نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۴۹، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۱۹۰-۱۶۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸

مقایسه کارایی مدل‌های MCDM در مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS مطالعه موردی: حوضه آبریز گربایگان

حسن علی فرجی سبکبار[۱]
سیروس حسن‌پور[۲]
آرش ملکیان[۳]
هایده کیانی آلرد[۴]

چکیده

مهم‌ترین و اولین قدم در انجام پروژه طرح پخش سیلاب مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش آب و نفوذ دادن آن به داخل سفره‌های زیرزمینی است. از این جهت استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS)، برای تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب بدون استفاده سامانه تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[5] مقدور نمی‌باشد. امروزه در کنار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌طور گسترده‌ای برای حل مسائل فضایی به کار گرفته می‌شوند. در این تحقیق از چهار مدل به‌شرح زیر Logic Boolean, Multi Class Maps, Binary Evidence, AHP در جهت انتخاب مکان‌های بهینه پخش سیلاب با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) سعی شده و سپس به مقایسه مدل‌ها پرداخته شده است. در این تحقیق ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی میدانی ۹ پارامتر محیطی مؤثر انتخاب و سپس از پارامترهای مذکور، لایه‌های اطلاعاتی در محیط (GIS) با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS 9.3 تهیه و

۱ـ استادیاردانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
۲ـ دانشجوی کار شناسی ارشد سنجش از دور دانشگاه تهران.
۳ـ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴ـ کارشناس علوم تربیتی سازمان رفاه و تامین اجتماعی، استان کرمانشاه. E-Mailhassanpour.saman@gmail.com

5. Multi Criteria Decision Making

کلاسه‌بندی گردید. آنگاه با وزن‌دهی کارشناسان مجرب، وزن‌های به‌دست آمده برای هر عامل و امتیازهای که به خود اختصاص دادند، هریک از نقشه‌های نهایی به ۵ کلاس کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب براساس مدل‌ها در سطح حوضه تهیه گردید. سپس از روی نقشه‌های به‌دست آمده مدل‌ها با هم مقایسه گردیدند. همچنین بررسی دقت مدل‌ها نشان داده است که دقت مدل AHP بیش از Multi–Class Maps و مدل Binary-Evidence- است و دقت مدل Binary Evidence و Multi–Class Maps بیشتر از مدل Bool، در تشخیص و کلاسه‌بندی مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در منطقه می باشد.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، پخش سیلاب، مدل‌های مفهومی، فرایند سلسله‌مراتبی (AHP)، (GIS)، حوضه آبخیز گربایگان.

مقدمه

پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه واقع در دهانه خروجی آبراهه‌ها در حوضه آبخیز با هدف ذخیره‌سازی سیلاب‌ها روش مناسب جهت بهره‌برداری از آب خشک رودها و رودخانه‌های فصلی و همچنین جریان مازاد رودخانه‌های دائمی می‌باشد. تعیین مکان‌های مناسب جهت عملیات پخش سیلاب از اهمیت بسیاری در میزان موفقیت آن دارد (مهروز مغانلو، ۱۳۸۶: ۴۳۷-۴۶۷). یکی از این روش‌ها بهره‌برداری از سیلاب‌ها با استفاده از روش پخش سیلاب بر آبخوان‌هاست. (مهدوی، ۱۳۸۳). با شناسایی مناطق سیل‌خیز و پخش سیلاب در اراضی مستعد بالا دست ضمن کمک به تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها حوضه می‌شود. از سوی دیگر افزایش کیفیت حاصلخیزی خاک هم صورت می‌گیرد (کوثر، سیداهنگ، ۱۳۷۴: ۵۱۲). در این تحقیق مکان‌های پخش سیلاب با تأکید بر منطق Boolean، مدل شاخص همپوشانی، مدل (AHP) در محیط GIS صورت گرفته است. توانایی (GIS) در ذخیره اطلاعات که وابستگی مکانی دارند، تجزیه و تحلیل آن‌ها، انجام محاسبات مورد نیاز و نمایش آن‌ها به صورت نقشه‌های دقیق، جداول و نمودارها در مدت زمان کوتاه جایگاه ویژه‌ای قرارداده است (آرنوف، ۱۳۷۵: ۳۱۳). قرار گرفتن منطقه حوضه گربایگان دشت فسا در استان فارس، یکی از نواحی مساعد با دشت‌های وسیع و اراضی مسطح جهت فـعالیت‌های کشاورزی با

کاربری‌های کشاورزی دیم و آبی محسوب می‌گردد. که اهمیت آب را در این مکان به‌وضوح جهت فعالیت‌های کشاورزی و توسعه پایدار منطقه آشکار می‌سازد. لذا با در نظرگرفتن شرایط اقلیمی این حوضه آبریز، تغذیه مصنوعی آبخوان در این منطقه بسیار ضروری و مهم می‌باشد. که برای این منظور ضمن مطالعه منابع علمی وکاربردی موجود در این زمینه اقدام به جمع‌آوری داده‌هایی همانند نقشه‌های مختلف، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه پراکنش آبرفت‌های کواترنری و سایر آمار و اطلاعات مورد نیاز تهیه گردید. استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی GIS برای تعیین مناطق مستعدگسترش سیلاب بدون استفاده از مدل‌های مفهومی و سیستم‌های تصمیم‌گیرنده چندمعیاره (MCDM) مقدور نمی‌باشد (دادرسی سبزاوری، ۱۳۸۰: ۱۰). هر چه عوامل مرتبط بیشتری در یک مدل انتخاب شوند، دقت مدل بالاتر خواهد بود. از طرفی افزایش عوامل داده‌ها، هزینه مدل را افزایش می‌دهد، و مدل را پیچیده‌تر می‌کند. متدها و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، متفاوت بوده و هر یک کاربردهای خاص خود را زمینه‌های مختلف علوم دارند. کاربرد هر یک از متد و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از نظر به‌دست آوردن نتایج حاصل از پردازش و تحلیل داده‌ها و ارزش‌گذاری اطلاعات و شاخص‌ها، نوع داده،کاربرد، ارزیابی دقت و صحت نتایج متفاوت می‌باشند.

پیشینه تحقیق

بررسی تحقیقاتی در زمینه پخش سیلاب توسط محققانی با روش‌ها و متدهای مختلف توسط کارشناسان سازمان‌ها و محققانی در سطح جهانی و داخلی انجام شده است. از جمله می‌توان به محققان زیر اشاره داشت:

Krishnamurthy، (۱۹۹۶: ۱۸۸۴-۱۸۶۷)، برای تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی در جنوب هند، از فن آوری سنجش از دور (RS) و GIS استفاده کرده‌اند. آن‌ها عوامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، گسل‌ها و شکستگی‌ها، آب‌های سطحی، شبکه زهکشی، تراکم آبراهه و شیب را مطالعه کرده و هر یک از عوامل را براساس اهمیت آن وزن داده و پس از تلفیق عوامل با یکدیگر نقشه تناسب تغذیه را به‌دست آوردند.

