مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره دهم، شماره بیست و هفتم، بهار ۱۴۰۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸
صفحات: ۴۶ - ۲۱

مقاله (علمی پژوهشی)

پهنه‌بندی نواحی سیل‌خیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS)، (مطالعه موردی : شهرستان داراب)

سیدحسین میرموسوی*[۱]، حسین اسمعیلی[۲]

۱*. دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان
۲. کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان

چکیده

مخاطرات طبیعی حوادث ناگواری هستند که هر ساله باعث بروز صدمات و خسارات بسیار زیاد و جبران‌ناپذیر به محیط طبیعی و پدیده‌های انسان ساخت می‌شوند. سیلاب‌ها از جمله مخاطراتی هستند که همیشه احتمال رخ داد آنها به عنوان یک مخاطره طبیعی برای انسان‌ها وجود داشته است. در این میان شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز از جمله اقدامات اولیه برای مقابله با آنها محسوب می‌شود. شهرستان داراب نیز از این امر جدا نبوده و این پژوهش با هدف تهیه نقشه پتانسیل سیل‌خیزی شهرستان انجام شد. با توجه به این نکته که در سیل‌خیزی هر منطقه معیارهای زیادی دخیل می‌باشد، لذا در این پژوهش۱۲ معیار شیب، جهت شیب، بارش، ارتفاع رواناب، وضعیت شماره منحنی (CN)، جهت جریان تجمعی، وضعیت گروه‌های هیدرلوژیکی خاک، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، تراکم شبکه زهکشی، وضعیت ارتفاعی حوضه و فاصله از آبراهه‌ها، انتخاب و نقشه‌های مربوط به هریک تهیه گردید. در مرحله بعد نقشه‌های تهیه شده با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با استفاده از نرم افزار اکسپرت‌چویس وزن‌دهی و توسط مدل منطق فازی فرایند فازی‌سازی آنها انجام شد. در نهایت همپوشانی لایه‌ها با استفاده از عملگر فازی جمع جبری (SUM) در نرم افزار Arcmap انجام شد و بدین ترتیب نقشه‌های مربوط به پهنه‌بندی خطر رخداد سیل شهرستان داراب با دوره‌های بازگشت مختلف و در ۵ طبقه استخراج شد. نقشه‌های بدست آمده با دوره‌های بازگشت مختلف، از الگوی تقریباً یکسان و مشابهی برخوردار می‌باشند. به طوری که بر اساس نقشه‌های نهایی خطر وقوع سیل با دوره‌های بازگشت ۲۵، ۱۵، ۵ و ۵۰ ساله، به ترتیب ۹/۷۱، ۹/۳۹، ۸/۴ و ۹/۹۳ درصد از مساحت شهرستان دارای خطر سیل‌خیزی خیلی کم و ۹/۲۴، ۱۰/۶۴، ۱۱/۹۰ و ۸/۶۵ درصد از مساحت آن دارای خطر سیل‌خیزی خیلی زیاد می‌باشد.

واژگان کلیدی: نواحی سیل‌خیز، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور (RS)، منطق فازی، مدل AHP، لندست۸.

*- سیدحسین میرموسوی (نویسنده مسئول) Email: Hossein.mirmousavi@znu.ac.ir

مقدمه

مخاطرات طبیعی حوادثی هستند که باعث ایجاد آسیب قابل توجهی به محیط طبیعی و پدیده‌های انسان ساخت می‌شوند (وروگوشین[1] و همکاران، ۲۰۱۲). اخیراً مطالعات جهانی نشان می‌دهند که مخاطرات سیل بیشتر از سایر مخاطرات در حال وقوع می‌باشند که زیان‌ها و ضررهای آنها حتی بیشتر از سایر مخاطرات مانند طوفان و زلزله می‌باشد (ری[2]، ۲۰۱۳، لیان[3] و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی‌ها حاکی از آن است که زیان‌های وارده ناشی از سیل، ۳۱ درصد از کل خسارات ناشی از سایر مخاطرات طبیعی و محیطی را شامل می‌شود (دانو اومر[4] و همکاران، ۲۰۱۱). در واقع سیلاب همیشه به عنوان یکی از مخرب‌ترین خطرات طبیعی برای بشر بوده است (بولومیتس[5] و همکاران، ۲۰۱۹). به طوری که از زمانی که مجوز ساخت و ساز در دشت‌های سیلابی توسط بسیاری از کشورها صادر گردید، خطرات وقوع سیلاب در طول زمان رو به افزایش گذاشت (کوسکی[6] و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات بسیاری نشان می‌دهد که افزایش تعداد سیلاب‌های رخ داده عمدتاً ناشی از افزایش سریع سطوح مصنوعی، گسترش شهرنشینی و قطع درختان جنگل‌ها می‌باشد (کریستینسن[7]، ۲۰۰۳، برونسترت[8]، ۲۰۰۳). وقوع سیلاب در رودخانه‌ها و خسارات ناشی از آن‌ها، همواره یکی از جمله دغدغه‌های ساکنین مناطق سیل‌خیز کشور بوده است (اسمعلی و عبدالهی، ۱۳۸۹: ۴۵۹). همچنین سیلاب می‌تواند تأثیر زیادی بر روی سلامت مردم گذاشته و باعث شیوع بیماری‌های زیادی میان جوامع مختلف گردد (اهرن[9] و همکاران، ۲۰۰۵). روش‌های مختلفی برای کنترل سیل وجود دارد. یکی از مهمترین اقدامات در این راستا شناسایی مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی و اولویت‌بندی آن‌ها می‌باشد که اطلاعات اززشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد (حساس و همکاران: ۱۳۹۶، ۲). با توجه به مطالبی که بیان شد، امروزه پهنه‌بندی و پتانسیل‌سنجی مناطق دارای توان تولید سیل در مناطق مختلف کشور جهت جلوگیری و کاهش خسارات و صدمات احتمالی در صورت وقوع سیل، امری ضروری و مهم به حساب می‌آید. شهرستان داراب نیز از امر مستثنی نبوده و کما اینکه در طول سال‌های اخیر سیلاب‌های متعددی را تجربه نموده است که از جمله آنها می‌توان به سیلاب‌های سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ اشاره نمود که باعث بوجود آمدن خسارات و تلفات بسیاری در این شهرستان شد و با این وجود تا به امروز هیچ گونه مطالعه‌ای در زمینه سیل در سطح شهرستان صورت نگرفته است، لذا هدف نهایی از انجام این مطالعه تهیه نقشه پتانسیل سیل خیزی شهرستان داراب می‌باشد.

پیشینه تحقیق

در زمینه پهنه‌بندی سیلاب و تهیه نقشه خطر آن مطالعات بسیاری در ایران و جهان انجام شده است که می‌توان به مواردی چند از آنها اشاره نمود:

1 - Vorogushyn
2 - Re
3 - Lian
4 - Dano Umar
5 - Boulomytis
6 - Kusky
7 - Christensen
8 - Bronstert
9 - Ahren

اسلام و سادو [1](۲۰۰۰) در مطالعه خود با بهره‌گیری از تکنیک سنجش از دور و با استفاده ازداده‌های حاصل از سیل سال ۱۹۹۸ در بنگلادش، نقشه خطر رخداد سیل را توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای این کشور تهیه نمودند. تاناوید[2] و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای جهت برآورد خطر رخداد سیل در منطقه‌ای در جنوب تایلند بنام هات‌یی-میونی سیپالیتی، با تولید نقشه‌های مربوط به توپوگرافی منطقه، شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و تراکم زهکشی در نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سپس رتبه‌بندی عوامل یاد شده، نقشه خطر وقوع سیل را در ۵ طبقه ترسیم نمودند. ژان و هوانگ [3](۲۰۰۴) با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به تعیین شماره منحنی و محاسبه میزان نفوذ و رواناب در حوضه مورد مطالعه خود اقدام نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)[4] معمول‌ترین روش پیش‌بینی حجم رواناب است. سینها[5] و همکاران (۲۰۰۸) با بهره‌گیری از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[6]، نقشه پهنه‌بندی خطر بروز سیل را در رودخانه کوسی[7] هندوستان با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی ناشی از عوامل طبیعی و انسانی دخیل در بروز سیل را تهیه نمودند. کین[8] و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود به پهنه‌بندی بزرگراه‌های چین به لحاظ خطر وقوع سیلاب، با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با بهره‌گیری از معیارهایی چون وضعیت زمین‌شناسی، شدت بارش، فراوانی سیلاب‌ها، اقدام نمودند. کازاکیس[9] و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود به تهیه نقشه خطر سیل با استفاده از شاخص خطر سیل [10]در شمال شرقی یونان پرداختند. آنها ابتدا نقشه‌های مربوط به هریک از پارامترهای شاخص‌خطر سیل را تهیه کردند. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی اقدام به وزن‌گذاری نقشه‌ها نمودند و در نهایت با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی خطر سیل را استخراج نمودند. یوسف و هگاب[11] (۲۰۱۹) در مطالعه خود با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و GIS به منظور ایجاد نقشه حساسیت سیل برای منطقه رأس غریب [12]در مصر اقدام نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که ۷۶ درصد منطقه در برابر وقوع سیل مستعد و بسیار حساس، ۱۹,۱ درصد آن حساس، و ۴,۷ درصد دارای حساسیت پایین و بسیار پایین می‌باشد. داس[13] (۲۰۱۹) نقشه حساسیت سیل را براساس پارامترهای تاثیرگذار در وقوع سیل، یعنی ارتفاع، شیب، فاصله از شبکه زهکشی، وضعیت ژئومورفولوژی زمین، تراکم زهکشی، جهت جریان تجمعی، بارش، کاربری اراضی، لیتولوژی، شاخص توان جریان، و انحنای توپوگرافی را برای حوضه آبریز اولهاس[14] را تهیه نمود. نقشه حاصله نشانگر این است که حدود ۲۵ درصد از مساحت حوضه آبریز اولهاس در معرض خطر بسیار بالایی قرار دارد. میندج[15] (۲۰۱۹) در مطالعه خود با هدف شناسایی مناطق مستعد سیل از طریق کاربرد مدل رگرسیون لجستیک و استفاده از داده‌های

1 - Islam & Sado
2 - Tanavud
3 - Zhan & Huang
4 - Soil Conservation Service
5 - Sinha
6 - Analytic Hierarchy Process
7 - Kosi
8 - Qin
9 - Kazakis
10 - Flood Hazard Index
11 - Youssef & Hegab
12 - Ras Gharib
13 - Das
14 - Ulhas
15 - Mind'je

سنجش از دور (RS)[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به مدل‌سازی حساسیت سیل و تهیه نقشه خطر سیل در رواندا پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان داد که شاخص NDVI[2] و بارندگی مهم‌ترین متغیرهای موثر در برآورد خطر سیل هستند که رابطه مثبت و بالایی با وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی حوضه آبخیز اخترآباد را با توجه به عوامل مؤثر در پتاسیل سیل‌خیزی مورد بررسی و پهنه‌بندی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد که پهنه‌های با خطر سیل‌خیزی زیاد در شمال و جنوب حوضه واقع حوضه شده است. رفیعی و همکاران (۱۳۹۲) نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده ازGIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی را برای شهر تهران تهیه نمودند. قنواتی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز بالخلوچای اقدام نمودند. آنها با انتخاب پارامترهای تأثیرگذار در وقوع سیلاب نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه را با دوره‌های بازگشت مختلف تهیه نمودند. ایمانی و پورخسروانی (۱۳۹۶) با استفاده از مدل منطق فازی به پهنه‌بندی شهرستان اردبیل اقدام نمودند. نتیجه نهایی مطالعه آنها نشان‌دهنده این است که بخش‌های شمال‌غربی و جنوب‌غربی شهرستان در پهنه‌های بسیار خطرناک قرار دارد. محمودزاده و باکویی (۱۳۹۷) به منظور پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی شهر ساری از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و فازی استفاده نمودند. نتایج مطالعه آنها حاکی از این است که خطر وقوع سیل در قسمت‌های مرکز و جنوب شهر ساری از بیشترین مقدار برخوردار می‌باشد. آبیل و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با انتخاب عوامل ساختاری تأثیرگذار در وقوع سیل، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل شهر زاهدان را تهیه نمودند. شعبانی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود به برآورد ارتفاع رواناب و حداکثر دبی سیلاب حوضه آبخیز لاویج‌رود در شهرستان چمستان با استفاده از مدل اتومات سلولی و SCS اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند پراکنش مکانی بارش مهمترین عامل تولید سیلاب در این حوضه می‌باشد.

