نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۳، شماره ۴، ۱۴۰۰، صفحات ۷۴۶-۷۵۷

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 13, Issue 4, 2022, Pages 746-757
DOI: 10.22092/ijwmse.2020.121421.1473

مقایسه مدل‌های مختلف تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی مناطق مستعد برای احداث سطوح آبگیر باران با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیائی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کن

محمدجعفر سلطانی*[۱]، امیر سررشته‌داری[۲] و صمد شادفر[۳]

[۱ و ۲] مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ، تهران، ایران و [۳] دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶

چکیده

پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک، علاوه بر ایجاد سیلاب‌های مخرب موجب هدررفت رواناب سطحی می‌شود. از این‌رو، مهار رواناب سطحی و بهره‌برداری مناسب از آن، از طریق احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران می‌تواند راهکار مناسبی برای جلوگیری از هدررفت آب باشد. شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد احداث سامانه‌ها برای استفاده بهینه از نزولات جوی یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده در استفاده بهینه از منابع آب است. از سوی دیگر، تعیین مکان‌های مناسب و پهنه‌بندی با استفاده از روش‌های سنتی و متداول بسیار دشوار بوده، بیشتر باعث بروز خطا می‌شود. سامانه اطلاعات جغرافیایی، ابزارها و تکنیک‌های آن توانایی آن‌را دارد که با تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف با بیشینه دقت و در کمترین زمان ممکن در مکان‌یابی این مناطق مورد استفاده قرار گیرد. محدوده مورد مطالعه حوزه آبخیز کن در شمال تهران است که مساحتی حدود ۱۹۷ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. هدف از این پژوهش، مقایسه مدل‌های مختلف تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در تعیین مکان‌های مناسب احداث سامانه‌های سطوح آبگیر با استفاده از نقشه‌های شیب، واحد اراضی، بارش، پوشش گیاهی مرتعی، پوشش گیاهی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، زمین‌شناسی، هوا و اقلیم و کاربری بوده است که در محیط GIS و با کمک مدل‌های مختلف تلفیق لایه‌های اطلاعاتی انجام شده است. نقشه کاربری اراضی از داده‌های ماهواره لندست 8 (ETM^+) سال ۲۰۱۴ و مطالعات میدانی استخراج شده‌اند. سپس، به لایه‌های اطلاعاتی با توجه به میزان اهمیت هر یک در پهنه‌بندی وزن خاصی داده شد. با تلفیق لایه‌ها در قالب مدل‌های Boolean logic، Index overlay و Fuzzy logic و مقایسه با عرصه‌های کنترلی (عرصه‌های اجرا شده به‌وسیله وزارت جهاد کشاورزی) نقشه مکان‌های مناسب احداث در هر مدل به‌دست آمد. نتایج نشان داد که عملگرهای gamma=۰/۲، gamma=۰/۳ و Product از مدل fuzzy logic بیشترین هم‌پوشانی را با عرصه‌های کنترلی داشته، بهترین مدل تلفیق برای تعیین مکان‌های مناسب احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران در منطقه مورد مطالعه هستند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، مهار سیلاب، وزن‌دهی، Boolean logic، Fuzzy logic

* مسئول مکاتبات: soheilsoltani@yahoo.com

مقدمه

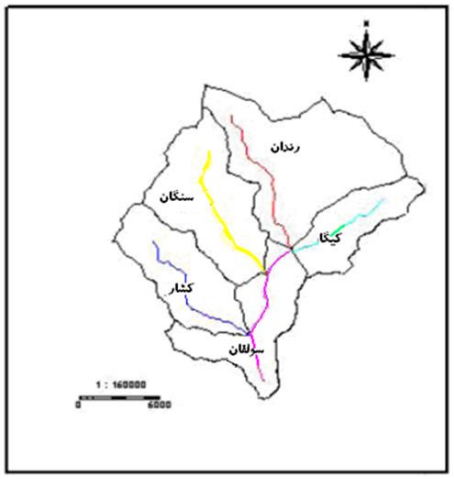
تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن اهمیت هر لایه در مکان‌یابی نمی‌تواند ارزش واقعی لایه‌های اطلاعاتی را در تلفیق دخالت دهد و واحدهای با ارزش متفاوت در یک طبقه قرار می‌گیرند. به‌طور مثال، در تعیین مکان مناسب پخش سیلاب از طریق استخراج اشتراک مکان‌های مناسب در کلیه نقشه‌ها، لایه اطلاعاتی که اهمیت کمتری در مکان‌یابی نسبت به بقیه دارد، در محدود کردن مناطق به اندازه سایر لایه‌ها دخالت خواهد کرد و شانس انتخاب را از مناطقی که از نظر آن لایه اطلاعاتی کم ارزش، نامطلوب هستند، می‌گیرد. سامانه اطلاعات جغرافیایی این قابلیت را دارد که ارزش هر لایه و هر واحد در تلفیق دخالت داده شود و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف انجام پذیرد. این مدل‌ها بر حسب تئوری تلفیق، تعداد لایه‌های اطلاعاتی و ارزش هر لایه در تلفیق متفاوت خواهد بود.

به‌طور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای خارج با استفاده از چندین عامل پیش‌بینی می‌کند. هر چه عوامل مرتبط بیشتری در یک مدل انتخاب شود دقت مدل بالاتر خواهد بود و از طرفی، افزایش عوامل و داده‌ها هزینه مدل را افزایش داده، مدل را پیچیده‌تر می‌کند و لذا بهترین مدل، مدلی است که با کمترین عوامل بهترین نتیجه را ارائه دهد. کیفیت مدل به داده‌های انتخاب شده و چگونگی سازماندهی آن‌ها، محدود می‌شود (Aronof، ۱۹۸۹).