Choudhuy & Saraf، (۱۹۹۹:۱۸۴۱–۱۸۲۵)، در ناحیه مادیا پراوش در نواحی مرکزی هند و با بارش حدود ۱۰۴۰ میلی‌متر در سال می‌باشد که مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها بوده را تعیین نموده‌اند. از فنون سنجش از دور (RS) در استخراج برخی از نقشه‌ها مانند کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی و تلفیق آن‌ها با سایر لایه‌های اطلاعاتی از قبیل نقشه شیب، برای مکان‌یابی استفاده کردند Zehtabian و همکاران (۲۰۰۱: ۷)، برای تعیین مناطق مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبخیز طغرود استان قم، از نقشه‌های شیب، ژئومورفولوژی، گروه های هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی استفاده نمود. جهت تلفیق این نقشه‌ها از مدل منطق Boolean، Index Overlay، Fuzzy استفاده کرده‌اند تا بتوانند مناطق مناسب را برای پخش سیلاب معین نمایند.

آل‌شیخ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از پارامترهای زمین‌شناسی/ شیب/ قابلیت اراضی/ سرعت نفوذپذیری/ واحدهای کواترنری و ضخامت آبرفتی/ عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب را در حوضه آبخیز سمبل بوشهر با بکارگیری GIS تعیین نمودن. آن‌ها با تلفیق این لایه‌ها در قالب منطق Boolean، Index Overlay، AHP نقشه مکان‌های مناسب را برای هر مدل به‌دست آوردند. سپس نتایج را با نقشه‌های کنترلی مقایسه نموده‌اند.

Zarkesh و همکاران (2009)، در تحقیقی با عنوان سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی پخش سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از راه دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با کاربرد هم‌زمان (GIS, DSS) تأکید داشتند. آنها به فاکتورهای علوم زمین (زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک)، هیدرولوژی (میزبان رسوب‌دهی و سیلاب، نفوذپذیری و شرایط آبخوان) و جنبه‌های اقتصادی– اجتماعی (خسارات ناشی از سیلاب، آبیاری غرقابی، اثرات زیست محیطی و...) اشاره کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری برای منطقه بندرعباس به این نتیجه دست یافتنند.

Chowdury و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تـکنیک‌های MCDM مناطق مناسب برای تـغذیه مصنوعی آب‌های

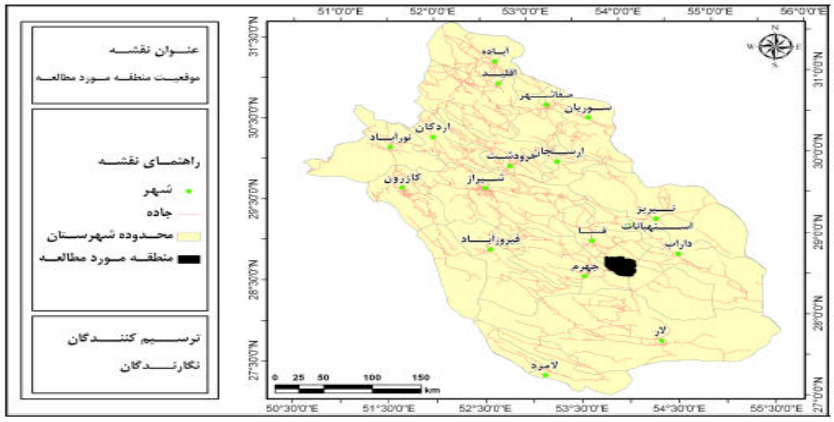
زیرزمینی را در منطقه مدیناپور غربی تعیین نمودند. آن‌ها از معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی استفاده نموده‌اند. نتایج حاکی از کارایی تکنیک‌های MCDM در تلفیق با GIS در تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، ابتدا اقدام به جمع‌آوری و مطالعه منابع کتابخانه‌ای و کاربردی موجود در این زمین همانند، اطلاعاتی نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و تهیه نقشه‌های شیب و (DEM) منطقه صورت گرفت. با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM^{+} سال (۲۰۰۹) و داده‌های آماری اقدام به تهیه نقشه‌های منطقه در محیط نرم‌افزار Arc GIS گردید. در این تحقیق از نرم افزارهای مورد استفاده جهت انجام تحقیق با توجه به قابلیت‌ها و نیازهای موجود، از نرم‌افزار Arc Hydro و Arc GIS 9.3 و ENVI 4.7 و نرم‌افزار Expert Choice 2000 استفاده شده است.

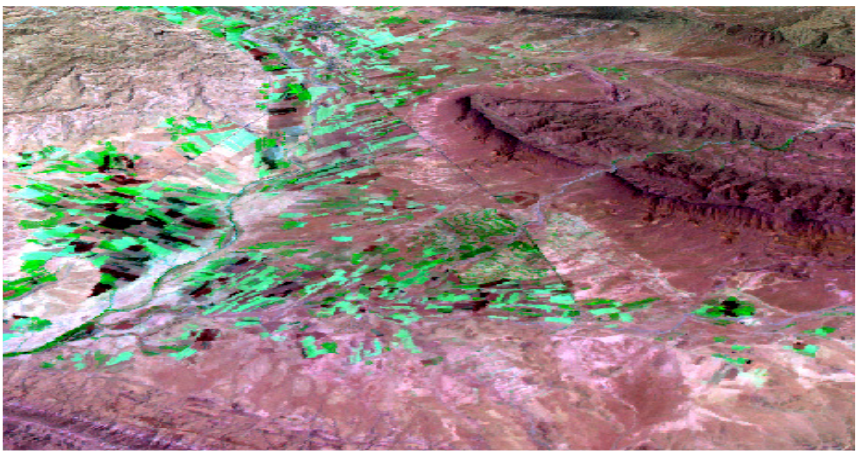
معرفی منطقه

منطقه گربایگان فسا بین طول‌های شرقی ′۵۳ °۵۳ تا ′۵۷ °۵۳ و عرض‌های شمالی ′۳۵° ۲۸ تا ′۴۱ °۲۸ و ارتفاع ۱۱۲۰ تا ۱۱۶۰ متر از سطح دریا در ۱۹۰کیلومتری جنوب شرقی شیراز بر روی مخروط افکنه‌ای کم‌عمق تا به نسبت عمیق به‌وجود آمده است. منطقه گربایگان بخشی از ناحیه‌ای زاگرس چین خورده در جنوب‌غربی ایران می باشد. که با روند شمال غرب- جنوب شرق به‌صورت یک کمربند چین‌خورده کشیده شده است. در این منطقه آثاری از سازندهای زمین‌شناسی دوران اول و دوم دیده نشده و تنها سازندهای دوران سوم و چهارم زمین‌شناسی در منطقه گسترش دارند.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه (دشت گربایگان)