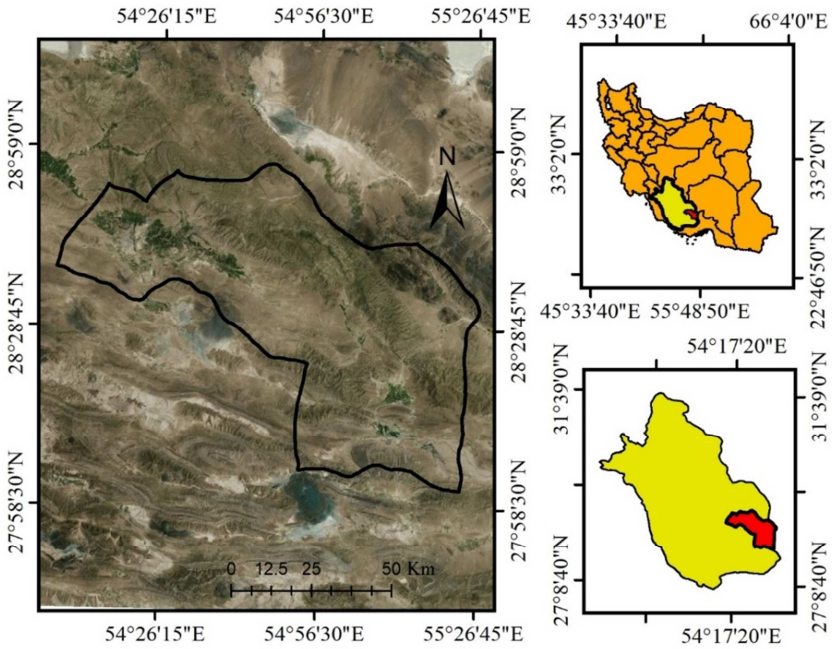
داده‌ها و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

شهرستان داراب در جنوب شرقی استان فارس و در محدوده ۵۴ درجه و ۶دقیقه و ۵ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۲۷ دقیقه و ۷ ثانیه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۱ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شمالی و در فاصله ۲۵۰ کیلومتری از مرکز استان فارس یعنی شهر شیراز قرار دارد. شهرستان داراب از غرب به شهرستان‌های جهرم و فسا، از شرق به هرمزگان، از شمال به نیریز و استهبان و از جنوب به زرین دشت و لارستان منتهی شده است. شکل شماره (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشتر بارش‌های شهرستان داراب در دوره سرد سال رخ می‌دهد به طوری که پربارش‌ترین ماه سال ژانویه (دی‌ماه) می‌باشد. در تابستان‌ها بدلیل دوری از منابع رطوبتی و نبودن عامل صعود هوای مرطوب، حالت هوای گرم و خشک کویری پیدا می‌کند. بارش‌های تابستانی این شهرستان وابسته به رژیم موسمی جنوب‌شرقی می‌باشد. شهرستان داراب از نظر ژئومورفولوژی جزء زاگرس جنوب-

[1] - Remote Sencing
[2] - Normalized Difference Vegetation Index

شرقی محسوب می‌شود و میانگین ارتفاع آن حدود ۱۴۹۱ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد (نوحه‌گر و زارع، ۱۳۹۱).



شکل ۱: تصویر ماهواره‌ای موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

از آنجایی که هدف اساسی این تحقیق شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز می‌باشد و همچنین با توجه به این نکته که در سیل‌خیزی هر منطقه معیارهای زیادی دخیل می‌باشد، لذا در این پژوهش۱۲معیار شیب، جهت شیب، بارش، ارتفاع رواناب، وضعیت شماره منحنی (CN)، جهت جریان تجمعی، وضعیت گروه‌های هیدرلوژیکی خاک، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، تراکم شبکه زهکشی، وضعیت ارتفاعی حوضه و لایه فاصله از آبراهه‌ها، انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. نقشه مربوط به هریک از معیارهای نامبرده در نرم افزارArcmap و ENVI5.3.1 ترسیم گردید. قابل ذکر است جهت استخراج برخی ویژگی‌های فیزیوگرافی محدوده مورد مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی (DEM)[1] با ابعاد سلولی ۱۲/۵ × ۱۲/۵مترکه توسط ماهواره آلوس پالسار[2]تولید شده، از طریق افزونه‌های HEC – Geohms و Archydro در محیط نرم افزار Arcmap بهره گرفته شد. در گام بعد برای بدست آوردن میزان اهمیت هریک از معیارها در رابطه با رخداد سیل و همچنین وزن‌دهی به معیارهای انتخابی، از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و همچنین جهت استانداردسازی لایه‌ها از مدل منطق فازی استفاده شد.

[1] - Digital Elevation Model
[2] - ALOS PALSAR

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روشهای مناسب و مختلفی برای ارزیابی مخاطرات طبیعی و کاربری زمین وجود دارند که شامل روش‌های ابتکاری، آماری و قطعی می‌باشند که از آنها در انجام تجزیه و تحلیل‌ها استفاده می‌شوند (عالیه و یاماگیشی[۱]، ۲۰۰۵، سووری[۲] و همکاران، ۲۰۰۵، پاپادوپولو[۳] و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از روش‌های ابتکاری که بطور گسترده‌ای برای تصمیم‌گیری در زمینه اهداف چندگانه مورد استفاده قرار می‌گیرد روش تحلیل سلسله مراتبی است که بوسیله توماس ال ساعتی ابداع و توسعه داده شد (ساعتی[۴]، ۱۹۷۷). این روش بر پایه مقایسات زوجی بین معیارهای مؤثر در رخداد و همچنین زیر معیارهای مربوط به هریک از معیارهای اصلی استوار می‌باشد. ال ساعتی در صدد برآمد تا راه‌کاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مورد مسائل پیچیده که عوامل متعددی در آن دخیل بودند، ارائه دهد و نتیجه تحقیقات وی به نام روش (AHP) شهرت یافت (نادری و همکاران، ۱۳۹۰). در روش مذکور عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن آنها محاسبه می‌گردد و سپس با تلفیق وزن های مذکور که همان وزن‌های نسبی می‌باشند، وزن نهایی گزینه که آن را وزن مطلق نیز می‌نامیم مشخص می‌گردد (رنجبر و روغنی، ۱۳۸۸). لازم به ذکر است که انجام مقاسیات زوجی بر مبنای مقیاس ۹ کمیتی ارائه شده توسط ساعتی و بصورت شفاهی انجام می‌گردد، بدین معنی که اگر دو معیار A و B را با یکدیگر مقایسه گردند، ترجیح معیار A بر معیار B برطبق یکی از حالات بیان شده در جدول (۱) می‌باشد. شرح کامل این روش در منابع (قدسی‌پور، ۱۳۹۵، ساعتی، ۱۹۹۵، ساعتی و وارگاس، ۲۰۱۲[۵]) ارائه شده است.

جدول ۱: مقایسه ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دو دویی معیارها

مقدار عددی	ترجیحات	
۱	ترجیح، مطلبویت یا اهمیت یکسان	Equal importance
۳	کمی مرجح یا مطلوب‌تر یا مهم‌تر	Moderate importance of one over another
۵	ترجیح یا مطلوبیت یا اهمیت قوی	Essential or strong importance
۷	ترجیح، اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strong importance
۹	کاملاً مرجح، مهم‌تر یا مطلوب‌تر	Extreme importance
۲و۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل	Intermediate values between the two adjacent judgments

منبع: (R. W. Saaty, 1987: 163)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

روش‌شناسی FAHP[۶] بر اساس مفهوم تئوری مجموعه فازی توسط پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ بنیانگذاری شده است (سلیک [۷]و همکاران، ۲۰۰۹). چانگ[۸] (۱۹۹۶) ادغام روش تحلیل سلسله مراتبی AHP را با مجموعه‌های

[1] - Ayalew & Yamagishi
[2] - Svoray
[3] - Papadopoulou
[4] - Saaty
[5] - Saaty & Vargas
[6] - Fuzzy Analytic Hierarchy Process
[7] - Celik
[8] - Chang

فازی پیشنهاد نموده است. و افرادی چون ون لارهوون و پدریکز [1](۱۹۸۳) روش تحلیل سلسله مراتبی فازی را گسترش دادند و AHP را برای حالتی بسط دادند که به محیط‌های فازی و مبهم منجر می‌گشت. در AHP فازی بعد از ایجاد ساختار سلسله مراتبی برای مساله‌هایی که باید حل شود، برای نشان دادن اهمیت نسبی عوامل متناظر با معیارها از مقایسه‌های نسبی فازی استفاده می‌شود (شجاعیان و همکاران، ۱۳۹۲). منطق فازی درجه‌ای از عضویت بین ۰ تا ۱ را در نظر می‌گیرد که اجازه می‌دهد عنصری از مجموعه فازی به طور نسبی صحیح یا غلط باشد. در تئوری مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضومجموعه مرجع یا در مجموعه هست یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A رابطه (۱) را تعریف کرد (مومنی،۱۳۹۳):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & if\ x\ \in\ A \\ 0 & if\ x\ \in\ A \end{cases} \qquad (۱)$$

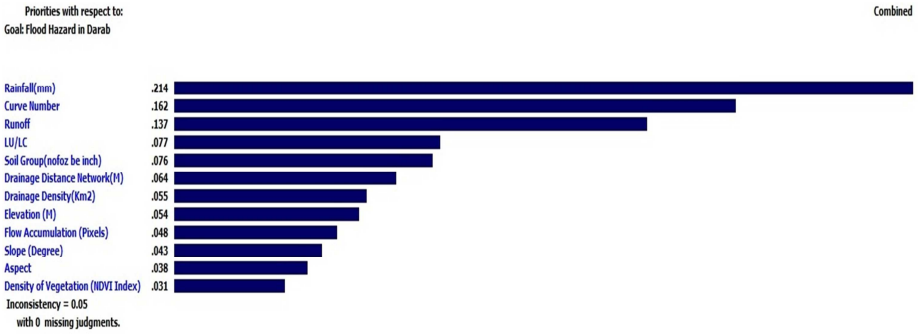
این تابع به هر عضو مجموعه A عدد ۱ و به هر عضو خارج از آن عدد ۰ نسبت می‌دهد. در واقع یک مجموعه فازی توسط تابع عضویتی بیان می‌شود که این تابع عضویت درجه تعلق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین ۰ و ۱ نشان می‌دهد (کاظمی، ۱۳۹۵). تاکنون در رابطه با مجموعه‌های فازی، فازی‌سازی‌های زیادی معرفی شده‌اند که می‌توان به فازی‌سازهای خطی[2]، منفرد[3]، ذوزنقه‌ای[4]، گوسین[5]، Sشکل[6] و تعریف شده توسط کاربر [7]و غیره اشاره کرد. پس از فازی‌سازی داده‌ها لازم است عملیات ریاضی بر روی داده‌های فازی شده انجام پذیرد. شبکه استنتاج فازی با استفاده از عملگرهایی مانند OR، AND، ضرب جبری، جمع جبری و عملگر منطقی گامای فازی ایجاد می‌شود (کرم و یعقوب‌نژاد، ۱۳۹۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داه‌ها در چندین مرحله صورت گرفت: در مرحله اول جهت ارزیابی میزان اهمیت و وزن نسبی هریک از معیارها و زیرمعیارهای دخیل در فرایند سیل‌خیزی، پرسشنامه مربوط به مقایسات زوجی، طبق روش AHP و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ارائه شده توسط ساعتی، تهیه گردید و در اختیار۵۰ نفر از متخصصین و کارشناسان علوم محیطی و علوم زمین قرار گرفت و از آنها خواسته شد تا هریک از معیارها و زیرمعیارها را دو به دو با هم مقایسه کرده و نظر خود را بر اساس میزان اهمیت در بازه اعداد ۱ تا ۹ ابراز نمایند. که عدد ۱ بیان کننده اهمیت یکسان بین دو معیار و عدد ۹ بیانگر اهمیت شدید یک معیار نسبت به معیار دیگر است. بعد از استخراج وزن نسبی مربوط به هرمعیار و زیر معیار از طریق نظرات ارائه شده توسط کارشناسان، برای دست‌یابی به اوزان نهایی مربوط به هریک از معیارها وزیر معیارها، پرسشنامه مربوطه وارد نرم افزار اکسپرت چویس [8]گردیده و پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و انجام تجزیه و تحلیل‌های مربوطه، وزن نهایی هریک از معیارها و زیر معیارها استخراج شد (شکل ۲). از