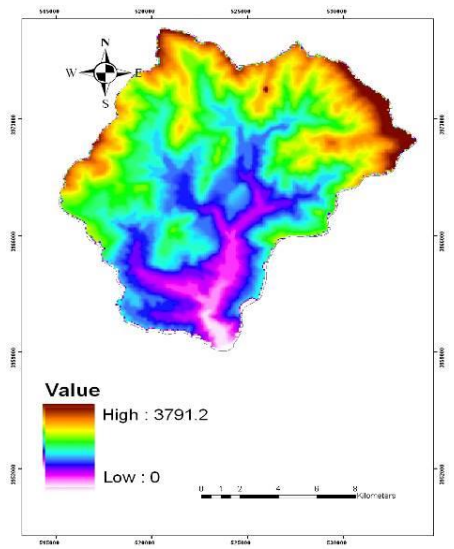
Krishnamurthy و همکاران (۱۹۹۶) برای تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی در جنوب هند، عوامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، گسل‌ها و شکستگی‌ها، آب سطحی، زهکشی، تراکم آبراهه و شیب را مطالعه کرده، هر یک از نقشه‌های فوق را بر اساس اهمیت آب‌های زیرزمینی به طبقات عالی، خیلی خوب، خوب، متوسط و فقیر تقسیم‌بندی کردند و در نهایت، برای هر یک از نقشه‌ها بر اساس اهمیت آن‌ها وزن داده، به روش گام به گام با یکدیگر تلفیق و در نهایت، نقشه اراضی مستعد تغذیه مصنوعی را به‌دست آوردند. این تحقیق، بیانگر آن است که مناطق مناسب (طبقات عالی) برای این منظور محدوده کواترنر و شیب کمتر از پنج درصد است. Saraf و Choudhury (۱۹۹۸)، در ناحیه مادایا پرادش در نواحی مرکزی هند و با بارش حدود ۱۰۴۰ میلی‌متر در سال، مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی را تعیین کردند. آن‌ها از نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و توپوگرافی برای مکان‌یابی استفاده کرده، آن‌ها را طبقه‌بندی کردند و در نهایت، با تلفیق لایه‌های ذکر شده، عرصه‌های مناسب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی را به‌دست آوردند. با مقایسه نقشه موجود با داده‌های اندازه‌گیری شده، مشخص شد که روش استفاده شده منطقی بوده است. Hashemi Tangestani و Raoufat (۲۰۰۰) تحقیقی را برای کاربرد مدل منطقی logic Boolean در سامانه اطلاعاتی جغرافیایی و با هدف مدیریت منابع طبیعی در منطقه بیابانی اشکنان لامرد انجام داده‌اند. در این تحقیق از اپراتورهای AND و OR مدل تحلیل Boolean استفاده شد و پس از تلفیق لایه‌ها، مدل برنامه‌های مختلف مدیریت جامع منابع طبیعی در مناطق بیابانی، پهنه‌های مناسب شناسایی و طبقه‌بندی شدند.

مواد و روش‌ها

مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه: حوضه کن در شمال تهران و بین عرض‌های ″۴۹ ′۴۵ °۳۵ تا ″۱۱ ′۵۷ °۳۵ و طول‌های ″۵۳ ′۰۹ °۵۱ تا ″۲۹′۲۲°۵۱ واقع است که مساحتی حدود ۱۹۷ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد (شکل ۱). این حوضه با حوضه‌های حصارک در غرب، جاجرود در شمال و شمال شرقی، سد کرج در شمال و شمال غرب، حوضه وردیج در شرق و شهر تهران در جنوب هم مرز است. حوضه کن در یک منطقه کوهستانی قرار گرفته که کوه‌های با شیب تند بیش از ۷۵ درصد منطقه را می‌پوشاند. اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقطه حوضه ۲۰۰۰ متر است، به‌طوری‌که بلندترین نقطه حدود ۳۴۰۰ و پست‌ترین نقطه در خروجی حوضه دارای ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا هستند. در این منطقه، اختلاف ارتفاع، شیب‌های تند و شیب رودخانه‌ها باعث ایجاد جریان‌های خیلی سریع شده است.



شکل ۱- موقعیت زیرحوضه‌ها و رودخانه‌های اصلی آن‌ها



شکل ۲- مدل رقومی ارتفاعی

این حوضه به لحاظ داشتن آب و هوای کوهستانی و توپوگرافی شدید و بعضاً داشتن اراضی مسطح در وسعت کم، اغلب دارای کاربری‌های مرتعی، تفریحی و باغداری است. محدودیت‌هایی از قبیل شیب زیاد، خاک کم عمق و آب خارج از دسترس، اهالی را از داشتن کمترین استفاده از امکانات طبیعی با مشکل مواجه کرده است. امروزه سیل هجوم اهالی خوش-نشین تهران به اراضی کوهپایه‌ای موجبات افزایش ارزش اراضی حوضه شده است. رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای بوده، فصل مرطوب بر دوره سرد سال و فصل خشک بر دوره گرم سال متمرکز است. متوسط بارندگی سالانه حوضه ۶۲۵ میلی‌متر (متوسط بارندگی داخل تهران ۲۵۰ میلی‌متر) است و گرادیان بارندگی از معادله (۱) با R=0.974 پیروی می‌کند.

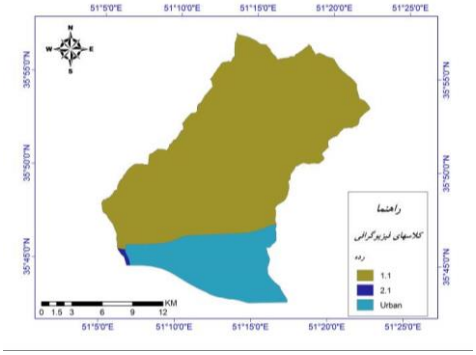
$$P = -153.3 + 0.332H \pm 20 \qquad (۱)$$