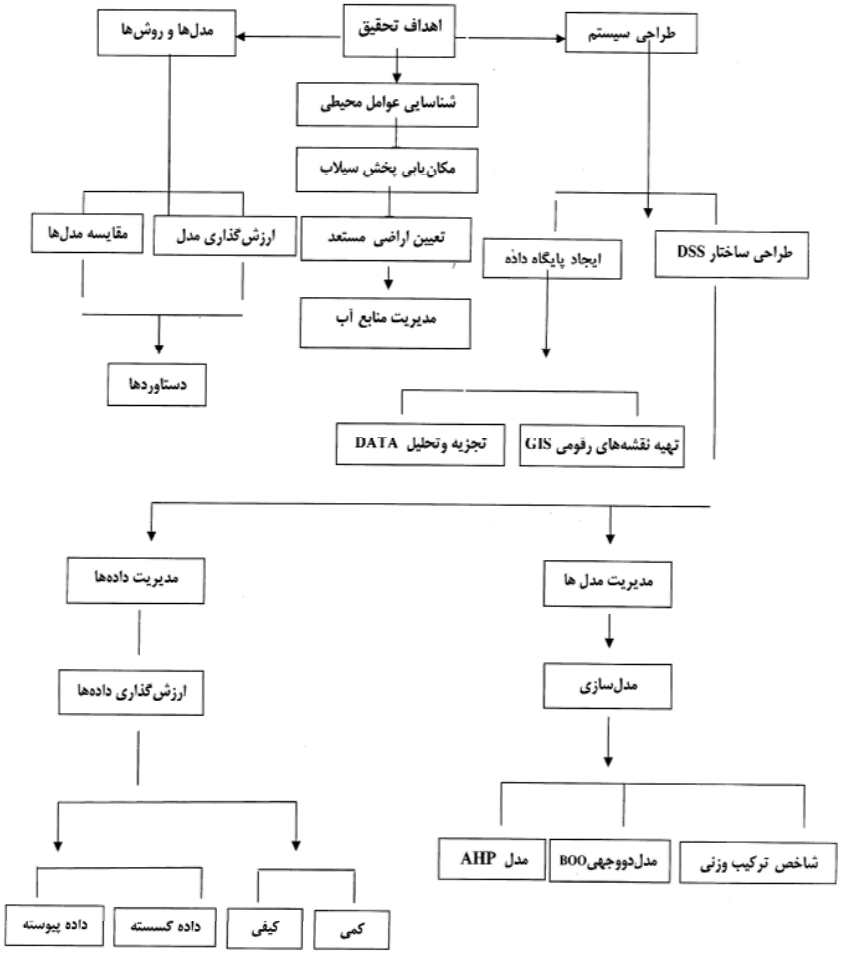
تصاویر مورد نیاز این منطقه از سنجنده ETM^+ مستقر بر روی ماهواره هفتم Landsat به شماره خطوط نظارگر ۱۷۴-۴۴ تهیه شده است. از این تصاویر می‌توان برای استخراج نقشه‌های مورد نیازی که موجود نیستند استفاده کرد. همچنین برای تهیه مدل رقومی ارتفاع (DEM) مورد نیاز در این تحقیق از تصاویر و نقشه شیب تهیه شده است. برای این پروژه از تصویر سنجنده ETM^+ سال ۲۰۰۹ که دارای ۹ باند طیفی می‌باشد استفاده گردیده است.



شکل (۲) تصویر رنگی کاذب سه بعدی تهیه شده از DEM براساس تصویر سنجنده ETM^+ : منطقه مورد مطالعه

فلوچارت تحقیق

دیاگرام زیر، چارچوب تحقیق که دربرگیرنده اهداف، شیوه، نتایج و تحلیل‌ها و بررسی مدل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۳) دیاگرم مراحل انجام تحقیق

شکل (٤) نمایش دیاگرام پارامترها و معیارهای مورد مطالعه در مکان‌یابی پخش سیلاب

A) شیب: یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب عرصه‌های مناسب جهت پخش سیلاب و تغذیه آبخوان‌ها، شیب می‌باشد. برای تهیه نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاع مستخرج از تصویر ماهواره‌ای، استفاده گردید

B) کیفیت آب: مؤلفه‌های هدایت الکتریکی (Ec): در این پژوهش از EC به‌عنوان مبنایی برای بررسی شاخص کیفیت آب استفاده گردید. برای محاسبه کیفیت آب، از تعداد۷۰ چاه مشاهده‌ای طی یک دوره ۱۰ ساله نمونه‌برداری شده و نمونه‌ها را تجزیه شیمیایی نموده، سپس میانگین آن‌ها گرفته شده و از این طریق یکی از مهم‌ترین مولفه‌های کیفیت آب یعنی EC آنالیز شده و نقشه هدایت الکتریکی (EC) از طریق روش درون‌یابی کریجینگ[۶] استخراج گردید.

C) زمین‌شناسی: در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب، زمین‌شناسی و نوع سازندها محدوده مورد مطالعه دارای اهمیت بسیارمی‌باشد. همچنین مناطق با آبرفت‌های جوان به عنوان مناطق مناسب جهت پخش سیلاب محسوب می‌شوند. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی استفاده گردید.

D) طبقات ارتفاعی: برای ایجاد نقشه طبقات ارتفاعی، ابتدا نقشه توپوگرافی حوضه مورد تحقیق با مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ که از سازمان نقشه‌برداری کشور که زمین مرجع می‌باشند تهیه

6- Krigging

برای استفاده از توابع کریجینگ در درون‌یابی ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و به کمک تابع Distance بیشترین فاصله مابین نمونه‌ها (در اینجا ۷۰ حلقه چاه‌ها) مشخص گردید که این فاصله برابر با ۱۸۱۴ مترمربع بود. سپس در نرم‌افزار ژئواستاتیستیکی +GS از ۱/۹ این فاصله به‌عنوان Active Lag Distance استفاده شد. با انجام محاسبات در نرم‌افزار +GS مدل مناسب برای داده‌ها انتخاب گردیده و در درون‌یابی به روش کریجینگ عادی اعمال شد.

و خطوط ارتفاعی برروی طبقه‌بندی گردید. سپس با تهیه DEM منطقه و بستن مرز حوضه با استفاده از نرم‌افزار Arc Hydro در روی نقشه و کلاسه‌بندی آن، نقشه طبقاتی ارتفاعی حاصل شد. نقشه طبقاتی در ۵ کلاسه طبقه بندی گردید.

E) ضخامت آبرفت: برای تهیه نقشه ضخامت آبرفت خشک از نقشه هم عمق آبزیر زمینی که با استفاده از عمق آبریز زمینی در چاه‌های پیزومتری و انطباق نقشه‌های تراز و توپوگرافی تهیه شده بود، استفاده گردید. برای این منظور ابتدا نقشه هم عمق آبزیر زمینی رقومی بعد درون‌یابی خطی شده و نقشه ضخامت آبرفت به‌دست آمد.

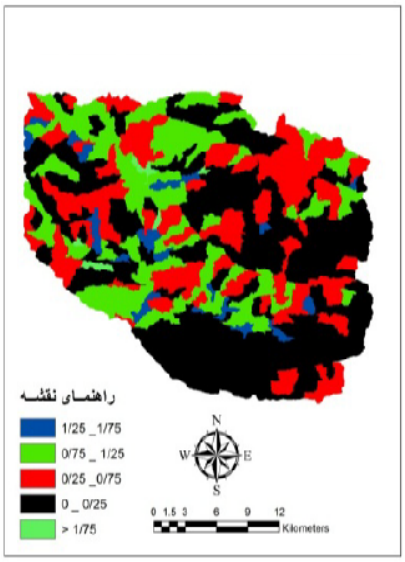
P) کاربری اراضی: برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصویر سال ۲۰۰۹ سنجنده ETM^+ ماهواره لندست به منظور شناسایی و تعیین انواع کاربری‌ها با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. بدین منظور از طبقه‌بندی Decision Tree در نرم‌افزار ENVI 4.7 استخراج گردید.