[1] - Van Laarhoven & Pedrycz
[2] - Linear
[3] - Singleton
[4] - Triangular
[5] - Gaussian
[6] - Sigmonidal
[7] - User – Defined
[8] - Expert Choice

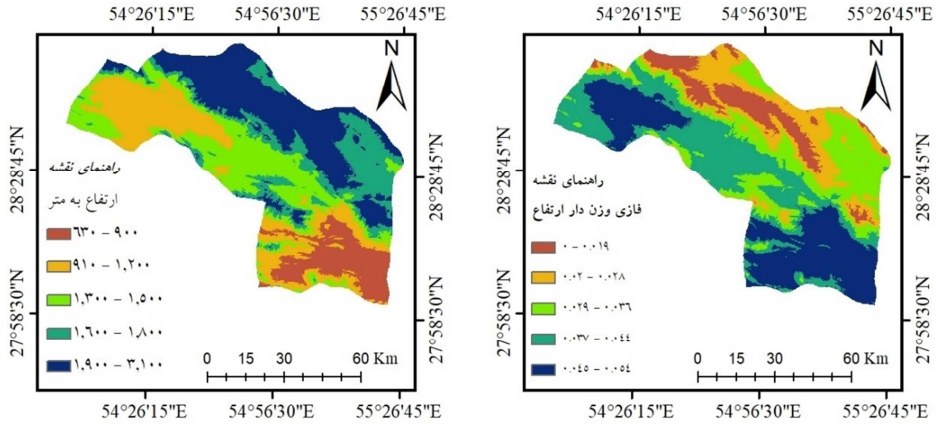
قابلیت‌های مهم این نرم افزار این است که نتیجه انجام مقایسات صورت گرفته را به صورت انواع نمودارها، اشکال و جداول ارائه می‌دهد و همچنین قادر است نرخ ناسازگاری مقایسات را نشان دهد. در مرحله بعد به استانداردسازی لایه‌های دخیل در فرایند سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی بین بازه ۰ و ۱ اقدام شد. سپس لایه‌های استاندارد شده در وزن‌های بدست آمده از طریق روش AHP ضرب شد و در نهایت همپوشانی لایه‌ها با استفاده از عملگر فازی جمع جبری (SUM) صورت گرفت و بدین ترتیب نقشه‌های مربوط به پهنه‌بندی خطر رخداد سیل در شهرستان داراب با دوره‌های بازگشت مختلف تولید شد.



شکل۲: وزن نهایی هر یک از معیارها و زیر معیارهای دخیل در فرایند سیل‌خیزی

ارتفاع حوضه

اکثر مناطقی که در دارای دامنه‌هایی با شیب کم و ارتفاع پایین واقع شده‌اند، در معرض خطر سیلاب می‌باشند. طبقات ارتفاعی در اغلب مطالعات مربوط به تهیه نقشه‌های سیل بکار گرفته می‌شود (فرناندز و لوتز[1]، ۲۰۱۰). لذا ارتفاع حوضه یکی از عوامل حساس و مهم در ایجاد رواناب و سیلاب به حساب می‌آید. بدین صورت که در بالادست اکثراً شیب بالا بوده و جریان آب دارای رواناب بیشتری می‌شود و این رواناب در حوضه‌های پائین دست سرعت کم پیدا می‌کند و این سرعت باعث می‌شود که سیلاب‌های مخرب در آن قسمت زیادتر شود (دژآگاه،۱۳۹۵). در ادامه شکل(۳) نقشه وضعیت طبقات ارتفاعی و فازی وزن‌دار شده طبقات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

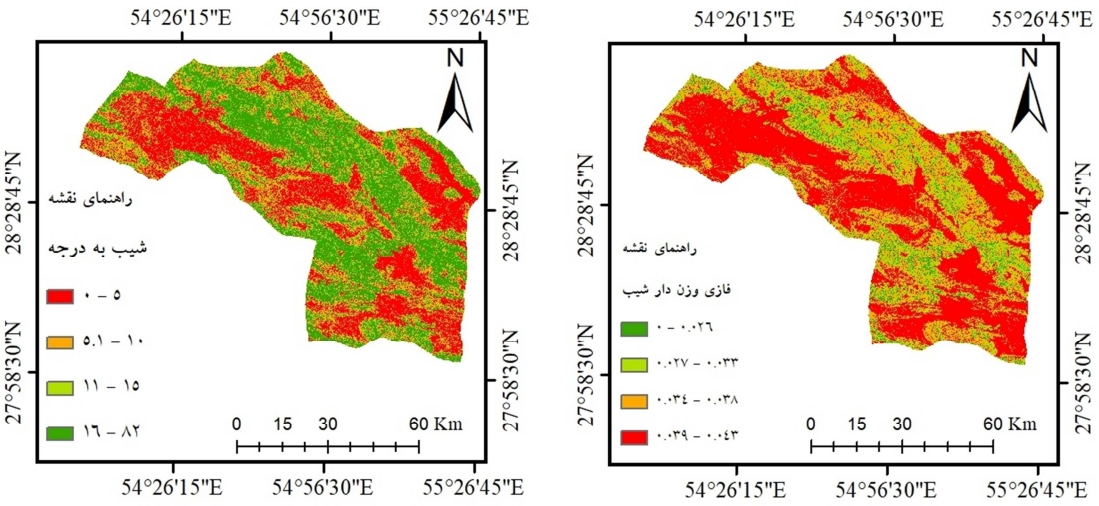


شکل۳: نقشه وضعیت طبقات ارتفاعی و فازی وزن دار ارتفاع محدوده مورد مطالعه

[1] - Fernández & Lutz

لایه شیب

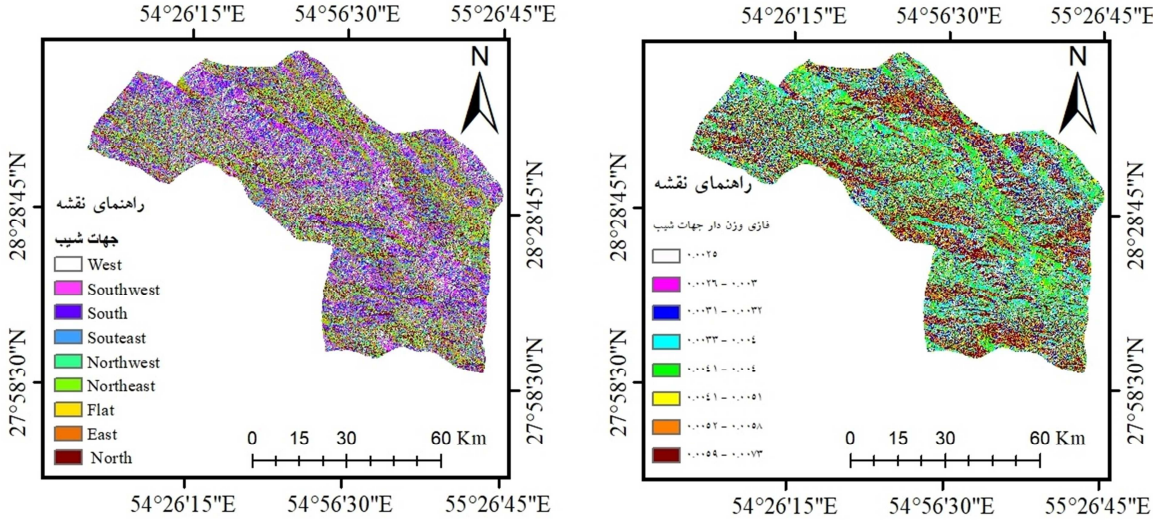
شیب حوضه، نقش اساسی در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش دارد (مهدوی، ۱۳۸۱). هنگامی که میزان شیب زیاد شود، سرعت جریان رودخانه نیز افزایش خواهد یافت (مسعودیان، ۲۰۰۹). لذا با افزایش شیب تخلیه آب سریع‌تر صورت می‌گیرد (زاهدی و بیاتی‌خطیبی،۱۳۸۷). نقشه شیب حوضه از طریق مدل رقومی ارتفاع (DEM) استخراج شد. شکل (۴) نقشه شیب و فازی وزن‌دار شده شیب محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴: نقشه شیب و فازی وزن‌دار شده شیب محدوده مورد مطالعه

جهت شیب حوضه

جهت دامنه‌ها روی تأخیر در ذوب برف ناشی از تفاوت درجه حرارت، رطوبت خاک و در نتیجه پوشش گیاهی و همچنین نوع فرسایش تأثیر می‌گذارد. (مهدوی، ۱۳۸۱: ۲۰۱). در این مطالعه جهت به صورت هشت‌گانه (شمال، جنوب، شرق، غرب، شمال‌شرقی، شمال‌غربی، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی) در نظر گرفته شده است. جهت تهیه نقشه جهات شیب از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوضه استفاده شده است. شکل (۵) نقشه جهات شیب و فازی وزن‌دار شده جهات شیب محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

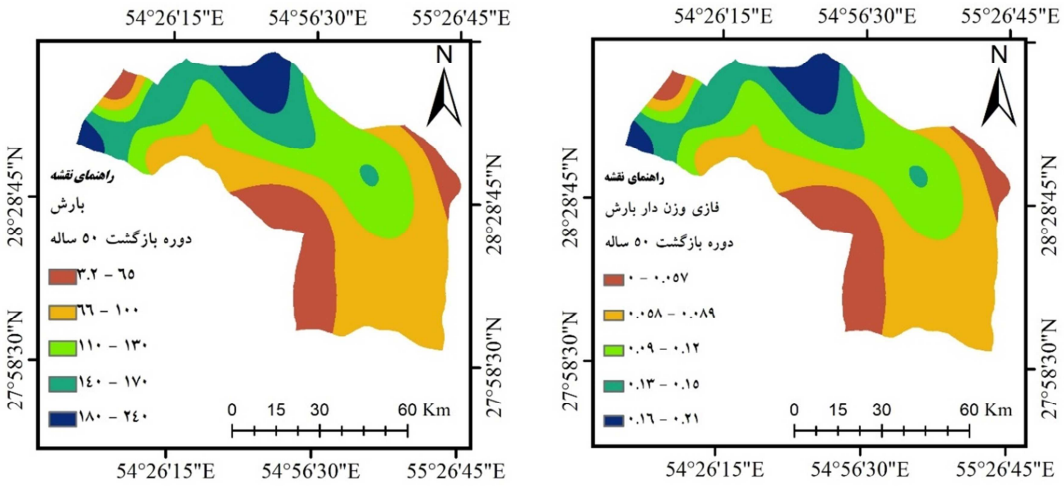


شکل ۵: نقشه جهات شیب و فازی وزن‌دار شده جهات شیب محدوده مورد مطالعه

لایه بارش

بارندگی را می‌توان مهمترین عاملی دانست که بطور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد (علیزاده، ۱۳۹۰). هر بارش به هنگام وقوع وسعتی از یک منطقه را در بر می‌گیرد که به آن سطح بارش گفته می‌شود. سطح بارش در طول مدت بارندگی در حال تغییر است (جداری عیوضی، ۱۳۸۳). قابل ذکر است که بارندگی زیاد، حجم رواناب را تحت تأثیر قرار داده و بدنبال آن وقوع سیل در نواحی پائین دست رودخانه افزایش می‌یابد (تیلور[1] و همکاران، ۲۰۱۱، داوود[2] و همکاران، ۲۰۱۲). برای تهیه لایه حداکثر بارندگی روزانه با دوره‌های بازگشت ۵، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ ساله محدوده مورد مطالعه، از داده‌های۲۱ایستگاه باران‌سنجی موجود در محدوده و همچنین ایستگاه‌های همجوار بدلیل داشتن شباهت اقلیمی و پراکندگی مناسب در سطح و اطراف محدوده در طی دوره مشترک آماری ۲۵ ساله (۱۳۹۸ – ۱۳۷۳) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا با استفاده از نرم افزار SMADA دوره‌های بازگشت مختلف بارش با توزیع آماری مناسب برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه، سپس با استفاده از فرایند درون‌یابی در محیط نرم افزار Arcmap نقشه‌های حداکثر بارش روزانه محدوده با دوره‌های بازگشت متفاوت تهیه گردید. در ادامه برای نمونه نقشه بارش با دوره بازگشت ۵۰ ساله و نقشه فازی وزن‌دار آن در شکل (۶) ارائه شده است.