این حوضه از پنج رودخانه به نام‌های امامزاده داود، رندان، تالون، کشار و سنگان تشکیل شده که در پایین‌دست حوضه (قبل از ورود به دشت) رودخانه کن و سولقان را تشکیل می‌دهند. غیر از شش رودخانه نامبرده، آبشار دره‌حیدر واقع در شمال ده‌رندان، چشمه گوزن در امامزاده داود و چشمه محمود در شمال ده‌کشارسفلی از منابع مهم آبی و از جاذبه‌های طبیعی این حوضه هستند. دبی متوسط رودخانه کن بالغ بر ۲/۲ متر مکعب در ثانیه و حجم آب سالانه آن نیز حدود ۷۰ میلیون متر مکعب است. در منطقه مورد مطالعه، چهار ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که عبارتند از کیگا، کشار، رندان و سولقان. بعد از بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که از بین این ایستگاه‌ها تنها ایستگاه سولقان دارای آمار مناسب و قابل اعتمادی است. به‌منظور تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی منطقه از نقشه‌های خاک‌شناسی تهیه شده در دفتر مطالعات منابع طبیعی استان تهران استفاده شده است. در نقشه‌های خاک‌شناسی بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک، ساختمان خاک، سنگ‌ریزه خاک، عمق، نوع سنگ بستر، سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی و پوشش گیاهی در هر واحد تعیین شده است. با استفاده از این خصوصیات و عمدتاً با تکیه بر بافت خاک، عمق و سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک به کمک نرم‌افزار ArcGIS و با توجه به استاندارد گروه‌های خاک ارائه شده به‌وسیله SCS تهیه شد.

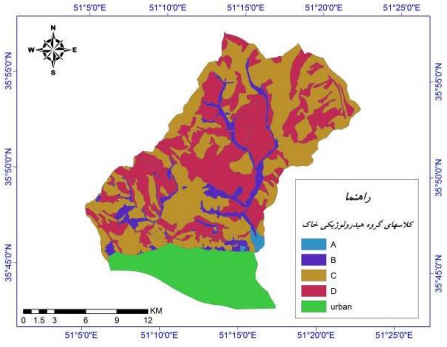
روش تحقیق: ابتدا منطقه مورد مطالعه مشخص شده، سپس، شاخص‌های مورد ارزیابی در مکان‌یابی و پهنه‌بندی عرصه‌های مستعد با توجه به میزان اهمیت هر یک در منطقه مورد مطالعه و امکان دسترسی به آمار و اطلاعات انتخاب شده‌اند که در مرحله بعد با استفاده از ArcGIS نسبت به تهیه نقشه‌های موضوعی و وزنی و تلفیق آن‌ها با کمک مدل‌های مختلف اقدام شد.

تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز و وارد کردن آن‌ها به محیط GIS: برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی

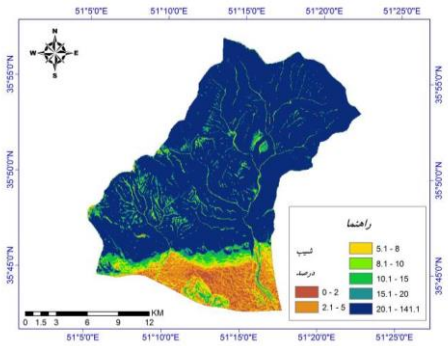
ذکر شده با توجه به منابع اطلاعاتی موجود به سه طریق متفاوت بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل شیب، واحدهای اراضی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی با استفاده از نقشه‌های پایه موجود، بهره‌گیری از مدل‌های زمین‌آمار در محیط GIS برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل هوا و اقلیم و بارش و بهره‌گیری از جش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه لایه اطلاعاتی کاربری اراضی.