F) قابلیت انتقال: قابلیت انتقال یا ضریب آبگذری قابلیت عبور آب را در تمام ضخامت لایه آبدار نشان می‌دهد. بهترین و دقیق‌ترین روش تعیین هدایت هیدرولیکی آبخوان روش آزمون پمپاژ است (نخعی، ۱۳۸۸). در پژوهش حاضر، هدایت هیدرولیکی آبخوان در منطقه مورد مطالعه از طریق آزمایش پمپاژ به‌دست آمد.

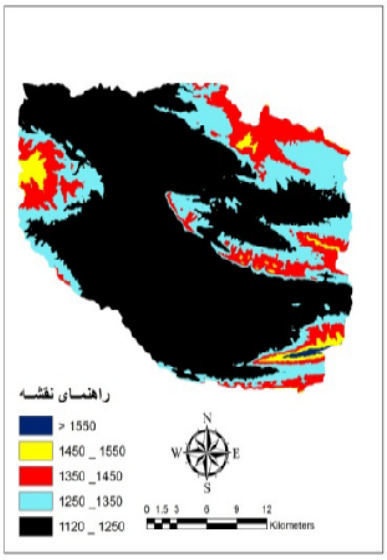
G) ژئومورفولوژی: بهترین واحدهای ژئومورفولوژی که برای اجرای طرح‌های آبخوانداری به لحاظ وسعت، ناهمواری و موقعیت، دشت سرهاست. از منظر ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه شامل (۱) دشت سیلابی (۲) مخروط افکنه‌ها (۳) تپه‌ماهور (۴) رخنمون سنگی (۵) پدیمنت‌ها می‌باشد.

K) تراکم زهکشی: نسبت طول کلیه آبراهه‌ها در یک حوضه آبخیز به مساحت آن، تراکم آبراهه نامیده می‌شود (km/km2) و برابر است با رابطه (۱): $\mu = \frac{\sum L_i}{A}$ ۰.

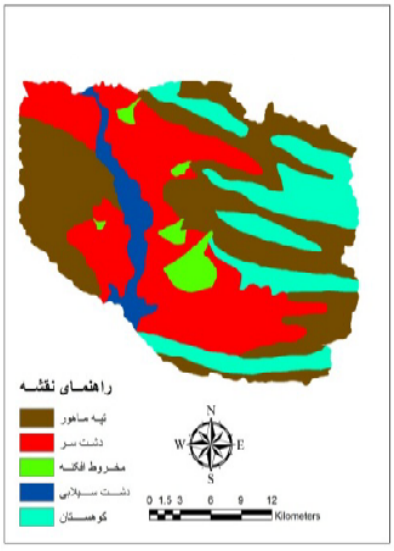
مهم‌ترین عوامل موثر جهت مکان‌یابی پخش سیلاب در منطقه با بـهره‌گیری از اطلاعات و نقشه‌های پایه غیررقومی شده و DATA به‌دست آمده از تصاویر ماهواره و داده‌های آماری آماری سازمان‌های مسئول و مربوطه جمع‌آوری گردید.