[1] - Taylor
[2] - Dawod



شکل ۶: نقشه بارش با دوره بازگشت ۵۰ ساله به همراه نقشه فازی وزن‌دار شده محدوده مورد مطالعه

لایه ارتفاع رواناب

فرایندهایی که باعث تولید رواناب می‌شوند ممکن است مهمتر از خصوصیات مربوط به بارندگی باشند (فیش و سرویس[1]، ۲۰۱۲). روش‌های مختلفی برای تعیین میزان رواناب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری وجود دارد. از جمله روش‌های معمول در هیدرولوژی روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است که برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب موجود نیست نیز می‌توان از آن استفاده نمود (علیزاده، ۱۳۹۰: ۵۳۹). که به سبب سادگی محاسبه خیلی سریع به یکی از روش‌ها در میان مهندسین و کارشناسان هیدرولوژی تبدیل شد و بطور کلی برای حوضه‌های کوچک شهری و کشاورزی و حوضه‌های طبیعی متوسط کارایی دارد (میشرا[2] و همکاران، ۲۰۰۶). با توجه به توضیحات ارائه شده، روش بکار رفته در این پژوهش نیز، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) می‌باشد، که بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌گردد:

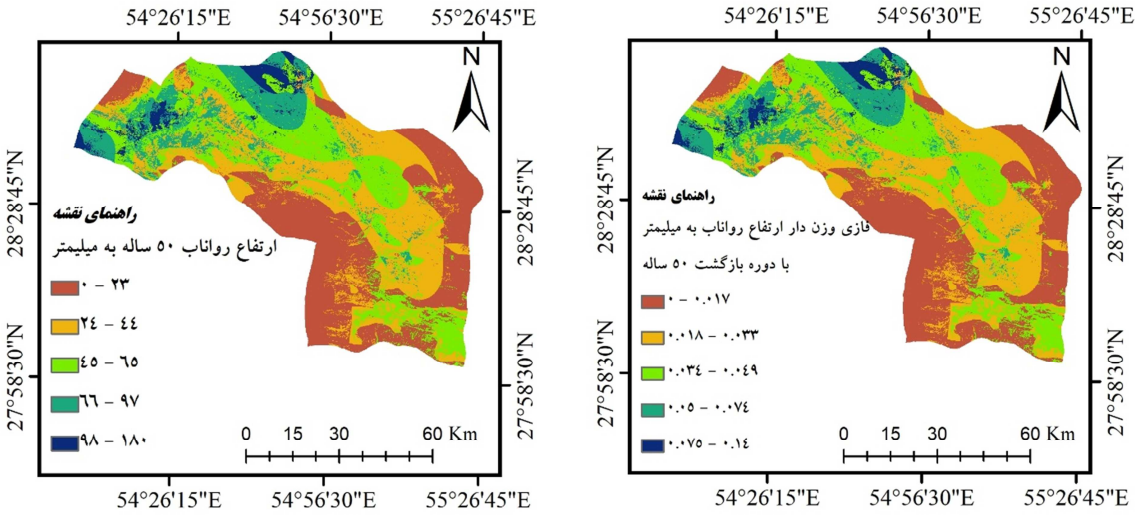
$$R = \frac{(P-0.2\,S)^2}{(P+0.8\,S)} \qquad (۲)$$

که در آن: R = ارتفاع رواناب بر حسب میلیمتر، P = ارتفاع بارندگی (میلیمتر) و S = عامل مربوط به نگهداشت رطوبت در خاک (بر حسب میلیمتر) است که مقدار آن برابر است با رابطه (۳):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۳)$$

که در این معادله CN مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می‌باشد. در ادامه به عنوان نمونه شکل (۷) نقشه ارتفاع رواناب و نقشه فازی وزن‌دار آن را برای دوره بازگشت ۵۰ ساله نشان می‌دهد. قابل ذکر است از آنجا که نقشه‌های ارتفاع رواناب با دوره‌های بازگشت مختلف از لحاظ شکلی الگوی تقریباً یکسان و مشابهی را نشان میدادند از آوردن سایر نقشه‌ها خودداری شد.

[1] - Fish & Service
[2] - Mishra

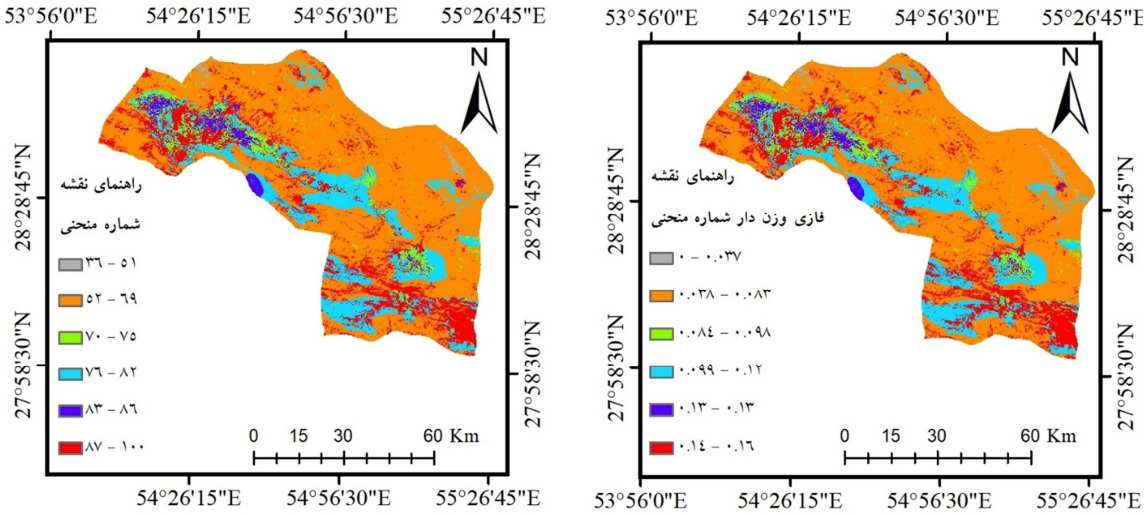


شکل ۷: نقشه ارتفاع رواناب با دوره بازگشت ۵۰ ساله به همراه نقشه فازی وزن‌دار شده محدوده مورد مطالعه

لایه شماره منحنی (CN)

شماره منحنی (CN) یکی از اساسی‌ترین پارامترها در پتانسیل آبدهی حوضه است. شماره منحنی نشان دهنده چگونگی نفوذ بارش یا چگونگی تبدیل به رواناب سطحی است. شماره منحنی بالا به معنای رواناب بیشتر و نفوذ کم است، درحالی که شماره منحنی پائین، به معنای رواناب کمتر و نفوذ بیشتر است (ژان و هوانگ[1]، ۲۰۰۴). مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر صفر روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی خواهد بود.(مهدوی ۱۳۸۱). برای تعیین مقدار شماره منحنی به سه فاکتور انواع کاربری زمین، وضعیت گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و شرایط رطوبت اولیه خاک نیاز می-باشد که در این پژوهش از طریق این سه لایه، لایه CN مربوط به حوضه تهیه شد، شکل (۸).

[1] - Zhan & Huang



شکل ۸: نقشه شماره منحنی (CN) به همراه نقشه فازی وزن‌دار شده محدوده مورد مطالعه

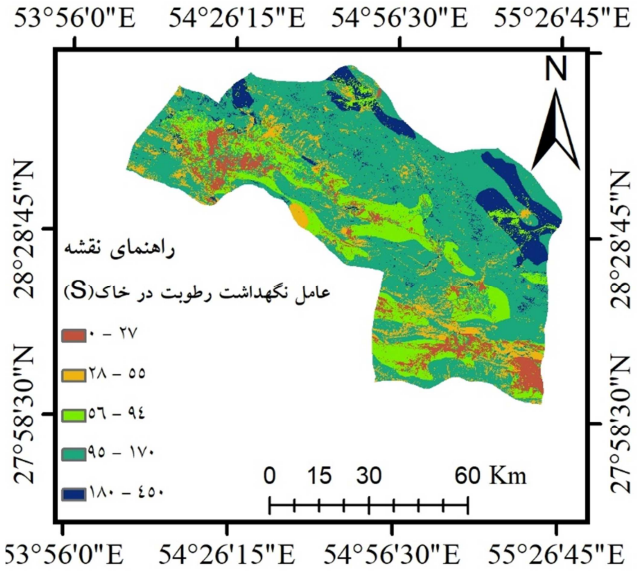
لایه عامل نگهداشت رطوبت در خاک (S)

همانطور که قبلا بیان شد S نگهداشت سطحی رطوبت خاک در داخل حوضه می‌باشد که عامل مؤثر در ارتفاع رواناب حوضه می‌باشد و برای محاسبه رواناب حوضه ابتدا باید مقدار آن را محاسبه کرد. برای تهیه نقشه نگهداشت سطحی خاک، نقشه CN حوضه وارد نرم افزار Arcmap گردید و سپس مقدار S را با اعمال رابطه (۲) که قبلا ارائه شد، محاسبه گردید و در نهایت نقشه رستری مربوط به نگهداشت حوضه ترسیم شد و با استفاده از نقشه تهیه شده نقشه‌های مربوط به ارتفاع رواناب تهیه گردید. شکل (۹).