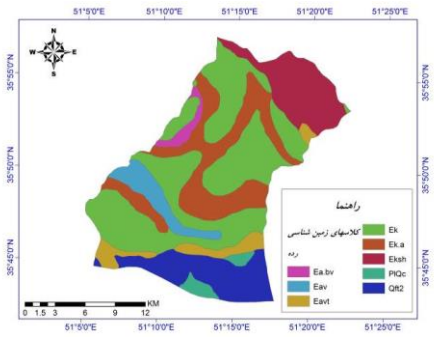
شکل ۳- طبقات فیزیوگرافی



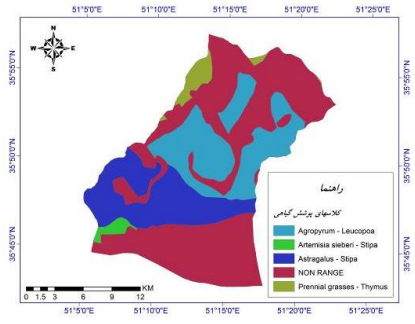
شکل ۴- طبقات گروه هیدرولوژیکی خاک



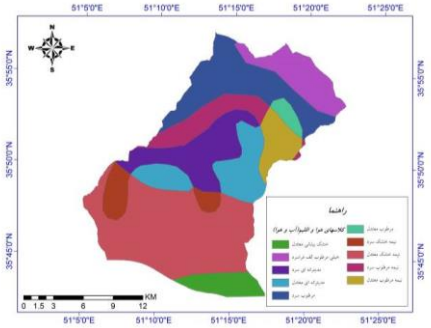
شکل ۵- طبقات شیب



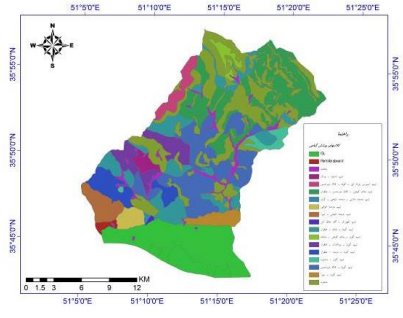
شکل ۶- طبقات زمین‌شناسی



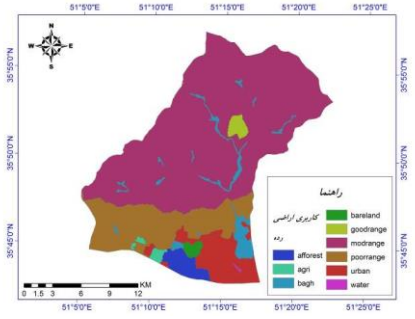
شکل ۷- طبقات پوشش گیاهی



شکل ۸- طبقات هوا و اقلیم



شکل ۸- پوشش گیاهی



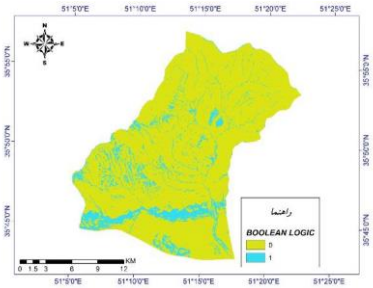
شکل ۹- کاربری اراضی

معیارهای مکان‌یابی و تعیین وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی: در این پژوهش، نه معیار شیب، واحدهای اراضی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی مرتعی، پوشش گیاهی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، هوا و اقلیم، کاربری اراضی و بارش مورد بررسی قرار گرفتند که البته معیار کاربری اراضی در مدل‌های تلفیق وارد نشده، فقط برای جداسازی اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی با استناد به منابع مختلف در مکان‌یابی مناطق مستعد با استفاده از RS و GIS (Saraf و Choudhury، ۱۹۹۸؛ Krishnamurthy، ۱۹۹۶) و اعمال نظر کارشناسی به‌دست آمد.

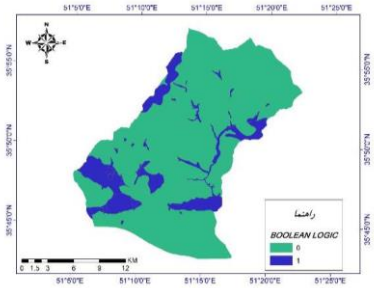
مدل‌های تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در تعیین مناطق مناسب احداث سامانه: به‌طور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چندین عامل ارائه می‌کند. معمولا هر چه عوامل بیشتری در ارائه یک مدل انتخاب شود، دقت مدل بالاتر خواهد بود و از طرفی، افزایش عوامل و داده‌ها هزینه ارائه مدل را افزایش داده، همچنین، مدل را پیچیده‌تر می‌کند. بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارائه کند. در مکان‌یابی مناطق مستعد عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه اهمیت متفاوت در مکان‌یابی تأثیر گذارند. اما در ارائه یک مدل برای مکان‌یابی، تمامی لایه‌های اطلاعاتی را نمی‌توان وارد مدل کرد.

نتایج و بحث

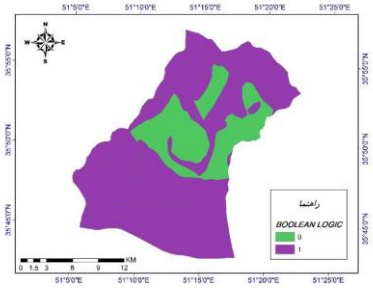
الف) مدل منطق بولین: وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در این مدل بر اساس منطق صفر و یک است. یعنی در نقشه‌های پایه هر واحد از نظر استعداد یا مناسب است یا نامناسب و حد وسطی وجود ندارد. در نقشه‌های نهایی و تلفیق یافته نیز هر پیکسل یا مناسب و یا نامناسب تشخیص داده می‌شود. این مدل دارای اپراتورهای NOT، AND و OR است. بر اساس نظریه مجموعه‌ها، اپراتور AND اشتراک و اپراتور OR اجتماع مجموعه‌ها را استخراج می‌کند. یعنی در اپراتور AND فقط پیکسلی که در تمامی نقشه‌های پایه ارزش یک دارد، در نقشه نهایی ارزش یک خواهد داشت و جزو مناطق مناسب قرار می‌گیرد. اما در اپراتور OR پیکسلی که فقط از نظر یک نقشه پایه مناسب بوده، ارزش یک داشته باشد و از لحاظ سایر لایه‌های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد، در نقشه خروجی و تلفیق یافته ارزش یک داشته، مناسب تشخیص داده می‌شود (Ghermezcheshmeh و همکاران، ۲۰۰۰).



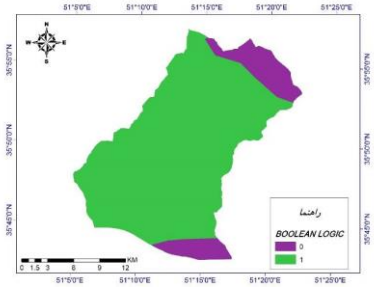
شکل ۱۰- نقشه شیب در مدل بولین



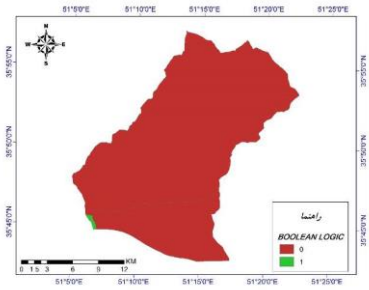
شکل ۱۱- نقشه طبقات پوشش گیاهی در مدل بولین



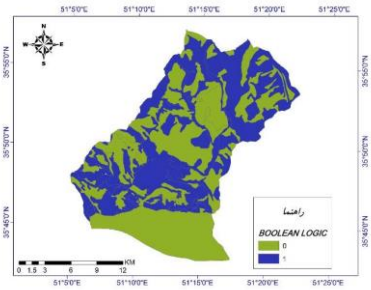
شکل ۱۲- نقشه پوشش گیاهی در مدل بولین



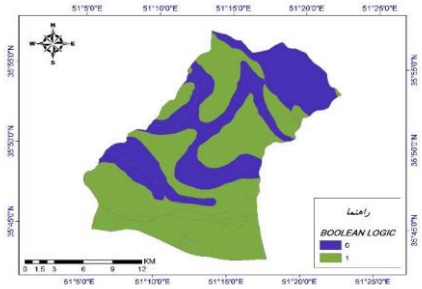
شکل ۱۳- نقشه طبقات هوا و اقلیم در مدل بولین



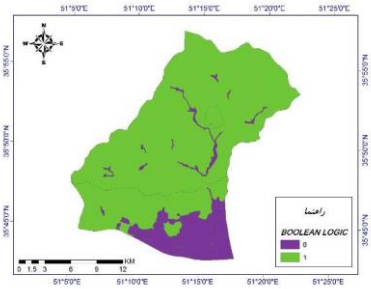
شکل ۱۴- نقشه طبقات فیزیوگرافی در مدل بولین