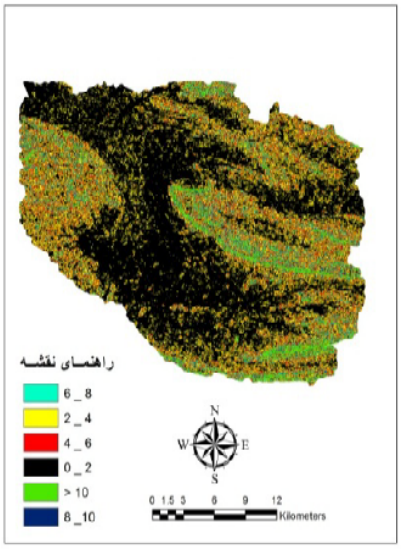
شکل (۵) نقشه تراکم شبکه زهکشی



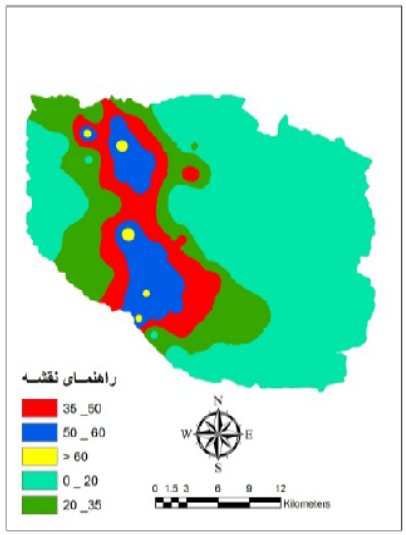
شکل (٦) نقشه طبقات ارتفاع



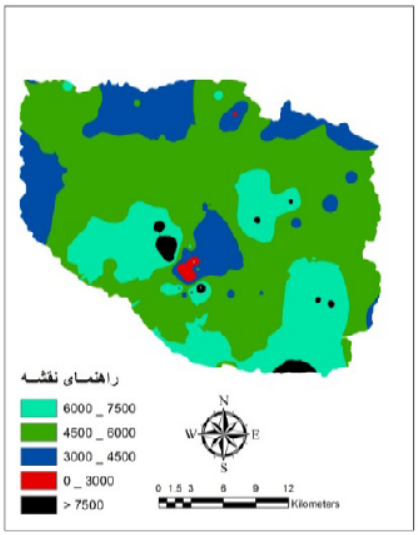
شکل (۷) نقشه ژئومورفولوژی



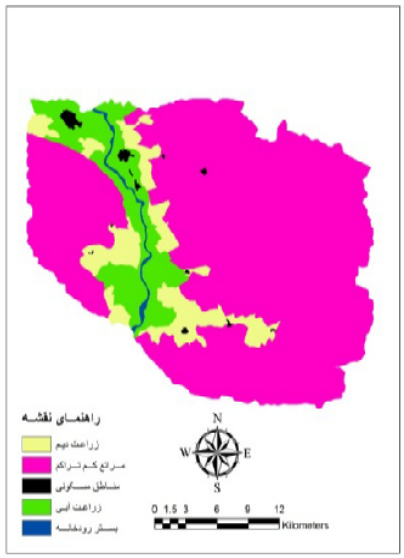
شکل (۸) نقشه طبقات شیب



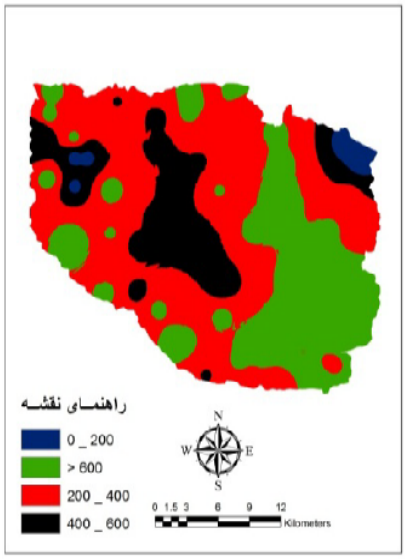
شکل (۹) نقشه ضخامت آبرفت



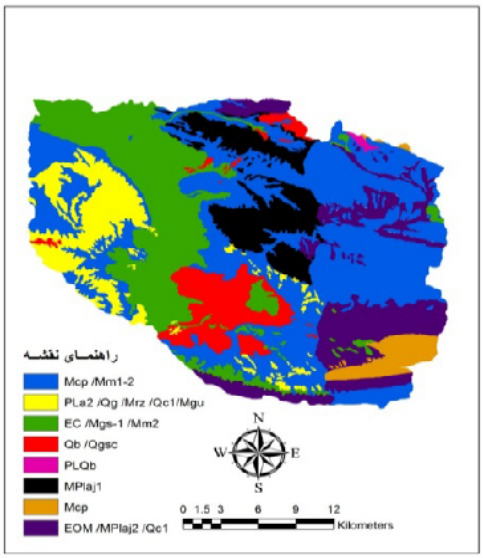
شکل (۱۰) نقشه هدایت الکتریکی



شکل (۱۱) نقشه کاربری اراضی



شکل (۱۲) نقشه قابلیت انتقال



شکل (۱۲) نقشه ژئومورفولوژی

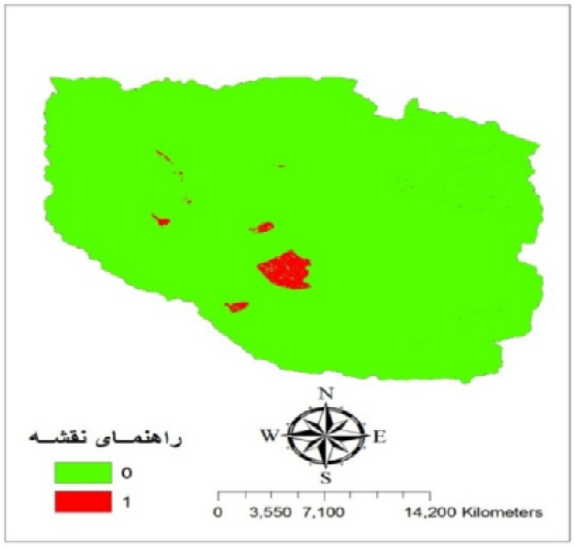
وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در این مدل بر اساس منطق صفر و یک می‌باشد. این مدل دارای اپراتورهای NOT, AND, OR، XOR می‌باشد. عملگرهای AND و OR دارای بیشترین کاربرد در تحلیل‌های جغرافیایی بوده و به‌ترتیب به‌نام عملگرهای متقاطع و متحدکننده نیز خوانده می‌شوند.

الف) مدل Bool AND: وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در مدل‌های Bool براساس منطق صفر و یک می‌باشد. اپراتور AND، عملگر اشتراک مجموعه‌هاست. یعنی در این اپراتور فقط پیکسلی که در تمام نقشه‌های که پایه ارزش یک دارند، در نقشه نهایی ارزش یک دارد انتخاب خواهند شد (شکل شماره ۱۳). براساس رابطه (۲)، لایه‌های اطلاعاتی در قالب مدل Bool AND در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تلفیق می‌شوند. رابطه (۲):

Suit BO=(map A) AND (map B) AND (map C) AND…(map N)…

براساس تحقیق، ترکیب یا اشتراک نقشه‌ها براساس عملگر AndBOOL به‌صورت زیر محاسبه و تهیه می‌شود.

= مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه سفره‌های زیرزمینی و پخش سیلاب، Suit o= (نقشه شیب) and (نقشه کاربری اراضی) and (نقشه ژئومورفولوژی) and (نقشه ژئولوژی) and (نقشه هدایت الکتریکی آب) and (نقشه ضخامت‌آبرفت) and (نقشه ارتفاع) and. (شبکه زهکشی).



شکل (۱٤) نقشه نهایی همپوشانی لایه‌ها براساس BOOL

بررسی مبانی نظری مدل شاخص هم‌پوشانی نقشه (Inedex Overly Map)

مدل شاخص همپوشانی شامل دو روش می‌باشد. انجام مدل همپوشانی شاخص به دو روش امکان‌پذیر است:

الف) روش اول مدل شاخص همپوشانی نقشه یا (Binary Evidence): نقشه‌های ورودی فاکتورها و پارامترها، همانند روش بولین به‌صورت باینری (۰ و۱) هستند. در این

روش هر نقشه فاکتور، وزنی جداگانه دارد و برای ترکیب با نقشه‌های دیگر، فقط در عامل وزنی خودش ضرب می‌شود. در این روش اهمیت کلاس‌های مختلف موجود در یک نقشه فاکتوریکسان در نظر گرفته می‌شود.

رابطه (۳):

$$S = \frac{\sum_1^n WiClass \quad (mapi)}{\sum_1^n Wi}$$

جدول (۱) وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی براساس نظر کارشناسان جهت مدلBinary Evidence

زمین شناسی	مورفولوژی	شیب	هدایت الکتریکی	قابلیت انتقال	ضخامت ابرفت	کاربری اراضی	تراکم زهکشی	ارتفاع
۰/۹	۰/۶	۰/۸	۰/۴	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۱

محاسبه رابطه ریاضی بالا در محیط نرم‌افزار Arc GIS به صورت زیر صورت گرفته است.

rclass128_Resample]*0/1)+([Reclass of geology23]*0/9)+([Reclass])) of Geomorpholo22] * 0/5) + ([Reclass of Land_Cover20] * 0/4) + ([Reclass of Reclass of DrainDensity_km_in_km2] * 0/6) + ([Reclass of Reclass of ec_rec] * 0/4) + ([Reclass of Reclass of Reclass of AlluvDepth_m] * 0/6) + ([Reclass of Reclass of Slope of Slope_Percent] * 0/8) + ([Reclass of Transmissivity_m2_in_day] * 0/7)) / 5/2

ب) روش دوم مدل شاخص همپوشانی نقشه یا (class maps): روش ۲ انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به روش اول دارد. در این روش علاوه‌بر اینکه به هریک از نقشه‌های ورودی وزنی اختصاص می‌یابد، به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در هر نقشه فاکتور نیز، براساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسی وزنی منتسب می‌شود. به‌عبارتی کلاس‌های مختلف موجود بر یک نقشه واحد، دارای وزن‌های متفاوت هستند.

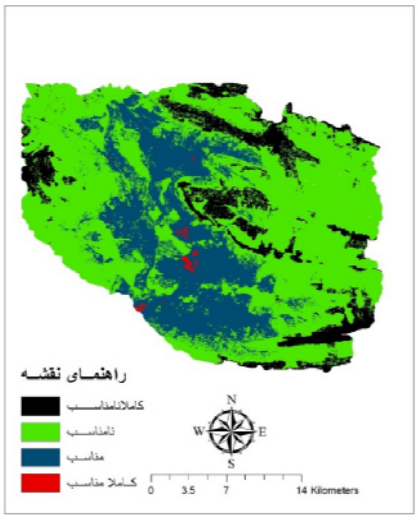
Multi Class Maps: مدل شاخص همپوشانی از دو سیستم دو دویی و چندکلاسه برخوردار است. در هر دوی این دو حالت امتیاز دادن به طبقات هر لایه اطلاعات بین (۰تا ۱۰) است).