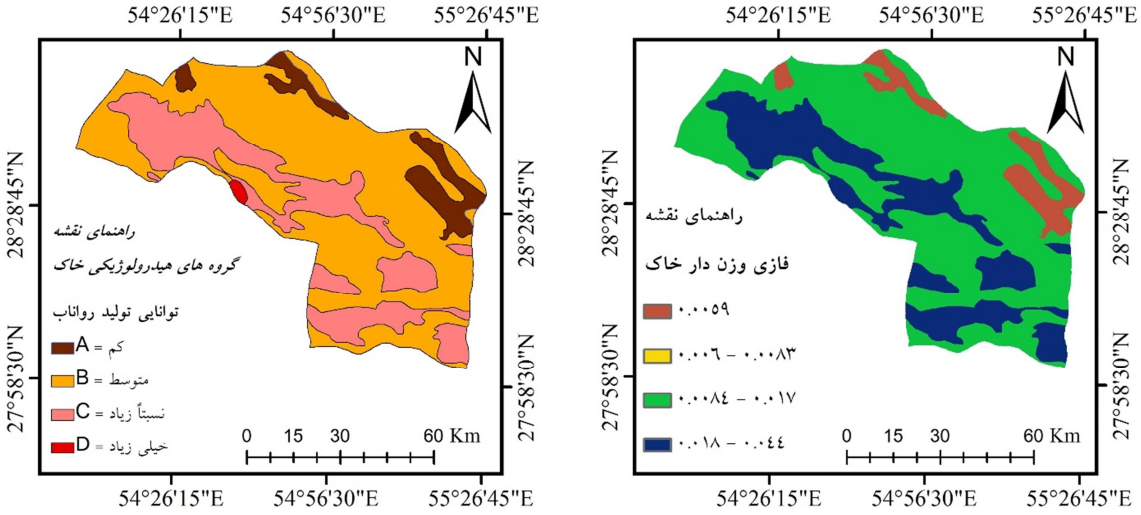
لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

نوع خاک و بافت آن از عوامل تعیین کننده در مقدار نفوذ و نگهداشت آب در یک منطقه می‌باشد که به تبع در قابلیت وقوع سیل تأثیرگذار است (نیارکو[1]، ۲۰۰۲). تمام خاک‌ها بر اساس توان ایجاد رواناب، در چهار گروه ویژه تقسیم شده که هر گروه می‌تواند در صورت نیاز به دقت بیشتر به زیر گروه‌هایی تقسیم شود. چهار گروه فوق الذکر شامل C، B، A و D می‌باشند که توانایی تولید رواناب توسط آنها به ترتیب شامل کم، متوسط، نسبتاً زیاد و خیلی زیاد می‌شود (مهدوی، ۱۳۸۱). شکل (۱۰) وضعیت گروه‌های هیدرلوژیکی خاک شهرستان داراب را نشان می‌دهد.

[1] - Nyarko



شکل ۹: نقشه عامل نگهداشت رطوبت در خاک (S) محدوده مورد مطالعه



شکل ۱۰: نقشه وضعیت گروه‌های هیدرولوژیکی خاک به همراه نقشه فازی وزن‌دار شده آن در محدوده مورد مطالعه

لایه پوشش گیاهی

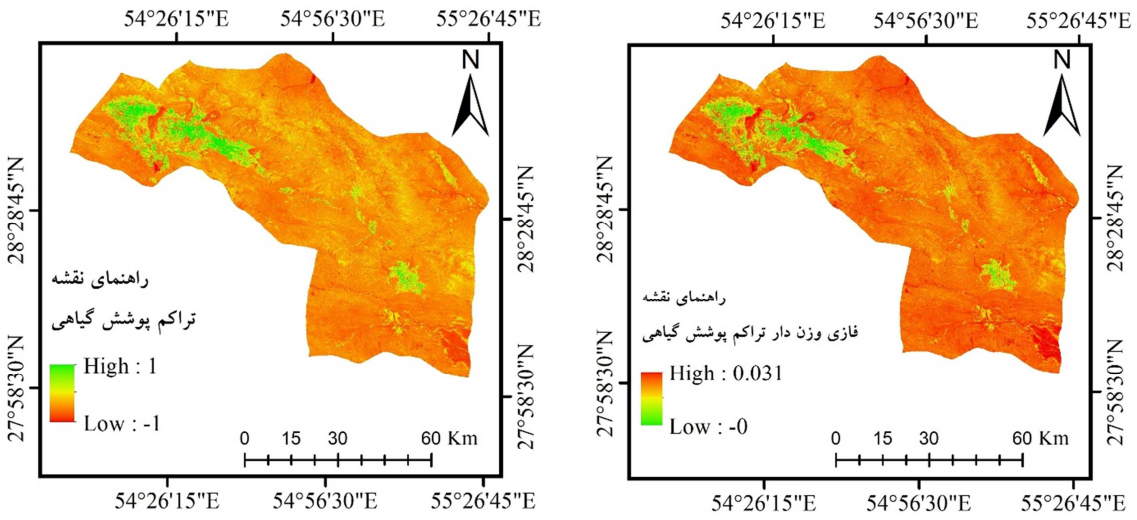
برای تهیه نقشه پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجده OLI که تصویربرداری آن در تاریخ ۳۰ / ۰۱ / ۱۳۹۸ صورت گرفته، استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا پیش پردازش‌های تصاویر شامل تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری با استفاده از مدل FLAASH و همچنین تصحیح ارتفاعی از طریق مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه انجام شد. از آنجایی که تصاویر ماهواره‌ای لندست سطح یک به لحاظ هندسی تصحیح شده

می‌باشند و میزان خطای آنها کمتر از یک متر می‌باشد، بنابراین دارای دقت مناسبی بوده و لذا از انجام تصحیح هندسی مجدد خودداری گردید و همچنین از آنجایی که باندهای مرئی سنجده OLi لندست ۸ دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر می‌باشند، برای افزایش قدرت تفکیک مکانی آنها، توسط تکنیک ادغام[1] به روش Gram – Schmit از طریق باند پانکروماتیک این سنجده، به ۱۵ متر تغییر داده شدند. نقشه پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه بر اساس شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) که معادله آن به صورت رابطه (۴) می‌باشد (می‌تر و کاک[2]، ۲۰۱۱) از طریق نرم افزار ENVI 5.3.1 استخراج گردید.

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (۴)$$

که در آن:

NIR = باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵ لندست ۸) و R = باند قرمز (باند ۴ لندست ۸) می‌باشد. این شاخص دارای مقادیر نرمال بین ۱ + و ۱ – می‌باشد که هرچه درجه سرسبزی منطقه بیشتر باشد، مقادیر این شاخص به یک نزدیک‌تر است (یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). و هرچه مقدار آن از صفر به ۱- نزدیک‌تر شود میزان رطوبت افزایش یافته تا اینکه در ۱- به پوشش آب و پهنه آبی می‌رسد. با توجه به توضیحاتی که ارائه شد مقادیر شاخص پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۱۱: نقشه وضعیت پوشش گیاهی و نقشه فازی وزن‌دار وضعیت پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه

لایه پوشش زمین (پوشش اراضی و کاربری اراضی)

[1] - Fusion
[2] - Mather & Koch

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه از روش طبقه‌بندی نظارت شده [۱] و نوع حداکثر درستنمایی[۲] استفاده شد. بدین صورت که از تصویر لندست ۸ (که در قسمت‌های قبلی جهت استخراج پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه که پیش پردازش‌های لازم بر روی آن اعمال شده است) استفاده گردید. ابتدا برای بدست آوردن بهترین ترکیب باندی مناسب، نمودار همبستگی بین باندها ترسیم شد و توسط شاخص فاکتور بهینه (OIF)[۳] در نرم افزار Ilwis ترکیب باندی ۷،۵،۴ به عنوان بهترین ترکیب باندی انتخاب گردید. قابل ذکر است که مقدار بالای شاخص فاکتور بهینه نشان می‌دهد که باندهای انتخابی حاوی بیشترین اطلاعات (بیشترین انحراف معیار یا کمترین همبستگی بین باندها) می‌باشند (بیوهه[۴] و همکاران، ۲۰۰۷). در مرحله بعد کلاس‌های کاربری اراضی برای طبقه-بندی تعریف شد و سپس با استفاده از نقشه‌های ۲۵۰۰۰۰: ۱و همچنین بازدید زمینی و برداشت نقاط بوسیله GPS و مصاحبه حضوری با ساکنین منطقه، تفسیر بصری، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث [۵]و همچنین استفاده از روش آستانه‌گذاری بوسیله شاخص NDVI، داده‌های آموزشی یا تعلیمی[۶] و داده‌های مرجع یا واقعیت زمینی [۷]برای هر کلاس کاربری در مرحله قبل و بعد از طبقه‌بندی برداشت گردید. در این مرحله سعی شد انتخاب داده‌های آموزشی و مرجع زمینی از پراکنش مناسبی در سطح محدوده برخوردار باشد. حداقل پیکسل‌های آموزشی برای هر کلاس ۱ + N است، که N تعداد باندهای مورد استفاده از طبقه‌بندی می‌باشد، اما بهترین حالت هنگامی است که تعداد نمونه-های آموزشی برای هرکلاس N۱۰ تا N۱۰۰ باشد (لیلسند و کیفر[۸]، ۲۰۰۰). برای انتخاب تعداد نقاط مرجع زمینی در حالت ایده‌آل برداشت حداقل ۵۰ نقطه مرجع لازم است که این مقدار بسته به وسعت کاربری مورد نظر و اهمیت آن قابل تغییر می‌باشد (لیلسند و کیفر، ۲۰۰۰، کی‌ایچ[۹] و همکاران، ۲۰۰۷، مک کوی [۱۰]۲۰۰۵). در ادامه جدول (۲) تعداد داده‌های تعلیمی برای هرکلاس را نشان می‌دهد.

جدول۲: تعداد نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس

نوع		مراتع	باغات	زراعی	زمین بایر	رخنمون سنگی	آب	مسکونی
نمونه‌های تعلیمی	تعداد محدوده‌ها	۲۵۴	۲۶۴	۲۷۶	۲۸۱	۲۲۵	۱۳۸	۱۴۶
	تعداد پیکسل‌ها	۲۴۱۷	۸۲۸۲	۳۲۲۱۷	۸۱۵۹۸	۲۷۳۹۳	۲۵۱۲	۲۷۸۳

منبع: نگارندگان

بعد از استخراج نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی، جهت ارزیابی خطا و برآورد دقت [۱۱]طبقه‌بندی حاصله میان داده‌های مرجع در واقعیت زمینی و داده‌های متناظر آن در نقشه طبقه‌بندی شده، از روش ماتریس خطا [۱۲]استفاده گردید. در ادامه جدول (۳) نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی و پارامترهای آن را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین پارامترهای دقت

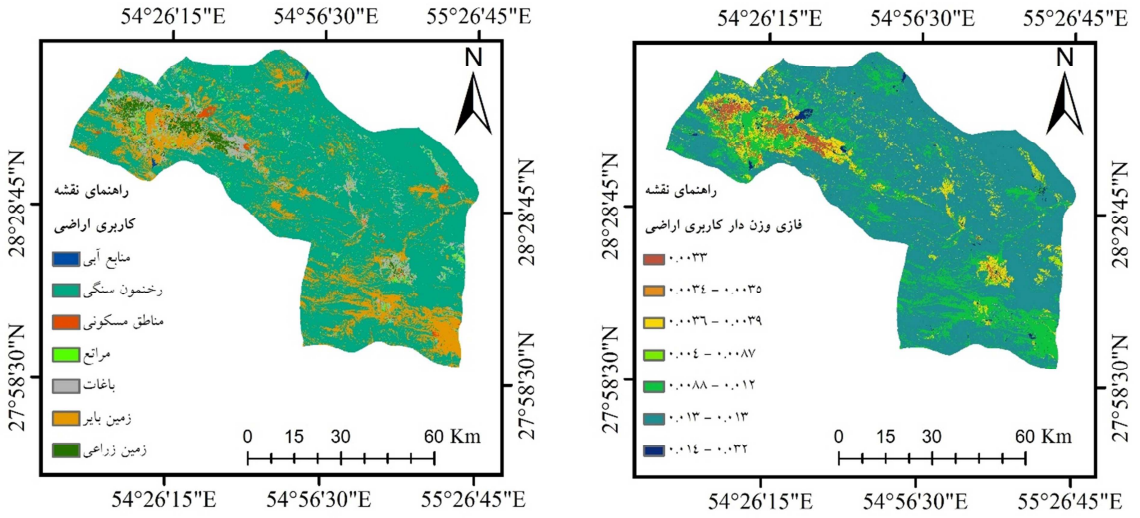
[1] - Supervised Classification
[2] - Maximum Likelihood
[3] - Optimum Index Factor
[4] - Buhe
[5] - Google Earth
[6] - Training Data
[7] - Reference Data or Ground Data
[8] - Lillesand & Kiefer
[9] - Kiage
[10] - McCoy
[11] - Accuracy Assessment
[12] - Error Matrix

