمل به عنوان روش های نامناسب شناخته و حذف شد) بر اساس نتایج مشاهده می گردد که عملگرهای فازی OR، بولین OR و حاصل جمع فازی دارای مقادیر بسیار بالایی از سطح می باشند، که عملاً به عنوان روش های نامناسب جهت پخش سیلاب به شمار می آیند. یعنی این روش ها بیش تر سطح حوضه را مناسب توسعه پخش سیلاب تشخیص داده اند که عملاً دارای توجیه اجرایی نیست و قدرت اولویت بندی این مدل ها ضعیف تشخیص داده شد. هم چنین عملگرهای دارای بیش ترین فراوانی و سطح در اولویت پنج و پراکنش نامناسب فراوانی در اولویت های بعدی نیز نامناسب تشخیص داده شده و حذف می شوند. بنابراین عملگرهای بولین AND، فازی AND، فازی با گامای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷ و حاصل ضرب فازی حذف شدند. و عملگرهای فازی با گامای ۰/۸، ۰/۹ و ارزیابی چند متغیره که دارای بیش ترین تطابق با داده های مشاهداتی بودند به عنوان بهترین روش های ترکیب لایه ها در سیستم پخش سیلاب در حوضه مورد مطالعه انتخاب گردیدند.

نتیجه گیری

در تلفیق لایه ها به روش منطق بولین نتیجه گیری می شود که در عملگر بولین AND، به علت اینکه تعداد کل داده های مشاهده ای در اولویت پنج قرار می گیرد و در عملگر بولین OR با وجود قرارگیری درصد بالایی از داده های مشاهده ای در اولویت یک به عنوان روش مناسب جهت تلفیق لایه ها در انتخاب محل مناسب جهت پخش سیلاب انتخاب نمی گردند.

در مقایسه این نتیجه با نتایج موجود در منابع از قبیل محمودی و همکاران [۶]، که جهت تعیین مکان های مناسب پخش سیلاب در یکی از زیرحوضه های چهاردانگه استان مازندران از روش بولین و شاخص هم پوشانی استفاده کردند نتایج نشان داد که روش ارزیابی چند معیاره از روش های مدل شاخص هم پوشانی، حساسیت و دقت بالاتری نسبت به روش عملگر بولین AND و OR از روش های مدل بولین دارا می باشد. این موضوع هم خوانی نتایج دو مطالعه را نشان می دهد. تحقیق انجام شده توسط مهرورز مغانلو [۸] که برای تعیین مکان های مناسب پخش سیلاب در دشت کواترنری تسوج جهت ترکیب لایه ها از منطق بولین، روش شاخص هم پوشانی و عملگرهای منطق فازی استفاده کرده بود، نشان داد که مدل منطق فازی بیش ترین و مدل بولین کم ترین تطابق را با مناطق کنترل شده دارد. هم چنین زهتاییان و همکاران [۱۸] تحقیقی در حوزه آبخیز طغرود قم به منظور تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب انجام دادند. عمل ترکیب لایه ها با استفاده از منطق فازی و منطق بولین اجرا شد که پس از کنترل منطقه جهت ارزیابی مدل، نتیجه شده که مدل منطق بولین در انتخاب محل های مناسب پخش سیلاب درستی و کاربرد

کمی دارد. که بیانگر هم خوانی این تحقیق ها با تحقیق پیش رو در خصوص دقت پایین مدل بولین است. نتایج کریمی و همکاران [۵] در مکان یابی عرصه های مناسب پخش سیلاب نشان داد که مناسب ترین عرصه ها منطق بر شیب کم تر از یک درصد، دارای رسوبات نفوذپذیر با ضخامت آبرفت بالا، فاصله کم تر از ۱۰ متر از شبکه زهکشی، کاربری با قابلیت انتقال بالا و بارندگی بیش از ۱۱۰ میلی متر است. هم چنین نتایج کارایی مدل را در حد قابل قبولی نشان داد که عدم هم خوانی نتایج دو مطالعه را نشان می دهد.