جدول (۲) وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی براساس نظر کارشناسان جهت مدل Multi Class Maps

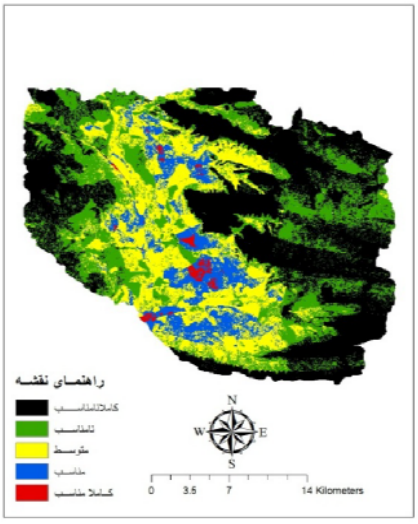
زمین شناسی	ژئومرفولوژی	شیب	هدایت الکتریکی	قابلیت انتقال	ضخامت آبرفت	کاربری اراضی	تراکم زهکشی	ارتفاع
۱۰	۵	۸	۴	۷	۵	۳	۶	۱

محاسبه رابطه ریاضی بالا در محیط نرم‌افزار ArcGIS به‌صورت زیر صورت گرفته است.

(([rclass128_Eleav]) + ([Reclass of geology23] * 10) + ([Reclass of Geomorpholo22] * 5) + ([Reclass of Land_Cover20] * 3) + ([Reclass of Reclass of DrainDensity_km_in_km2] * 6) + ([Reclass of Reclass of ec_rec] * 4) + ([Reclass of Reclass of Reclass of AlluvDepth_m] * 5) + ([Reclass of Reclass of Slope of Slope_Percent] * 8) + ([Reclass of Transmissivity_m2_in_day] * 6)) / 48



شکل (۱۵) نقشه نهایی با مدل Multi class Map



شکل (۱۶) نقشه نهایی با مدل Binary Evidence

در نقشه حاصله از مدل Binary Evidence، Multi class maps هر پیکسل دارای ارزشی بین ۰ تا ۱۰ دارد. که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، برای پخش سیلاب مناسب‌تر است.

روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها[۷]

این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مختلف استوار است. به‌طور کلی روند این روش به این صورت است که ابتدا به‌منظور تعیین از جهت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی (نظر کارشناس) استفاده می‌شود. جدول (۱) که نتایج این مقایسات به‌صورت یک ماتریس در خواهد آمد.

جدول (۳) نحوه قضاوت شفاهی برای مقایسه زوجی در روش تحلیل سلسله‌مراتبی سیستم‌ها

۹	۷	۵	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹
بشدت	خیلی قوی	قوی	به‌طور میانه	به‌طور مساوی	به‌طورمیانه	قوی	خیلی قوی	بشدت

منبع: Saraf, A. K., Choudhury, P.R., 1998

مراحل انجام کار با استفاده از روشAHP را می‌توان در۳ فاز کلی تشریح کرد که شامل:

فاز ۱ـ تشکیل درخت سلسله‌مراتبی: در فاز اول می‌بایستی عواملی که در تصمیم‌گیری مهم می‌باشند را در قالب یک درخت تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی بیان شدند. در تکنیک AHP برای هر کدام از اجزاء درخت برای هر یک از معیارها امتیازی به‌دست آورده و در نهایت معیارها پس از کسب امتیازات رتبه‌بندی می‌شوند. مسلما گزینه‌ای که بیشترین امتیاز را کسب کرده بهترین گزینه برای انتخاب شدن است.

فاز ۲ـ مقایسات زوجی: در روش تکنیک AHP عناصر هر سطح به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن‌ها را محاسبه می‌کنیم. این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق این وزن‌ها، وزن نهایی هر معیار یا پارامتر مشخص می‌شود.

فاز ۳- استخراج وزن‌ها از ماتریس تصمیم: روش محاسبه وزن‌ها از ماتریس تصمیم به سازگار یا نا سازگار بودن ماتریس تصمیم وابسته است. در ماتریس تصمیم قطر اصلی برابر

7- AHP

با یک بوده و گزینه‌ها نسبت به گزینه سطر مقایسه و امتیازدهی می‌شود. سپس فرایند نرمال کردن صورت می‌گیرد.

مدل و منطق فرایند سلسله‌مراتبی (AHP)

وزن‌دهی به پارامترها، بر اساس مدل سلسه‌مراتبی (AHP)

فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) جزو روش‌های سیستم‌های تصمیم‌گیرنده چندمعیاره (MCDM) است که می‌تواند چنین مساله‌هایی را در ساختار ساده‌ای حل کند. در این روش قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان درباره هریک از پارامترها از طریق مقایسه زوجی وارد محاسبات می‌شود. بردارهای اولویت و سازگاری و ناسازگاری آن‌ها به‌دست می‌آید.

کنترل نرخ ناسازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان براساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار (Expert choice) صورت می‌گیرد. پس از وارد کردن پارامترها و کلاسه‌های آن‌ها در این نرم‌افزار میزان ناسازگاری آن‌ها تعیین می‌گردد. با توجه به منابع مختلف نرخ ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. لایه‌های ایجاد شده از لحاظ اهمیت برای اجرای طرح پخش سیلاب وزن‌دهی گردیدند. در نهایت به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افراز (GIS) نقشه‌های هر یک از لایه‌های موثر برای حوضه آبخیز گربایگان در محیط GIS تهیه گردید.

جدول (٤) ماتریس نهایی مقایسه زوجی لایه‌ها (وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه زوجی)

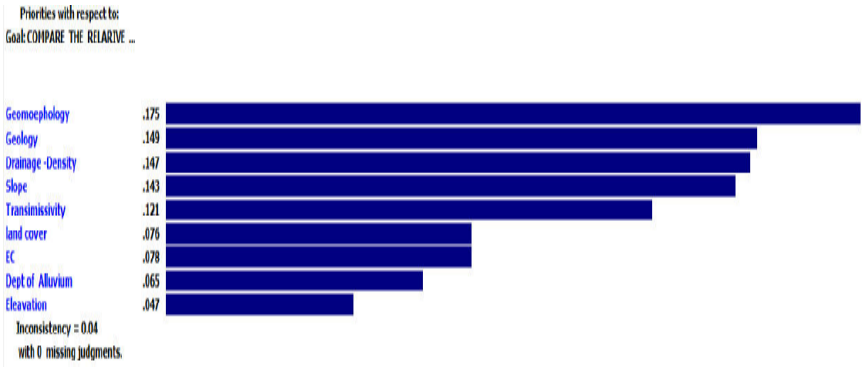
کلاس	ارتفاع	قابلیت انتقال	تراکم زهکشی	کاربری اراضی	سنگ شناسی	زمین شناسی	هدایت الکتریکی	ضخامت ابرفت	شیب	وزن نسبی
شیب	۱،۶	۲،۲	۱،۵	۳	۱،۳	۱،۳	۱،۵	۱،۵	۳	۰/۱۷۵
ضخامت‌آبرفت	۱،۱	۲،۴	۳	۱،۵	۲	۱،۳	۲،۴	۱	۰	۰/۱۴۹
هدایت‌الکتریکی	۱،۵	۱،۴	۲	۲،۶	۱،۴	۲،۴	۱	۰	۰	۰/۱۴۷
زمین‌شناسی	۱،۵	۲	۲،۴	۲،۶	۲،۶	۱	۰	۰	۰	۰/۱۴۳
سنگ‌شناسی	۲،۸	۱،۵	۲	۲،۶	۱	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲۱
کاربری‌اراض	۱،۸	۲	۲،۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۷۶
تراکم‌زهکشی	۱،۵	۲،۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸۷
قابلیت انتقال	۲،۶	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶۵
ارتفاع	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۴۷

میزان سازگاری در مقایسه با تمام پارامترها در نظرگرفته می‌شود. پس از مقایسه‌ای زوجی و تهیه وزن‌های درون لایه‌ای و بین لایه‌ای میزان ناسازگاری به‌دست آمده و کنترل نرخ ناسازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان براساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به‌دست می‌آید. نرخ ناسازگاری برابر ۰/۰۴می‌باشد.