شکل ۱۵- نقشه طبقات هیدرولوژیکی خاک در مدل بولین

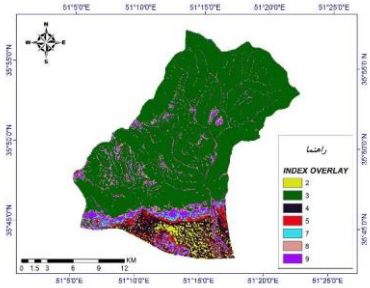


شکل ۱۶- نقشه طبقات زمین‌شناسی در مدل

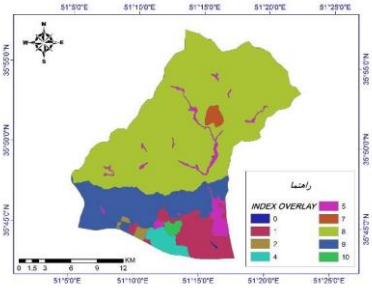


شکل ۱۷- نقشه طبقه کاربری اراضی در مدل بولین

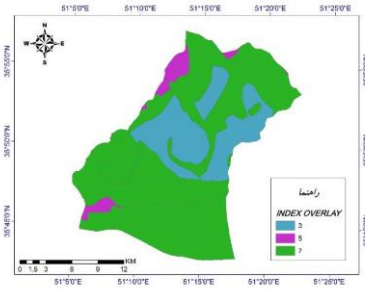
ب) مدل‌های شاخص هم‌پوشانی نقشه‌ها (Index Overlay Maps): در این مدل‌ها علاوه بر وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی به هر لایه اطلاعاتی (نقشه) بر اساس ارزش خود در مکان‌یابی وزن داده می‌شود. این مدل‌ها دو حالت دارند: الف) Binary Evidence Maps: ساده‌ترین نوع مدل‌های Index Overlayهستند که بر اساس این مدل‌ها به نقشه‌های حاصل از مدل بولین بر اساس اهمیت‌شان در مکان‌یابی وزن خاصی داده می‌شود و ب) Multi-Class Maps: در این مدل علاوه‌بر وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، واحدهای موجود در هر لایه اطلاعاتی نیز بر اساس پتانسیل خود وزن خاصی خواهد داشت.



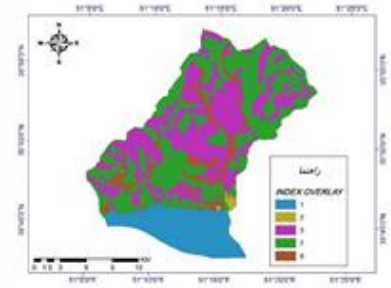
شکل ۱۸- نقشه طبقه کاربری اراضی در مدل هم‌پوشانی



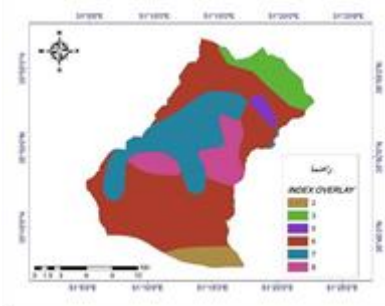
شکل ۱۹- نقشه شیب در مدل هم‌پوشانی



شکل ۲۰- نقشه پوشش گیاهی در مدل هم‌پوشانی

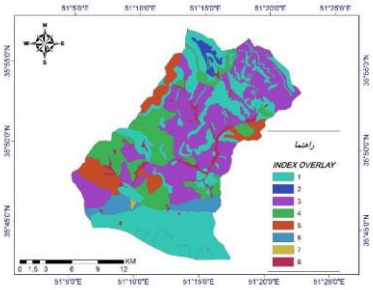


شکل ۲۱- نقشه طبقات هیدولوژیکی خاک در مدل هم‌پوشانی

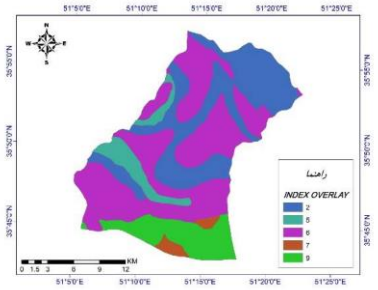


شکل ۲۲- نقشه طبقات هوا و اقلیم در مدل هم‌پوشانی

شکل ۲۳- نقشه طبقات فیزیوگرافی در مدل هم‌پوشانی

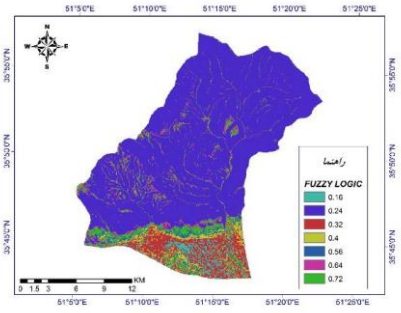


شکل ۲۴- نقشه طبقات پوشش گیاهی در مدل هم‌پوشانی

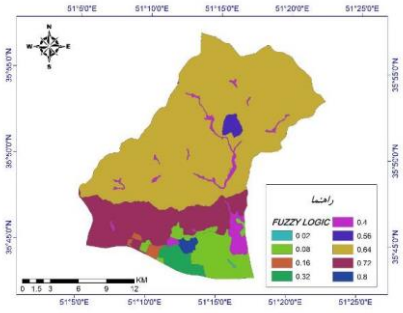


شکل ۲۵- نقشه طبقات زمین‌شناسی در مدل هم‌پوشانی

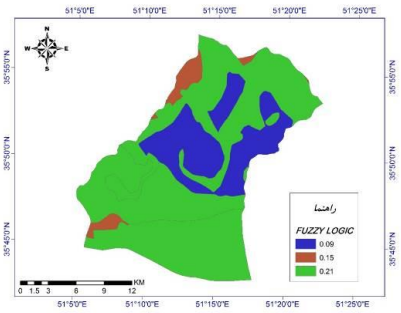
ج)مدل‌های منطق فازی (Fuzzy logic): بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، عضویت اعضاء در مجموعه ممکن است به‌طور کامل نبوده، هر عضوی دارای درجه عضویت از صفر تا یک باشد. بر این اساس، مجموعه‌ای در نظر گرفته می‌شود که اعضای آن، واحدهای هر کدام از نقشه‌های پایه و معیار عضویت در مجموعه، مناسب‌بودن و درجه عضویت، بین صفر و یک است. مدل‌های منطق فازی شامل Fuzzy or، Fuzzy and، Fuzzy algebraic product، Fuzzy algebraic Sum و Fuzzy gamma است که هر یک خصوصیات و قابلیت‌های ویژه‌ای را دارا هستند (Alesheikh، ۲۰۰۸).