در تلفیق لایه ها به روش عملگرهای منطق فازی نتیجه گیری می شود که عملگرهای حاصل ضرب فازی و فازی AND به علت اینکه درصد بالایی از داده های مشاهده ای در اولویت پنج (کلاس کاملاً نامناسب) و عملگرهای فازی OR و حاصل جمع فازی کل داده های مشاهده ای در اولویت یک (کلاس بسیار مناسب)، جهت پخش سیلاب، قرار می گیرند. به عنوان روش های مناسبی جهت تلفیق لایه ها در انتخاب محل مناسب جهت پخش سیلاب، انتخاب نمی گردند.

در عملگر گامای فازی که در این تحقیق از گاماهای ۰/۱ تا ۰/۹ استفاده شده بود، مشاهده گردید که در سیستم پخش سیلاب مقادیر گاماهای بالاتر مناسب می باشد. به طوری که، بر اساس نتایج به دست آمده نتیجه گیری می گردد که با افزایش گاما، تعداد داده های مشاهده ای از سیستم پخش سیلاب در دو کلاس اول از نقشه های خروجی، افزایش پیدا می کند. این روند افزایشی در محدوده گامای بین ۰/۸ تا ۰/۹ به طور چشم گیری می باشد. در این محدوده گاما به علت دربرگیری مناسب داده ها در همه کلاس های (اولویت یک تا پنج) سیستم پخش سیلاب، به عنوان بهترین محدوده گامایی در تلفیق لایه ها، از بین عملگرهای مورد بررسی در منطق فازی می باشد. همچنین هر چه از محدوده گامای ۰/۸ تا ۰/۹ به گامای یک نزدیک می شویم، به علت شامل شدن درصد بسیار بالایی از منطقه در کلاس نامناسب جهت پخش سیلاب، که هم خوانی کم تری با داده های مشاهده ای دارد، به عنوان گاماهای نامناسب جهت تلفیق لایه ها در این تحقیق به حساب می آید.

در مقایسه نتایج به دست آمده از مدل منطق فازی در این تحقیق با تحقیقات ارائه شده، مشاهده گردید که برخلاف نتایج حاصل از این تحقیق، زهتاییان و همکاران [۱۸] در تعیین مناطق مناسب جهت پخش سیلاب با بهره گیری از منطق فازی و منطق بولین در محیط Arc GIS نتیجه گرفتند که مدل گاما (۰/۱ تا ۰/۳) در منطق فازی بیش ترین هم پوشانی را با منطقه مورد نظر دارد، هم چنین با افزایش گاما درستی انتخاب محل کاهش یافته است. هم چنین در تحقیقی که دادرسی سبزواری و خسروشاهی [۳] به منظور تعیین بهترین مدل در مکان یابی عرصه های مستعد پخش سیلاب در شش شهرستان خراسان رضوی انجام دادند، از مدل های بولین، فازی و شاخص هم پوشانی جهت ترکیب لایه ها استفاده شد که پس از صحت یابی و

روش‌ها ۱۶/۴، ۵۰/۳۸ و ۵۰/۲۹ درصد سطح حوضه در کلاس کاملاً نامناسب، ۲۹/۸۸، ۲۶/۷۳ و ۲/۲۶ درصد سطح حوضه در کلاس نامناسب، ۲۸/۲۴، ۱۹/۰۴ و ۲۵/۱۴ درصد سطح حوضه در کلاس متوسط، ۲۲/۰۶، ۳/۸۵ و ۱۹/۷۲ درصد سطح حوضه در کلاس مناسب و ۳/۴۲، ۰ و ۳/۱۷ درصد سطح حوضه در کلاس بسیار مناسب برای اجرای پخش سیلاب قرار دارند. از بین نه پارامتر، پارامترهای شیب، پوشش گیاهی و نفوذپذیری بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص دادند.