جدول ماتریسی (۵) ماتریس استاندارد با نرم‌افزار Expert choice

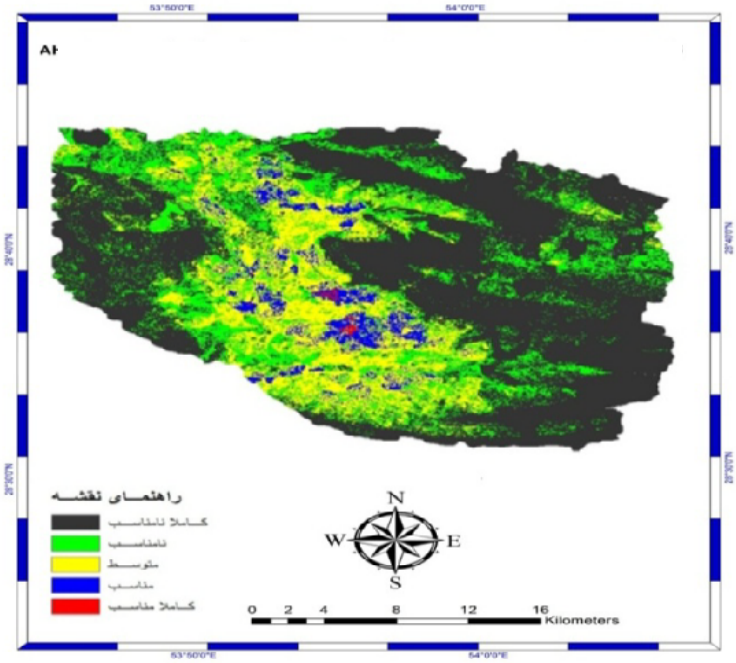
	Geomoephology	Geology	Drainage -Density	Slope	Transimissivity	land cover	EC	Dept of Alluvium	Eleavation
Geomoephology		2.2	1.5	1.3	1.3	3.0	1.5	1.5	3.0
Geology			1.1	1.3	1.5	3.0	2.0	2.4	2.4
Drainage -Density				1.5	1.4	2.4	2.0	2.4	2.4
Slope					1.5	2.4	2.6	2.6	2.6
Transimissivity						2.8	2.0	2.0	2.0
land cover							1.8	2.0	2.2
EC								2.0	2.2
Dept of Alluvium									2.4
Eleavation	Incon: 0.04								

براساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار Expert choice پس از وارد کردن شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها در این نرم‌افزار میزان ناسازگاری آن‌ها تعیین گردید. با توجه به منابع مختلف میزان نرخ ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. چنانچه این‌گونه نباشد بایستی در صدد رفع این مشکل، وزن‌دهی‌ها تصحیح گردد.



شکل (۱۷) نمایش گرافیکی وزن‌دهی به فاکتورها در ماتریس استاندارد نرم‌افزار Expert choice

پس از به‌دست آمدن وزن‌های نهایی در ماتریس استاندارد، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS با یکدیگر تلفیق گشتند. مکان‌های حوضه آبخیز به ۵ کلاسه (کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب) به‌صورت نقشه نهایی زیر طبقه‌بندی گردیده است.



شکل (۱۸) نقشه نهایی حوضه آبریزگربایگان بر اساس مدل فرایند سلسله‌مراتبی (AHP)

یافته‌ها و بحث

در ارزیابی مدل‌ها از ضریب کاپا (KIA) استفاده شده است. با استفاده از نرم‌افزار IDRISI نقشه‌های حاصل از مدل‌ها که عرصه‌های مناسب و نامناسب طرح پخش سیلاب در آن‌ها تعیین گردیده بود، ارزیابی عرصه‌ها صورت گرفت. محدوده‌های کاملاً مناسب و مناسب در دو طبقه بالایی از لحاظ ارزش قرار دارند. در یک طبقه با ارزش یک (۱) قرار گرفته و پیکسل‌های بیرون از ارزش صفر (۰) را به خود اختصاص داده‌اند. سپس با استفاده از فرمان CROSS TAB برای نقشه‌های هر مدل ضریب کاپا به‌دست می‌آید.

بر اساس جدول شماره (۶) هر قدر مقدار ضریب کاپا از یک دورتر باشد، دارای ارزش پائین‌تری داشته و میزان دقت مدل در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب کاهش می‌یابد، در نتیجه مساحت منطقه انتخاب شده توسط مدل، براساس وزن‌دهی افزایش می‌یابد. به‌عبارتی دیگر: هر قدر مقدار ضریب کاپا کوچک‌تر باشد، دقت مدل پائین‌تر بوده و در نتیجه مساحت به‌دست آمد توسط مدل افزایش می‌یابد. در این تحقیق، مقادیر ضریب کاپا به‌دست آمده برای هریک از مدل‌های AHP، Multi–class maps، Binary Evidence، دو وجهی AND به ترتیب با برابر است با ۰/۰۵۵۴، ۰/۰۳۱۵، ۰/۰۲۷۲، ۰/۰۱۷۳- می‌باشد. بدین ترتیب میزان دقت مدل‌ها حدوداً برابر با ۴۳/۱۷٪ ،۳۲/۱۰٪ ، ۲۱/۷٪ ،۱۳/۳٪ می‌باشد. بیشترین وسعت مکان‌یابی مناطق مستعد جهت پخش سیلاب متعلق به مدل وجهی AND با وسعت ۹۲۸۶ هکتار می‌باشد که دارای پائین ترین ضریب کاپا به مقدار ۰/۰۱۷۳- می‌باشد. بر همین اساس دقت مدل Binary Evidence بیشتر از مدل دو وجهی می‌باشد و ارزش مدل Multi class maps براساس ضریب کاپا بیشتر از مدل Binary Evidence می‌باشد. زیرا علاوه‌بر خود لایه‌ها، واحدهای موجود در لایه نیز ارزش و وزن خواهند داشت. در نهایت، دقت مدل AHP از تمامی مدل‌های به‌کار گرفته شده بیشتر می‌باشد. زیرا وزندهی به معیارها و زیر معیارها براساس پرسشنامه و قضاوت کارشناسان صورت می‌گیرد.

از بررسی جدول شماره (۶) و مشاهده نقشه‌های شماره ۱۶، ۱۷،۱۸ می‌توان دریافت، که این کاهش دقت در مدل‌ها به صورت افزایش در مساحت مناطق مستعد پخش سیلاب توسط مدل‌های دیده می‌شود.