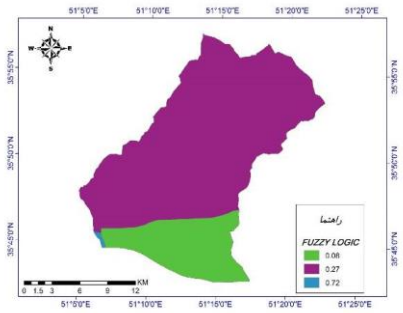
شکل ۲۶- نقشه شیب در مدل Fuzzy



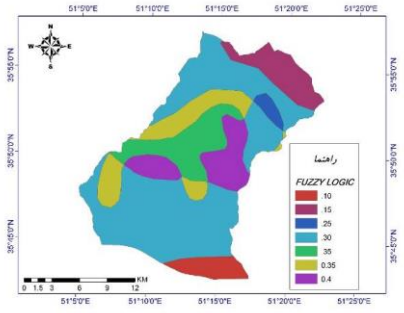
شکل ۲۷- نقشه طبقه کاربری اراضی در مدل Fuzzy



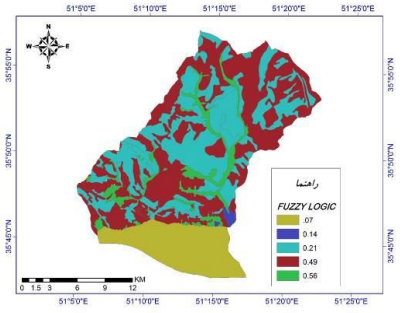
شکل ۲۸- نقشه پوشش گیاهی در مدل Fuzzy



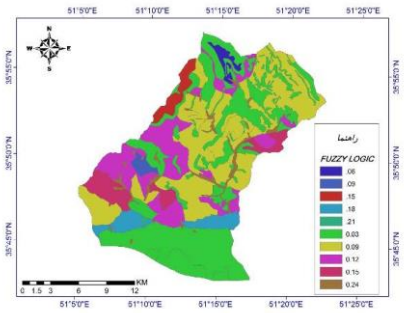
شکل ۲۹- نقشه طبقات هیدرولوژیکی خاک در مدل Fuzzy



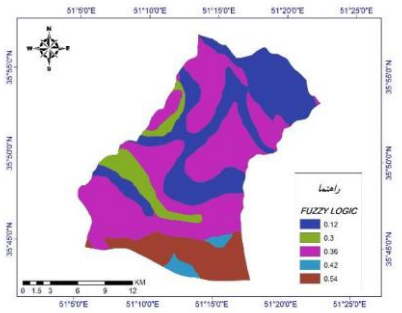
شکل ۳۰- نقشه طبقات فیزیوگرافی در مدل Fuzzy



شکل ۳۱- نقشه طبقات هوا و اقلیم در مدل Fuzzy



شکل ۳۲- نقشه طبقات پوشش گیاهی در مدل Fuzzy



شکل ۳۳- نقشه طبقات زمین‌شناسی در مدل Fuzzy

جدول ۱- وزن هر واحد نقشه شیب در مدل‌های مختلف

طبقات شیب (درصد)	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi – class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
۰-۲	۰	۲	۰/۱۶
۲-۵	۰	۴	۰/۳۲
۵-۸	۰	۵	۰/۴۰
۸-۱۰	۱	۷	۰/۶
۱۰-۱۵	۱	۹	۰/۷۲
۱۵-۲۰	۱	۸	۰/۶۴
>۲۰	۰	۳	۰/۲۴
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول ۲- وزن هر واحد نقشه واحد اراضی در مدل‌های مختلف

طبقات فیزیوگرافی	Boolean logic (صفر و یک)	Index overlay (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا یک)
۱/۱	۰	۳	۰/۲۷
۲/۱	۱	۸	۰/۷۲
Urban	۰	۱	۰/۰۸
	Quarter BO	Quarter IN	Quarter FU

جدول ۳- وزن هر واحد نقشه هوا و اقلیم در مدل‌های مختلف

طبقات هوا و اقلیم	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
خشک بیابانی معتدل	۰	۲	۰/۱۰
خیلی مرطوب فراسرد	۰	۳	۰/۱۵
مدیترانه‌ای سرد	۱	۷	۰/۳۵
مدیترانه‌ای معتدل	۱	۸	۰/۴۰
مرطوب سرد	۱	۶	۰/۳۰
مرطوب معتدل	۱	۵	۰/۲۵
نیمه‌خشک سرد	۱	۷	۰/۳۵
نیمه‌خشک معتدل	۱	۶	۰/۳۰
نیمه‌مرطوب سرد	۱	۷	۰/۳۵
نیمه‌مرطوب معتدل	۱	۶	۰/۳۰

جدول ۴- وزن هر واحد نقشه پوشش گیاهی مرتعی در مدل‌های مختلف

طبقات پوشش گیاهی مرتعی	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
Agropyrum – Leucopoa 50-75%	۰	۳	۰/۰۹
Artemisia sieberi – Stipa 25-50%	۱	۵	۰/۱۵
Astragalus – Stipa 10-25%	۱	۷	۰/۲۱
Prennial grasses – Thymus 25-50%	۱	۵	۰/۱۵
NON RANGE	۱	۷	۰/۲۱
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول ۵- وزن هر واحد نقشه بارش در مدل‌های مختلف