منابع

1. Al-shabeeb, A.R.R. 2015. A modified analytical hierarchy process method to select sites for groundwater recharge in Jordan. Ph.D. thesis, University of Leicester, 204 pp.
2. Brown, F.M. 2003. Boolean reasoning the logic of Boolean equations. Dover publications, 304 pp.
3. Dadrasi, A., khosroshahi, M. 2008. Desertification control via identification of suitable areas for flood control by application of conceptual models. Iranian Journal of Range and Desert research, 15(2): 227–241. (In Persian)
4. Jafari, S.M. 2000. Investigation of the influencing factors on the site selection for the potential zones of flood spreading operations. 2nd Conference on the Achievements of Flood Distribution Station, Iran. (In Persian)
5. Karimi, H., Naseri, F., Naderi, A. 2013. Determination of suitable localities for flood spreading and artificial recharge using BLM model in Chardavol basin, Ilam province. Iranian journal of Watershed Management Science & engineering, 7(21): 71–75. (In Persian)
6. Mahmoudi, M., Ghafourinia, A., Molaei-Kandelous, M. 2007. Determination of suitable localities for flood spreading using integrated models in ILWIS by GIS software. 4th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Management of Watersheds, Iran. (In Persian)
7. Mohammadnezhad-Arough, V., Asghari, S., Gol-Mohammadzadeh, B. 2013. Preparation of groundwater potential zones map using MIF and GIS case study of Uremia. Journal of Quantitative Geomorphology Research, 2(3): 45–58. (In Persian)
8. Mehrvarz-Moghanloo, K. 2003. Investigation of quaternary deposits in order to determine potential areas for flood spreading. Case study: Tasuj plain. M.Sc. thesis,

هم‌چنین وزن‌دهی و ترکیب لایه‌ها مشاهده گردید که عملکرد حاصل جمع فازی از عملگرهای مدل منطق فازی با بیش از ۶۶/۵ درصد انطباق با واقعیت، از کارایی بالایی نسبت به سایر روش‌ها در تعیین عرصه‌های مستعد پخش سیلاب، برخوردار است. نتیجه این تحقیق با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد اما شکایا و همکاران [۱۵] تحقیقاتی در زمینه ارزیابی زمین برای انتخاب مکان‌های مناسب پخش سیلاب انجام دادند و با ساخت لایه‌های متعدد اطلاعاتی، روی هم‌اندازی و وزن‌دهی از طریق مدل‌های مختلف، مدل منطق فازی را به‌عنوان مناسب‌ترین استراتژی برای مکان‌یابی اعلام کردند، که به‌طور مشابه در تحقیق حاضر نیز فازی با گامای ۰/۸ و ۰/۹ مناسب ارزیابی گردید.

در تلفیق لایه‌ها به روش ارزیابی چند معیاره، به علت تطابق زیاد نتایج حاصل از این روش با داده‌های مشاهده‌ای، به‌عنوان روشی مناسب جهت انتخاب محل‌های مناسب برای پخش سیلاب در حوضه مورد مطالعه انتخاب شد. در همین رابطه مهرورزمغانلو [۸] تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب در دشت رسوبات کواترنری تسوج تبریز را با GIS و ILWIS مطالعه کرد. با ترکیب لایه‌ها و استفاده از منطق بولین، شاخص هم‌پوشانی و عملگرهای منطق فازی و مقایسه با مناطق کنترل شده پخش سیلاب، نقشه مکان‌یابی هر مدل آماده شد. نتایج نشان داد که منطق فازی بیش‌ترین تطابق را با مناطق کنترل دارد و می‌تواند به‌عنوان بهترین مدل ترکیبی برای تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب در منطقه باشد که این نتایج با یافته‌های روش شاخص هم‌پوشانی تحقیق مطابقت ندارد.

جمع‌بندی

در این پژوهش نقشه‌های وزن‌دهی و ترکیب شده پارامترهای مؤثر در پخش سیلاب مورد بررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که، جهت وزن‌دهی پارامترها از روش‌های تابع عضویت ذوزنقه‌ای و مثلثی فازی و روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی، منطق بولین، شاخص هم‌پوشانی و جهت ترکیب لایه‌ها از عملگرهای منطق بولین، منطق فازی و شاخص هم‌پوشانی استفاده گردید و نتایج هر یک از روش‌ها به‌صورت نقشه‌های رستری با اندازه سلولی ۱۰۰×۱۰۰ متر در محیط GIS به دست آمد. در ادامه به صحت‌یابی نتایج انواع عملگرهای مدل مورد بررسی با داده‌های میدانی اقدام گردید. این صحت‌یابی بر اساس مقدار فراوانی سیستم‌های مورد بررسی در هر یک از کلاس‌ها و درصد سطوح پوشش داده شده هر کلاس انجام گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که روش فازی با گامای ۰/۸، ۰/۹ و ارزیابی چند متغیره بیش‌ترین تطابق را با داده‌های میدانی داشتند و به‌عنوان روش‌های مناسب در تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب انتخاب شدند.