جدول (٦) نتایج بررسی مدل‌های کاربردی در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوضه گربایگان

میزان دقت مدل	مدل کاربردی	مساحت منطقه (هکتار)	ضریب کاپا (KIA)
٪۱۳/۳	دو وجهی AND	۹۲۸۶	-۰/۰۱۷۳
٪۲۱/۷	Binary Evidence	۵۷۱۳	۰/۰۲۷۲
٪۳۲/۱۰	Multi class maps	۲۶۵۵	۰/۰۳۱۵
٪۴۳/۱۷	AHP	۷۲۳	۰/۰۵۵۴
٪۱۰۰	مجموع کل	۱۸۳۷۷	۱

تذکر ۱- محدوده متغیر ضریب کاپا بین (۱-) تا (۱) می‌باشد. هر چقدر به سمت یک میل کند نقشه تخمینی به واقعیت‌های زمینی نزدیک‌تر بوده و دارای دقت بیشتری خواهد بود. از ارزیابی مدل‌ها این چنین

تذکر ۲- مساحت کل حوضه ۲۵۷۹۴۶ هکتار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین و اولین قدم در انجام پروژه طرح پخش سیلاب مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش آب و نفوذ دادن آن به داخل سفره‌های زیرزمینی است. از این جهت استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS)، برای تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب بدون استفاده سامانه تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مقدور نمی‌باشد. مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب به روش GIS یعنی تنها با روی هم انداختن لایه‌ها و در نظر گرفتن اشتراک مکان‌های مناسب در نقشه‌های مختلف به‌عنوان عرصه‌های مستعد، ارزش واقعی لایه‌ها اطلاعاتی را نشان نمی‌دهد. لایه‌های با اهمیت کمتر به اندازه لایه‌های اطلاعاتی مهم تر در محدود کردن عرصه‌های نقش خواهند داشت. هر قدر تعداد لایه‌های اطلاعاتی در داخل مدل افزایش یابد، دقت مدل بیشتر خواهد شد. استفاده از مدل یا مدل‌ها این نقص سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در روش GIS (یعنی تنها با روی هم انداختن لایه‌ها) را بر طرف می‌کند، یعنی مکان‌یابی عرصه‌های مستعد با استفاده از مدل، این قابلیت را در اختیار کاربران قرار دهد تا بتواند ارزش هر لایه را در تلفیق و مکان‌یابی دخالت داده شود. نتایج حاصل از کار و مشاهدات میدانی این تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

۱- نتایج حاصل از بکارگیری همزمان سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سامانه پشتیبان تـصمیم‌گیری (DSS)، حاکی از توانایی و کارایی بالای مدل‌ها به‌کار رفته شده می‌باشد. در این تحقیق میزان توانایی و دقت و کارایی مدل فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) بیش از مدل‌های Multi - class maps و مدل Binary - Evidence است.

۲- از سوی دیگر سایر واحدهای چون EOM , Mcp , Mm1-2 , Mp1aj2 به‌علت قرارگیری این واحدها در شیب‌های بالا و خواص نفوذناپذیری آن‌ها، این مناطق جزء مناطق نامناسب تشخیص داده می‌شوند. همچنین کوهستان‌ها و تپه ماهورهای که دارای شیب تند بیش از ۱۰ درصد هستند مناطق نامناسب قرار گرفته‌اند. این نتایج با نتایج عبدی (۱۳۸۴) که عرصه‌های کواترنری را مکان‌یابی نمود هماهنگی دارد.

۳- در مناطق مستعد پخش سیلاب بیشتر در واحدهای کواترنری PLQb, Qscg, Qgsc, Qb, Mm-1, Qc2 قرار گرفتند که از علل آن می‌توان به قرارگیری این واحدها در حواشی آبراهه‌های اصلی حوضه وهمچنین دارای محتوی تشکیل شده این واحدها از رس، سیلت، ماسه، گراول، ... اشاره کرد.

منابع

۱ـ اصغرپور، م.ج. (۱۳۸۳)، «***تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره (A.H.P)***»، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲ـ آرنوف، استن (۱۳۷۵)، «***سیستم اطلاعات جغرافیایی***»، ترجمه سازمان نقشه‌برداری کشور، چاپخانه سازمان نقشه‌برداری، ص ۳۱۳.

۳ـ آل‌شیخ، ع. ا.؛ سلطانی، م.ج.؛ هلالی.ح. (۱۳۸۱)، کاربرد GIS در مکانیابی عرصه‌های پخش سیلاب، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، ۱۷ (۴)، ص ۳۸-۲۳.

۴ـ حامدپناه، ر.؛ زهتابیان، غ.ر.؛ مهدوی، م.؛ علوی‌پناه، س.ک.؛ غفاری،ع. ر. (۱۳۷۹)، «بررسی مکان پخش سیلاب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی»، چکیده مقالات همایش کاربرد سنجش از دور وسامانه اطلاعات جغرافیایی در مطالعه مناطق بیابانی، ص۷.

۵ـ دادرسی سبزوار، ا. (۱۳۸۷)، «مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل‌های مفهومی سازگار با GIS در مکان‌یابی مناطق مستعد گسترش سیلاب با کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای سنجنده ETM»، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک ۸۷ و چهارمین همایش یکسان‌سازی نام‌های جغرافیایی، ۲۲-۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۷، سازمان نقشه‌برداری، ص ۱۰.

۶ـ قدسی‌پور، ح. (۱۳۸۵)، «***مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره***»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ص ۲۲۰-۲۱۸.

۷ـ کوثر، سیدآهنگ (۱۳۷۴)، «مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری از آن‌ها»، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول، ص ۵۱۲.

۸ـ مرکز آمار ایران (۱۳۸۶و۱۳۷۵)، «سالنامه آماری استان فارس».

۹ـ مهدوی، محمد (۱۳۸۲)، «***هیدرولوژی کاربردی***»، انتشارات دانشگاه تهران، جلد، ۲، ۱.

۱۰ـ مهرورز مغانلو، ک.؛ فیض‌نیا، س.؛ غیممیان، ج.؛ احمدی، ح. (۱۳۸۴)، «بررسی نهشته‌های کواترنری جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب به‌کمک فن سنجش از دور RS و سیستم

اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: دشت تسوج)»، ***فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران***، ۱۲ (۴)، ص ۴۳۷-۴۶۷.

12- Alesheikh, AA. and H. Helali, (2002), "Web GIS Developmant Strategy", ***GIM International***, Nov. 2008 ,Vol. 16, Noll, Pp 12-25.

13- Alesheikh, AA. Soltani, Mohammad Jafar., Nouri, (2008), "Land Essessment for Flood Spreading Site Selection Using Geospatial Information System", ***Internutional Journal of Enviromental Science Technology***, Volume 5, pp. 455- 462.

14- Krishnamurthy, J., Srinivals, G., (1996), "An Approach To Demarcate Groundwater Potential Zones Through Remote Sensing And Geographical Information System, ***International Journal of Remote Sensing***, 17 (10): 1867-1884.

15- Saraf, A.K., Choudhury, P.R., (1998), "Integrated Remote Sensing and GIS For Ground Water Exploration and Identification of Artificial Recharge Sites", ***International Journal of Remote Sensing***, 19 (10): 1825-1841.

16- Kheir Khah Zarkesh, M., (2009), "***DSS for Floodwater Site Sletion in Iran***", PH.

17- Chowdury, Alivia, K. Jha, Madan, Chowdary, V.M., (2010), "Delineation of Ground Water Recharge Zones and Indentification of Artificial Recharge Site in West Medinipur District, West Bengal, Using RS & GIS and MCDM Techniques", ***Environmental Earth Science***, Volume 59, 1209-1222.