طبقات هیدرولوژی (بارش)	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
۱۲۰-۱۵۰	۰	۳	۰/۳
۱۵۰-۲۵۰	۱	۸	۰/۸
۲۵۰-۳۵۰	۱	۷	۰/۷
>۳۵۰	۰	۲	۰/۲
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول۶- وزن هر واحد نقشه زمین‌شناسی در مدل‌های مختلف

طبقات زمین‌شناسی	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
Ea.bv	۰	۵	۰/۳
Eav	۰	۵	۰/۳
Eavt	۱	۶	۰/۳۶
Ek	۱	۶	۰/۳۶
Ek.a	۰	۲	۰/۱۲
Eksh	۰	۲	۰/۱۲
PlQc	۱	۷	۰/۴۲
Qft2	۱	۹	۰/۵۴
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول ۷- وزن هر واحد نقشه خاک در مدل های مختلف

طبقات گروه هیدرولوژیکی خاک	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
A	۰	۲	۰/۱۴
B	۱	۸	۰/۵۶
C	۱	۷	۰/۴۹
D	۰	۳	۰/۲۱
	Slope BO	Slope IN	Slope FU

جدول ۸- وزن هر واحد نقشه طبقات پوشش گیاهی در مدل‌های مختلف

طبقات پوشش گیاهی	Boolean logic (صفر و ۱)	Index overlay (multi–class) (صفر تا ۱۰)	Fuzzy logic (صفر تا ۱)
O.L.(مسکونی)	۰	۱	۰/۰۳
ParkVardavard	۱	۶	۰/۱۸
باغات	۱	۸	۰/۲۴
تیپ استیپا-ورک	۰	۳	۰/۰۹
تیپ اسپرس بوته‌ای-گون-کلاه میرحسن	۱	۵	۰/۱۵
تیپ بادام کوهی-کلاه میرحسن-علفزار	۰	۳	۰/۰۹
تیپ درمنه دشتی-درمنه کوهی-گون	۱	۷	۰/۲۱
تیپ درمنه کوهی	۱	۶	۰/۱۸
تیپ درمنه کوهی-نووآ	۰	۳	۰/۰۹
تیپ کهورک-گاو چاق کن	۱	۶	۰/۱۸
تیپ گون-بادام-علفزار	۰	۴	۰/۱۲
تیپ گون-بادام کوهی-دیانته	۰	۲	۰/۰۶
تیپ گون-بومادران-علفزار	۰	۴	۰/۱۲
تیپ گون-درمنه-علفزار	۱	۵	۰/۱۵
تیپ گون-سنتوره	۱	۵	۰/۱۵
تیپ گون-کلاه میرحسن	۰	۳	۰/۰۹
تیپ گون-نووآ	۱	۶	۰/۱۸
صخره	۰	۱	۰/۰۳
تیپ گون-آگروپیرون	۰	۴	۰/۱۲

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین مکان‌های مناسب احداث سطوح آبگیر در هر مدل: تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن اهمیت هر لایه در مکان‌یابی نمی‌تواند ارزش واقعی لایه‌های اطلاعاتی را در تلفیق دخالت دهد و واحدهای با ارزش متفاوت در یک طبقه قرار می‌گیرند. به‌طور مثال، در تعیین مکان مناسب از طریق استخراج اشتراک مکان‌های مناسب در کلیه نقشه‌ها، لایه اطلاعاتی که اهمیت کمتری در مکان‌یابی نسبت به بقیه دارد، در محدود کردن مناطق به اندازه سایر لایه‌ها دخالت خواهد کرد و شانس انتخاب را از مناطقی که از نظر آن لایه اطلاعاتی کم ارزش، نامطلوب هستند، می‌گیرد.

ارزیابی مدل‌ها: برای ارزیابی مدل‌ها از عرصه‌های اجرا شده سطوح آبگیر به‌وسیله وزارت جهاد کشاورزی به‌عنوان عرصه‌های کنترل استفاده شده است. به این منظور، نقشه مکان‌های مناسب احداث سامانه در هر مدل با نقشه عرصه‌های کنترل مقایسه شده و فراوانی تعداد پیکسل‌های مناسب (طبقات خیلی خوب و خوب) واقع در عرصه‌های کنترل نسبت به تعداد کل پیکسل‌های مناسب (طبقات خیلی خوب و خوب) در هر مدل محاسبه شد و به‌عنوان، معیار ارزیابی مدل مربوطه در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب در نظر گرفته شد.

جدول ۹- مساحت عرصه‌های پیشنهادی و تعداد پیکسل‌های آن و میزان هم‌پوشانی با عرصه‌های کنترل در هر مدل

نقشه مکان‌های مناسب در هر مدل	مساحت عرصه‌های پیشنهادی (ha) (A1)	مساحت دارای هم‌پوشانی با عرصه‌های کنترل (ha) (B_1)	درصد هم‌پوشانی عرصه‌های پیشنهادی با عرصه‌های کنترل یا $(B1/A1)\times100$
Boolean logic (Boolean AND)	۵۶۹۸/۱۴	۳۵۲/۳۵	۶/۱۸
Binary evidence	۷۴۱۵/۳۶	۷۰۱/۸۵	۹/۴۶
Multiclass maps	۷۸۹۰/۳۷	۷۰۳/۶۵	۸/۹۱
Fuzzy AND	۸۰۰۳/۶۵	۶۸۵/۳۲	۸/۵۶
Fuzzy Product	۵۸۹۶/۳۵	۵۶۷/۲۱	۹/۶۱
gamma=۰/۱	۵۹۶۳/۱۴	۵۵۸/۶۳	۹/۳۶
gamma=۰/۲	۵۸۶۳/۲۵	۵۹۸/۳۶	*۱۰/۲
gamma=۰/۳	۶۰۲۵/۹۷	۵۹۶/۳۲	۹/۸۹
gamma=۰/۴	۷۴۱۲/۲۵	۶۸۰/۵۲	۹/۱۸
gamma=۰/۵	۸۶۳۸/۷۴	۶۷۰/۵۴	۷/۷۶
gamma=۰/۶	۹۸۵۲/۳۵	۷۰۴/۲۶	۷/۱۴
gamma=۰/۷	۱۰۰۲۵/۳۵	۵۵۷/۶۹	۵/۵۶
gamma=۰/۸	۱۵۶۹۸/۲۵	۶۸۷/۴۱	۴/۳۷
gamma=۰/۹	۱۹۸۲۵/۷۲	۶۹۸/۷۴	۳/۵۲
Fuzzy sum	۲۳۶۴۱/۲۸	۶۸۹/۴۶	۲/۹۱