در نهایت با تطبیق نتایج به دست آمده با داده‌های مشاهده‌ای نتیجه شد که روش‌های ارزیابی چند معیاره، گامای ۰/۸ و ۰/۹ فازی، بیش‌ترین تطابق را با داده‌های مشاهده‌ای داشتند، و به‌ترتیب در این

14. Sedaghat, M. 2008. Land and water resources (groundwater). Payame Noor University Press, Tehran, Iran. (In Persian)
15. Shakiba, A., Ziaecian, P., Matkan, A., Fathi-Bani Ardakani, A. 2008. Site selection of the potential zones for flood spreading using GIS and RS in Varamin Plain. 3rd Iranian Water Resources Management Conference, Iran. (In Persian)
16. Shereif, H. M., Alazba, M. T. 2014. Identification of potential sites for groundwater recharge using a GIS-Based decision support system in Jazan Region-Saudi Arabia. *Water Resources Management*, 28: 3319–3340.
17. Tahmasebi, R. 2006. Rainwater harvesting. Publications of Institute for Applied Higher Education in Agricultural Jihad, Tehran, Iran. (In Persian)
18. Zehtabian, GH. R., Alavi panah, S.K., Hamed-panah, H. 2002. Efficacy of various models for flood water spreading site selection. *Biaban*, 1: 19–29. (In Persian)
9. Ministry of Energy. 2005. Groundwater recharge standard guide. 150th Anniversary. Ministry of Energy publication, Tehran, Iran. (In Persian)
10. Nag, S., Ghosh, P. 2013. Delineation of groundwater potential zone in Chhatna Block, Bankura. District, West Bengal, India using remote sensing and GIS techniques. *Environmental Earth Sciences*, 70(5): 2115–2127.
11. Naghsh-Ab-Toos Consulting Engineers. 2010. Report of the study on the evaluation of Frimaneh watershed resources. Natural Resources Office of Khorasan-Razavi Province, Mashhad, Iran. (In Persian)
12. Ravi-Shankar, M.N., Mohan, G. 2005. A GIS based hydrogeomorphic approach for identification of site specific artificial-recharge techniques in the Deccan volcanic province. *Journal Earth system science*, 114: 505–514.
13. Reij, C., Mulder, P., Begemann, L. 1988. Water harvesting for plant production [World Bank Technical Series ed.]. The World Bank, Washington, D.C., USA.



Abstract

Determining the Appropriate Areas for Flood Spreading Using Decision Making and Geographic Information System in Farimaneh Watershed, Joghatay CountyH. Dastorani¹, M. Bashiri ^{*2} and A. Maroosi³

Received: 2021/02/12 Accepted: 2021/10/25

In arid and semi-arid regions where there is low rainfall with inappropriate distribution, one of the ways to use floods is to spread them in susceptible areas. The aim of this study is to find the best place for flood spreading using GIS and decision-making methods in Farimaneh watershed. For this purpose, the slope, topography (altitude levels), geology, land use type, soil permeability, geomorphology, geological formations, vegetation, and soil factors were used. For weighting the quantitative variables, fuzzy logic with trapezoidal and triangular membership function, and for qualitative variables, fuzzy logic with hierarchical analysis was used. Flood spreading prone areas were presented using GIS and the concepts of layer integration from fuzzy logic, Boolean logic, and overlay index methods. To determine and prioritize susceptible areas the Boolean operators AND OR, fuzzy AND OR, Fuzzy algebraic and sum-product, fuzzy gamma from 0.1 to 0.9, and multi-criteria evaluation was used. By comparing the obtained results with the observational data, it was concluded that the Fuzzy and, multi-criteria evaluation and fuzzy gamma 0.8 and 0.9 methods were most consistent with the observational data and among these methods, the multivariate evaluation method was found to be more appropriate. Also, among the parameters, slope, vegetation cover, and permeability had the highest weights.

Keywords:AHP, Boolean logic, Fuzzy logic, GIS, Overlay index,

1. M.Sc. in Watershed Management, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh

2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Corresponding Author, Email: m.bashiri@torbath.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Computer Engineering, University of Torbat Heydarieh, Email: ali.maroosi@torbath.ac.ir