که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. در صورتی که مقدار این پارامتر صفر باشد نشان‌دهنده عدم سازگاری بین نتیجه طبقه‌بندی و داده‌های مرجع زمینی و در صورتی که مقدار آن یک باشد بیانگر سازگاری کامل در نتیجه طبقه‌بندی و داده‌های مرجع زمینی می‌باشد (می‌تر و کاک، ۲۰۱۱). با توجه به توضحیات ارائه شده و جدول (۳) و همچنین مقدار بدست آمده ۰/۸۷ درصد برای ضریب کاپا، نتیجه طبقه‌بندی در سطح قابل قبولی صورت گرفته است. قابل ذکر است تمامی محاسبات مربوط به تهیه نقشه کاربری اراضی در محیط نرم افزار ENVI5.3.1 صورت گرفته است. در ادامه شکل (۱۲) نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه به همراه نقشه فازی وزن‌دار آن را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ماتریس خطای نقشه طبقه‌بندی شده به روش حداکثر درستنمایی تصویر لندست ۸ به تاریخ

نوع کاربری	داده‌های مرجع زمینی (واقعیت مرجع زمینی)							تعداد کل نمونه-های مرجع	دقت کاربر (٪)	دقت تولید کننده (٪)
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷			
۱. مراتع	۹۴	۷	۴	۱	۰	۰	۰	۱۰۶	۸۹/۵۲	۸۸/۶۸
۲. باغات	۵	۱۱۰	۷	۴	۰	۰	۰	۱۲۶	۸۲/۷۱	۸۷/۳۰
۳. زراعی	۶	۱۵	۱۰۰	۱	۱	۰	۰	۱۲۳	۸۹/۲۹	۸۱/۳۰
۴. زمین بایر	۰	۱	۱	۹۱	۸	۰	۲	۱۰۳	۸۳/۴۹	۸۸/۳۵
۵. رخنمون سنگی	۰	۰	۰	۷	۱۱۹	۰	۰	۱۲۶	۹۰/۱۵	۹۴/۴۴
۶. آب	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲	۰	۶۲	۱۰۰	۱۰۰
۷. مسکونی	۰	۰	۰	۵	۴	۰	۸۳	۹۲	۹۷/۶۵	۹۰/۲۲
تعداد نمونه‌های طبقه‌بندی شده	۱۰۵	۱۳۳	۱۱۲	۱۰۹	۱۳۲	۶۲	۸۵	۷۳۸		
دقت کلی (٪)	۸۹/۲۹									
ضریب کاپا	۰/۸۷									

منبع: نگارندگان



شکل ۱۲: نقشه کاربری اراضی و نقشه فازی وزن‌دار کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

لایه تراکم شبکه آبراهه یا تراکم شبکه زهکشی

اگر مجموع طول تمام رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه اندازه‌گیری و بر مساحت حوضه تقسیم شود عدد بدست آمده که معمولا بر حسب کیلومتر در هر کیلومتر مربع توصیف می‌شود، تراکم شبکه رودخانه‌های حوضه یا تراکم شبکه زهکشی [1] نامیده می‌شود (علیزاده، ۱۳۹۰). رابطه (۵).

$$\mu = \frac{\sum L_i}{A} \qquad (۵)$$

که در آن:

L_i = طول هریک از آبراهه‌های حوضه، اعم از آبراهه‌های دائم یا خشک رودها، بر حسب Km

A = مساحت حوضه بر حسب Km^2 و μ = تراکم شبکه رودخانه بر حسب Km/Km^2

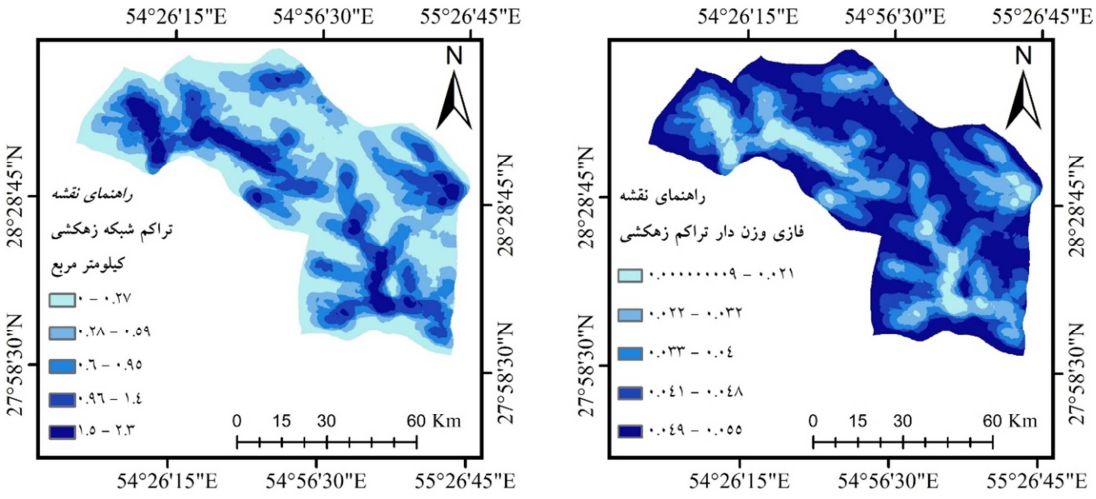
در ادامه شکل (۱۳) نقشه تراکم زهکشی و نقشه فازی وزن‌دار تراکم زهکشی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

لایه جهت جریان تجمعی

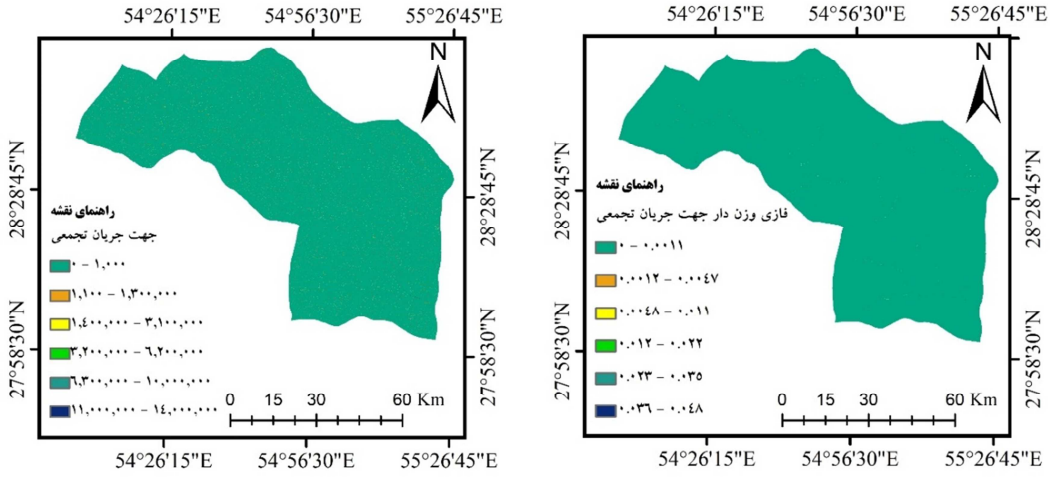
جهت جریان تجمعی [2] یکی از مهمترین پارامترها در قابلیت سیل‌خیزی یک منطقه می‌باشد (کازاکیس [3] و همکاران، ۲۰۱۵). به عبارت دیگر جهت تجمعی زیاد، به معنای افزایش سیل بیشتر می‌باشد (لهنه [4] و همکاران، ۲۰۰۶). لذا ساختمان‌ها و دیگر زیرساخت‌های شهری که در مناطقی با جهت جریان تجمعی زیاد قرار گرفته‌اند، به طور طبیعی

[1] - Drainage Density
[2] - Flow Accumulation
[3] - Kazakis
[4] - Lehner

آسیب بیشتری از سیلاب خواهند پذیرفت (محمود و گان[1]، ۲۰۱۸). شکل (۱۴) نقشه جهت جریان تجمعی و نقشه فازی وزن‌دار آن را نشان می‌دهد (لازم به ذکر است این نوع نقشه‌ها دارای کیفیت و وضوح مناسبی نمی‌باشند).



شکل ۱۳: نقشه تراکم زهکشی و نقشه فازی وزن‌دار تراکم زهکشی محدوده مورد مطالعه



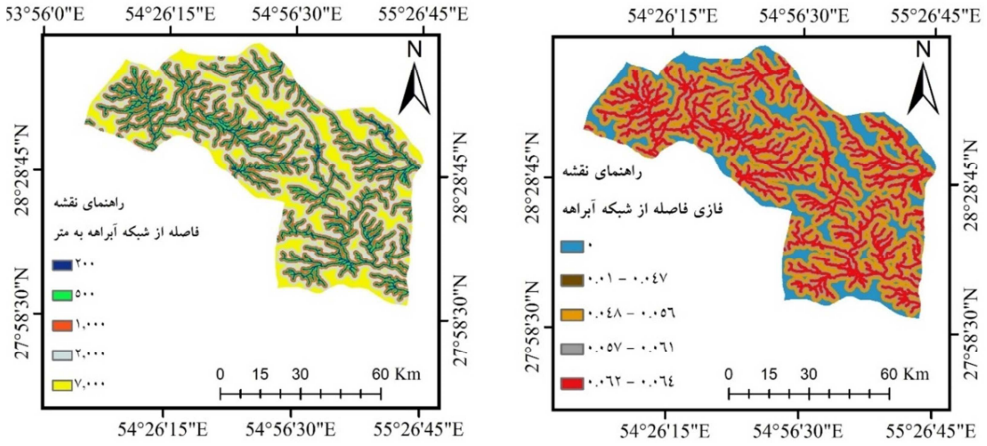
شکل ۱۴: نقشه جهت جریان تجمعی و نقشه فازی وزن‌دار جهت جریان محدوده مورد مطالعه

لایه فاصله از آبراهه‌ها

به طور کلی مناطقی که در فاصله بیشتری از شبکه آبراهه واقع شده‌اند، نسبت به مناطقی که به آن نزدیک ترند، احتمال کمتری وجود دارد که دچار سیل شوند، زیرا مناطق نزدیک‌تر در مسیر جریان رواناب سطحی قرار دارند

[1] - Mahmoud & Gan

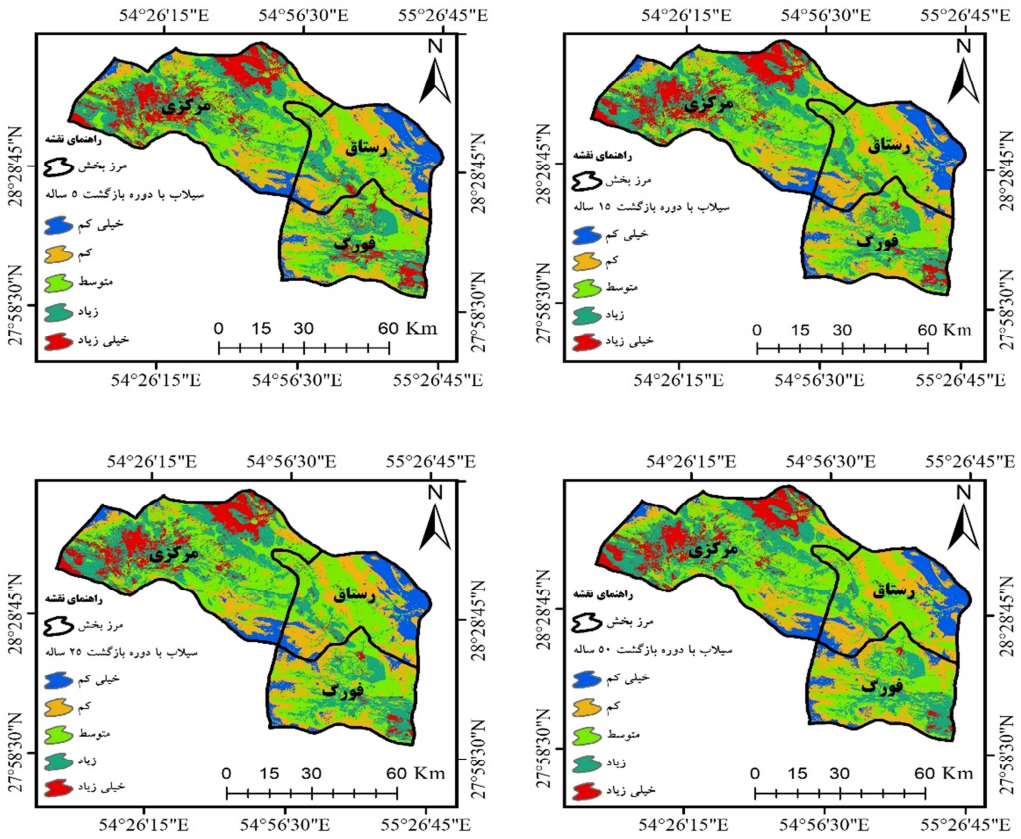
(محمود و گان، ۲۰۱۸). شکل (۱۵) نقشه فاصله از شبکه آبراهه و نقشه فازی وزن‌دار فاصله از شبکه آبراهه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵: نقشه فاصله از شبکه آبراهه و نقشه فازی وزن‌دار فاصله از شبکه آبراهه محدوده مورد مطالعه

همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی

در این مطالعه سعی شد تا با شناسایی عوامل و معیارهای تأثیرگذار در سیل‌خیزی و با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) نقشه پتانسیل خطر سیل‌خیزی شهرستان داراب تهیه گردد. بنابراین پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوطه، توسط عملگر فازی SUM فرایند تلفیق لایه‌ها صورت گرفت و در نتیجه نقشه نهایی پهنه‌بندی سیل‌خیزی شهرستان داراب با دوره‌های بازگشت ۵، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ ساله و در ۵ طبقه سیل‌خیزی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به تفکیک سه بخش مرکزی، رستاق و فورگ واقع در شهرستان تهیه شد که در شکل (۱۶) ارائه شده است. در ادامه جداول (۴) و (۵) درصد مساحت پهنه‌های سیل-خیز کل شهرستان با دوره‌های بازگشت مختلف و همچنین به تفکیک بخش‌های مختلف را نشان می دهند. مطابق با نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵ ساله، ۸/۴۰ درصد از مساحت شهرستان دارای خطر خیلی کم و ۱۱/۹۰ درصد دارای خطر وقوع سیل خیلی زیاد می‌باشد. بر اساس نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۱۵ ساله ۹/۳۹ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه دارای خطر وقوع خیلی کم و ۱۰/۶۴ درصد از مساحت آن دارای خطر وقوع خیلی زیاد می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله حاکی از این است که ۹/۷۱ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه دارای خطر خیلی کم و ۹/۲۴ درصد از آن دارای خطر خیلی زیاد به لحاظ وقوع سیل می‌باشد. بر اساس نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۹/۹۳ درصد از مساحت شهرستان دارای خطر وقوع سیل خیلی کم و ۸/۶۵ درصد از مساحت آن دارای خطر وقوع سیل خیلی زیاد می‌باشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و همانگونه که از نقشه‌های مربوطه نمایان است، خطر وقوع سیل شهرستان با دوره‌های بازگشت مختلف دارای الگوی یکسانی بوده و تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشند.



شکل ۱۶: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی شهرستان داراب با دوره‌های بازگشت مختلف به تفکیک هر بخش

جدول ۴: درصد مساحت پهنه‌های سیل خیز با دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۵ ساله به تفکیک هر بخش و کل شهرستان

نام بخش	خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۱۵ ساله					خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵ ساله				
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
فورگ	۶/۶۷	۲۵/۵۸	۳۵/۸۳	۲۶/۸۷	۵/۰۴	۴/۹۴	۲۱/۸۱	۳۷/۰۱	۲۷/۶۶	۸/۵۹
رستاق	۲۰/۳۳	۳۲/۴۷	۳۵/۵۸	۱۰/۵۵	۱/۰۷	۱۹/۰۹	۳۱/۱۲	۳۶/۱۱	۱۱/۷۱	۱/۹۶
مرکزی	۴/۸۱	۱۲/۱۵	۳۱/۹۶	۳۲/۱۲	۱۸/۹۵	۴/۳۴	۱۲/۸۱	۳۲/۸۱	۳۰/۸۶	۱۹/۱۸
کل شهرستان	۹/۳۹	۲۰/۹۹	۳۳/۹۱	۲۵/۰۶	۱۰/۶۴	۸/۴۰	۱۹/۹۷	۳۴/۷۶	۲۴/۹۷	۱۱/۹۰

منبع: نگارندگان

جدول ۵: درصد مساحت پهنه‌های سیل خیز با دوره‌های بازگشت ۲۵و ۵۰ ساله به تفکیک هر بخش و کل شهرستان

نام بخش	خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله					خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله				
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
فورگ	۷/۷۷	۲۷/۱۱	۳۶/۵۶	۲۶/۶۸	۱/۸۷	۷/۲۸	۲۶/۴۳	۳۶/۵۳	۲۶/۹۸	۲/۷۷
رستاق	۲۰/۸۴	۳۲/۲۲	۳۶/۸۲	۹/۴۲	۰/۷۰	۲۰/۶۷	۳۲/۳۶	۳۶/۶۶	۹/۴۴	۰/۸۷
مرکزی	۵/۰۵	۱۱/۴۸	۳۳/۰۳	۳۳/۷۳	۱۶/۷۱	۴/۹۶	۱۱/۸۷	۳۳/۲۷	۳۲/۵۴	۱۷/۳۵
کل شهرستان	۹/۹۳	۲۰/۹۹	۳۴/۹۴	۲۵/۴۹	۸/۶۵	۹/۷۱	۲۱/۰۴	۳۵/۰۱	۲۵	۹/۲۴

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

میزان خساراتی که وقوع سیل می‌تواند به یک منطقه وارد آورد به اندازه‌ای قابل توجه و مهم است که مطالعه سیل را از زمان‌های گذشته تاکنون مورد توجه قرار داده است. روش‌های مختلفی برای بررسی و محاسبه پتانسیل بروز سیل ارائه شده است که هریک بر اساس ویژگی‌ها و داده‌های اطلاعاتی منطقه مورد نظر میباشد. در این مطالعه سعی شد تا با شناسایی عوامل مؤثر در رخداد سیلاب و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش فازی (FAHP) پهنه‌های سیل‌خیر شهرستان داراب شناسایی گردد. این روش در زمره یکی از روش‌های پرکاربرد در حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد (چان[1] و همکاران، ۲۰۰۰). از میان ۱۲ عامل انتخاب شده و تأثیرگذار در بروز سیل، حداکثر بارش روزانه دارای بیشترین و تراکم پوشش گیاهی دارای کمترین تأثیر بودند. از آنجایی که یکی از عوامل مؤثر در میزان ارتفاع رواناب، مقدار شماره منحنی می‌باشد لذا با بهره‌گیری از تکنیک سنجش از دور و GIS مقدار شماره منحنی بصورت سلولی (پیکسلی)، بر اساس روش SCS برای محدوده مورد مطالعه تولید شد. همچنین نیز از آنجایی که وضعیت کابری اراضی یا پوشش زمین یکی از عوامل مهم در محاسبه مقدار شماره منحنی می‌باشد، لذا جهت استخراج لایه طبقات کاربری محدوده مورد مطالعه از تصویر ماهواره‌ای به روش حداکثر درستنمایی بهره گرفته شد و نقشه کاربری اراضی شهرستان استخراج شد. نتیجه نهایی حاصل از تلفیق نقشه‌های عوامل مؤثر در بروز سیلاب، پتانسیل سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه در دوره‌های بازگشت ۲۵، ۱۵، ۵ و ۵۰ ساله را نشان می‌دهند. هریک از نقشه‌های نهایی پهنه‌بندی سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه به ۵ طبقه با سیل‌خیزی بسیار کم، سیل‌خیزی کم، با سیل‌خیزی متوسط، با سیل‌خیزی زیاد و با سیل‌خیزی بسیار زیاد تقسیم شد. با توجه به نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵ ساله، ۸/۴ درصد از مساحت شهرستان دارای خطر خیلی کم و ۱۱/۹ درصد دارای خطر وقوع سیل خیلی زیاد می‌باشد. نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۱۵ ساله نشان‌دهنده این است که ۹/۳۹ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه دارای خطر وقوع خیلی کم و ۱۰/۶۴ درصد آن دارای خطر وقوع خیلی زیاد می‌باشد. همچنین نیز نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله حاکی از این است که ۹/۷۱ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه دارای خطر خیلی کم و ۹/۲۴ درصد از آن دارای خطر خیلی زیاد می‌باشد. در نهایت مطابق با نقشه خطر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۹/۹۳ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه دارای خطر وقوع سیل خیلی کم و ۸/۶۵ درصد از مساحت آن دارای خطر وقوع سیل خیلی زیاد می‌باشد. با توجه به نقشه‌های بدست آمده و بررسی‌های انجام شده، محدوده مورد مطالعه به لحاظ سیل‌خیزی با دوره‌های بازگشت مختلف، از الگوی تقریباً یکسان و مشابهی برخوردار می‌باشد. لذا نقشه‌های تولید شده می‌توانند جهت طراحی و اجرای سازه‌های مهندسی مناسب و مهار سیلاب‌های شهرستان و همچنین نیز در طرح‌ها و عملیات آبخیزداری، حفاظت و کنترل فرسایش خاک مورد استفاده دست اندرکاران امر قرار گیرند.

منابع

آبیل، ابوالفضل، طاوسی، تقی، خسروی، محمود (۱۳۹۸): تحلیل مناطق بالقوه در معرض مخاطره سیلاب شهری مطالعه موردی: شهر زاهدان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال ۱۷، شماره ۵۴، صص ۱۰۶ – ۹۱.