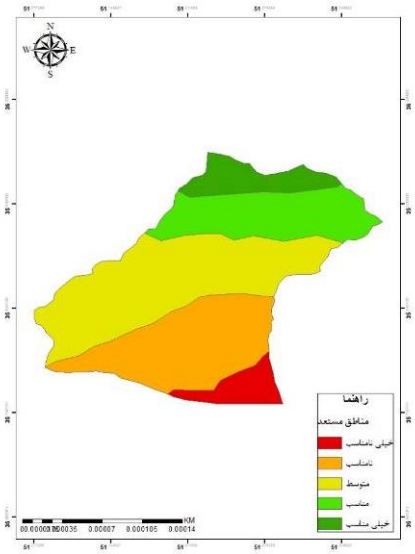
نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در جدول بالا مشاهده می‌شود، از میان مدل‌های ارزیابی شده، عملگر gamma=۰/۲ از مدل Fuzzy logic با ۱۰/۲۰ درصد هم‌پوشانی با عرصه‌های کنترل، بیشترین هم‌پوشانی را با عرصه‌های کنترل داشته، بهترین مدل‌ها برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد سطوح آبگیر باران در محدوده مورد مطالعه هستند و چون عملگرهای گاما از مدل Fuzzy logic حد فاصل دو عملگر فازی ضرب و فازی جمع عمل می‌کنند، بدیهی است که دقت آن‌ها نیز بین دو عملگر ذکر شده تغییر می‌یابند، به‌طوری‌که دقت عملگر فازی ضرب از عملگرهای گاما بیشتر (در این مقاله در حالت gamma=۰/۲) و دقت عملگر فازی جمع از عملگرهای گاما کمتر است.

به‌دلیل این‌که حاصل‌ضرب اعداد بین صفر و یک عددی کوچک‌تر از هر یک از اعداد می‌شود، عملگر ضرب جبری فازی (Fuzzy product) حساسیت بالائی در مکان‌یابی نشان می‌دهد. البته، حساسیت بالای این عملگر ممکن است، موجب حذف‌شدن برخی عرصه‌های مناسب از عرصه‌های پیشنهادی شود. با افزایش gamma از مدل Fuzzy logic، از دقت مکان‌یابی کاسته می‌شود، به‌طوری‌که از gamma=۰/۷ به بالا، به شدت از دقت مکان‌یابی و درصد هم‌پوشانی با عرصه‌های کنترل کاسته شده و بدیهی است که بر وسعت عرصه‌های پیشنهادی در جهت نامناسب افزوده می‌شود. اپراتور AND در مدل Fuzzy logic به‌دلیل این‌که اشتراک مجموعه را استخراج می‌کند، حساسیت و دقت نسبتاً خوبی را در مکان‌یابی دارد و همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، از دقت بیشتری نسبت به مدل‌های Index overlay و Boolean logic دارد.

در مدل‌های Index overlay، دقت مدل Multi class maps بیشتر از مدل Binary evidence maps است که علت آن وزن‌دهی به هر یک از واحدهای موجود در هر لایه (البته نه به‌صورت Binary) علاوه بر وزن‌دهی به خود لایه‌ها در مدل Multi class maps است. دقت مدل‌های Index overlay در مکان‌یابی بیشتر از مدل Boolean logic است. به‌دلیل این‌که به هر لایه اطلاعاتی در مکان‌یابی وزن خالص داده

می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل‌ها برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب، نقشه مکان‌های مناسب سطوح آبگیر حاصل از اپراتور gamma=۰/۲ پس از حذف اراضی کشاورزی به‌دست آمده است.



شکل ۳۴- نقشه مکان‌های مناسب سطوح آبگیر باران در منطقه مورد مطالعه حاصل از عملگر γ=۰/۲

منابع مورد استفاده

1. Alesheikh, AA., M.J. Soltani, N. Nouri and M. Khalilzadeh. 2008. Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system. International Journal of Environmental Science and Technology, 5: 455-468.
2. Aronof, S. 1989. Geographic Information Systems. WDL Publication, 294 pages.
3. Ghermezcheshmeh, B. 2000. Determination of required indices for flood spreading site selection, case study: Meymeh. PhD Thesis, Tabriz University, 351 pages (in Persian).
4. Graeme, F. and B. Carter. 1996. Geographic information system for geoscientists (modeling for GIS). PERGAMON Publication, USA, Chapter 9, Pages 267–302.
5. Hashemi Tangestani, M. and M. Raoufat. 2000. Application of Boolean logical Model in GIS with the purpose of natural resources management, in the desert region of Ashkanan, Fars Province. Abstract of the Articles of the Conference on the Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in the Study of Desert Areas. Scientific Report, 110 pages.
6. Modiri, M. 2005. Geoghraphic information system. Armed Forces Geographic Organization Publications, 216 pages.
7. Krishnamurthy, J., N. Venkatesa Kumar, V. Jayaraman and M. Manivel. 1996. An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system. International Journal of Remote Sensing, 17(10): 1867-1884.
8. Lal, R. 1996. Method and guidelines of assessing sustainable use of soil and water resource in the tropics. Soil Management Support Services, Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, 78 pages.
9. Saraf, A.K. and P.R. Choudhury. 1998. Integrated remote sensing and GIS for ground water exploration and identification of artificial recharge sites. International Journal of Remote Sensing, 10: 1825-1841.