[1] - Chan

اسمعلی، اباذر، عبدالهی، خدایار (۱۳۸۹)، آبخیزداری و حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، چاپ دوم، تعداد صفحات ۶۱۲.
امیراحمدی، ابوالقاسم، بهنیافر، ابوالفضل، ابراهیمی، مجید (۱۳۹۰): ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوه شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار شهری، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۶، ۳۲ – ۱۷.
ایمانی، بهرام، پورخسروانی، محسن (۱۳۹۶): تحلیل فضایی پهنه‌های مخاطره‌آمیز شهرستان اردبیل، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۸، شماره ۲، صص ۱۲۸ – ۱۰۹.
جداری عیوضی، جمشید(۱۳۸۳): جغرافیای آبها انتشارات دانشگاه تهران، چاپ یازدهم. تعداد صفحات ۱۶۸.
حساس، حمید (۱۳۹۶): ارائه یک نرم افزار برای پهنه‌بندی سیل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان.
دژاگاه، مژگان (۱۳۹۵): پهنه‌بندی سیل در حوضه آبریز ماسوله رودخان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.
رفیعی، یوسف، صالحی، اسماعیل، فرزادبهتاش، محمدرضا،آقابابایی، محمدرضا (۱۳۹۲): پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS وفرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران)، نشریه محیط شناسی، دوره ۳۹، شماره۳، صص ۱۸۸ – ۱۷۹.
رنجبر، محسن، روغنی، پریسا (۱۳۸۸): پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهرستان اردل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم انداز زاگرس، دوره ۱، شماره ۲، صص ۳۰ – ۲۱.
زاهدی، مجید، بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۸۷): هیدرولوژی، انتشارات سمت، تعداد صفحات ۲۰۰.
شجاعیان، علی، ملکی، سعید، امیدی‌پور، مرتضی (۱۳۹۲): ساماندهی مکان‌گزینی مراکز آموزشی شهری با استفاده از منطق بولین و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، مطالعه موردی: مدارس مقطع راهنمایی ۸گانه شهر اهواز، دو فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی، سال دوم، شماره ۴، پاییز و زمستان، صص ۱۶۶ – ۱۳۷.
شعبانی‌نیا، حسن، صدرالدین، متولی، جانبازقبادی، غلامرضا، خالدی، شهریار (۱۳۹۹): برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و SCS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لاویج‌رود)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۹، شماره ۲۴، صص ۹۸ – ۷۹.
صادق‌زاده سادات، سید علی (۱۳۹۵): مقایسه مدل‌های ANP و FNP در ارزیابی پتانسیل سیل‌گیری (مطالعه موردی حوضه خیاوچای مشگین شهر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز.
علیزاده، امین (۱۳۹۰): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات امام رضا (ع)، چاپ ۳۳، صص ۹۱۲.
قدسی‌پور، حسن (۱۳۹۵): فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تعداد صفحات ۲۲۲.
قنواتی، عزت‌اله، صفاری، امیر، بهشتی جاوید، ابراهیم، منصوریان، اسماعیل (۱۳۹۳): پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه رودخانه بالخلو)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۸۰ – ۶۷.
کاظمی، سکینه (۱۳۹۵): پهنه‌بندی خطر سیلاب با تلفیق رویکرد سلسله مراتبی فازی و GIS، مطالعه موردی: رودخانه خیاوچای مشکین-شهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده فنی مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران – آب.
کرم، امیر، یعقوب‌نژاد، نازیلا (۱۳۹۲): کاربرد منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر، مطالعه موردی: کلانشهر کرج، جغرافیا (فصلنامه انجمن جغرافیای ایران)، دوره ۱۱، شماره ۳۶، صص ۲۴۹ – ۲۳۱.
کرم، امیر؛ درخشان، فرزانه (۱۳۹۱): پهنه بندی سیل خیزی، برآورد سیلاب و ارزیابی کارایی کانال های دفع آب های سطحی در حوضه های شهری (مطالعه موردی: حوضه آبشوران در کرمانشاه)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره پنجم، شماره ۱۶، صص ۵۴ – ۳۷.
محمودزاده، حسن، باکویی، مائده (۱۳۹۷): پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهر ساری)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۸، صص ۶۸ – ۵۱.

ملکیان، آرش، افتادگان خوزانی، اصغر و عشورنژاد، غدیر (۱۳۹۱): پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۴، صص ۱۵۲ – ۱۳۱.

مهدوی، محمد (۱۳۸۱): هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۹ صفحه.

مؤمنی، منصور (۱۳۹۳): مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ ششم، تهران، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۳۵۲ صفحه.

نادری، نگاه، محسنی‌ساروی، محسن، ملکیان، آرش و قاسمیان، داود (۱۳۹۰): فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تکنیکی برای تصمیم گیری در حوضه‌های آبخیز، نشریه محیط زیست و توسعه، سال دوم، شماره ۴. صص ۵۰ – ۴۱.

نوحه‌گر، احمد، زارع، غلامرضا (۱۳۹۱): استخراج پهنه‌های شوری خاک در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان داراب)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱، صص ۶۴ – ۴۹.

یعقوب‌زاده، مصطفی، اکبرپور، ابوالفضل، بارانی، غلامعباس، اعتباری، بهروز، کاردان‌مقدم، حمید (۱۳۸۸): محاسبه شماره منحنی رواناب حوضه آبریز با استفاده از شیوه‌های GIS و RS (مطالعه موردی: حوضه آبریز منصورآباد بیرجند)، مجله پژوهش آب در ایران، دوره سوم، شماره ۵، صص ۴۰ – ۳۱.

Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., & Matthies, F. (2005). Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. Epidemiologic reviews, 27(1), 36-46.

Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology, 65(1-2), 15-31.

Boulomytis, V., Zuffo, A., & Imteaz, M. (2019). Detection of flood influence criteria in ungauged basins on a combined Delphi-AHP approach. Operations Research Perspectives, 6, 100116.

Bronstert, A. (2003). Floods and climate change: interactions and impacts. Risk Analysis: An International Journal, 23(3), 545-557.

Buhe, A., Tsuchiya, K., Kaneko, M., Ohtaishi, N., & Halik, M. (2007). Land cover of oases and forest in XinJiang, China retrieved from ASTER data. Advances in Space Research, 39(1), 39-45.

Celik, M., Er, I. D., & Ozok, A. F. (2009). Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry. Expert Systems with Applications, 36(1), 190-198.

Chan, F., Chan, M., & Tang, N. (2000). Evaluation methodologies for technology selection. Journal of Materials Processing Technology, 107(1-3), 330-337.

Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research, 95(3), 649-655.

Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2003). Climate modelling: severe summertime flooding in Europe. Nature, 421(6925), 805.

Dano Umar, L., Matori, A. N., Hashim, A. M., Chandio, I. A., Sabri, S., Balogun, A. L., & Abba, H. A. (2011). Geographic information system and remote sensing applications in flood hazards management: A review. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 3(9), 933-947.

Das, S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 14, 60-74.

Dawod, G. M., Mirza, M. N., & Al-Ghamdi, K. A. (2012). GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city, Saudi Arabia. Environmental earth sciences, 67(8), 2205-2215.

Fernández, D., & Lutz, M. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology, 111(1-4), 90-98.

Fish, U., & Service, W. (2012). National Oceanic and Atmospheric Administration. 2012. National Fish, Wildlife & Plants Climate Adaptation Strategy.

Islam, M. M., & Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45(3), 337-355.

Kazakis, N., Kougias, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. Science of the Total Environment, 538, 555-563.

Kiage, L., Liu, K. B., Walker, N., Lam, N., & Huh, O. (2007). Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM+. International Journal of Remote Sensing, 28(19), 4285-4309.

Kusky, T. (2010). Floods: Hazards of surface and groundwater systems: Infobase Publishing.

Lehner, B., Verdin, K., & Jarvis, A. (2006). HydroSHEDS technical documentation, version 1.0. World Wildlife Fund US, Washington, DC, 1-27.

Lian, J., Xu, H., Xu, K., & Ma, C. (2017). Optimal management of the flooding risk caused by the joint occurrence of extreme rainfall and high tide level in a coastal city. Natural Hazards, 89(1), 183-200.

Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). Remote Sensing and Image Interpretation: John Wiley & Sons.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2000). Remote sensing and image interpretation. John Willey & Sons. New York, 724.
Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. Journal of cleaner production, 196, 216-229.
Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. Journal of cleaner production, 196, 216-229.
Masoudian, M. (2009). The topographical impact on effectiveness of flood protection measures (Vol. 18): kassel university press GmbH.
Mather, P. M., & Koch, M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images: an introduction: John Wiley & Sons.
McCoy, R. M. (2005). Field methods in remote sensing: Guilford Press.
Mind'je, R., Li, L., Amanambu, A. C., Nahayo, L., Nsengiyumva, J. B., Gasirabo, A., & Mindje, M. (2019). Flood susceptibility modeling and hazard perception in Rwanda. International Journal of Disaster Risk Reduction, 101211.
Mishra, S., Tyagi, J., Singh, V., & Singh, R. (2006). SCS-CN-based modeling of sediment yield. Journal of Hydrology, 324(1-4), 301-322.
Nyarko, B. K. (2002). Application of a rational model in GIS for flood risk assessment in Accra, Ghana. Journal of Spatial Hydrology, 2(1).
Papadopoulou-Vrynioti, K., Alexakis, D., Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., Vryniotis, D., & Vassiliades, E. (2014). Environmental research and evaluation of agricultural soil of the Arta plain, western Hellas. Journal of Geochemical Exploration, 136, 84-92.
Qin, Q.-m., Tang, H.-m., & Chen, H.-k. (2011). Zoning of highway flood-triggering environment for highway in Fuling District, Chongqing. Paper presented at the 2011 International Conference on Photonics, 3D-Imaging, and Visualization.
Re, S. (2013). Mind the risk: a global ranking of cities under threat from natural disasters: Swiss Re.
Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical modelling, 9(3-5), 161-176.
Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of mathematical psychology, 15(3), 234-281.
Saaty, T. L. (1990). Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world: RWS publications.
Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process (Vol. 175): Springer Science & Business Media.
Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L., & Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 36(4), 335-349.
Svoray, T., Bar, P., & Bannet, T. (2005). Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. Landscape and Urban Planning, 72(4), 337-351.
Tanavud, C., Yongchalermchai, C., Bennui, A., & Densreeserekul, O. (2004). Assessment of flood risk in Hat Yai municipality, Southern Thailand, using GIS. Journal of Natural Disaster Science, 26(1), 1-14.
Taylor, J., man Lai, K., Davies, M., Clifton, D., Ridley, I., & Biddulph, P. (2011). Flood management: prediction of microbial contamination in large-scale floods in urban environments. Environment international, 37(5), 1019-1029.
Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy sets and Systems, 11(1-3), 229-241.
Vorogushyn, S., Lindenschmidt, K.-E., Kreibich, H., Apel, H., & Merz, B. (2012). Analysis of a detention basin impact on dike failure probabilities and flood risk for a channel-dike-floodplain system along the river Elbe, Germany. Journal of Hydrology, 436, 120-131.
Youssef, A. M., & Hegab, M. A. (2019). Flood-Hazard Assessment Modeling Using Multicriteria Analysis and GIS: A Case Study—Ras Gharib Area, Egypt. In Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences (pp. 229-257): Elsevier.
Zhan, X., & Huang, M.-L. (2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental modelling & software, 19(10), 875-879.

Research Article

Zoning of Flood-prone Areas Using Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS), (Case Study: Darab City)

Seyed Hossein Mir Mosavi[1*], Hossein Esmaeili[2]

1*. Associate Professor of Climatology Department of Geography Faculty of Humanity Sciences, University OF Zanjan, Iran.

2. M.S Climatology, Department of Geography, Faculty of Humanity Sciences, University OF Zanjan, Iran

Received: 14-01-2020 Final Revised: 12-10-2020 Accepted: 28-11-2020

Abstract

Natural hazards are unfortunate accidents that cause a lot of irreparable damage to the natural environment and man-made phenomena every year. Floods are among the hazards that have always been likely to occur as a natural hazard to humans. In the meantime, identifying flood-prone areas is one of the first measures to deal with them. Darab city was not isolated from this matter and this study was conducted to prepare a flood potential map of the city. Because many criteria are involved in flooding in any region. Therefore in this study 12 criteria including Slope, Aspect, Rainfall, Runoff Height, Curve Number status (CN), Flow Accumulation, Soil Hydrological Groups status, Land Use, Vegetation Density, Drainage Network Density, Basin Elevation, and Distance to Drainage Network, selected and maps were prepared for each. In the next step, the prepared maps were weighted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and using Expert Choice software and their fuzzy process was performed by the fuzzy logic model. Finally, the overlap of the layers was performed using a fuzzy algebraic summation operator (SUM) in Arcmap software and thus maps related to flood risk zoning of Darab city with different return periods and on 5 floors were extracted. In maps obtained with different return periods, the pattern is almost identical and similar. According to the final plans, the risk of floods with return periods of 25, 15, 5, and 50 years, respectively 9.91, 9.39, 8.4, and 9.93% of the area of the city with flood risk Very low fertility and 9.24, 10.64, 11.90 and 8.65% of its area has a very high risk of flooding.

Keywords: Flood Zones, Geographical Information System, Remote Sensing (RS), Fuzzy Logic, AHP Model, Landsat 8.

* Corresponding Author Email: Hossein.mirmousavi@znu.ac.ir

References

References (in Persian)

Abil, A., tavousi, T., khosravi, M. (2019). Analysis of Potential Areas Exposed to the Risk of Urban Flooding, Case Study: Zahedan City. Geography And Development Iranian Journal, 17(54), 91-106. doi: 10.22111/gdij.2019.4356. [In Persian]
Alizadeh, A., (2011), Principles Of Applied Hydrology, 33 the Edition, Emamreza Press, Mashhad, 912p. [In Persian]
Amir Ahmadi, A., Behnaifar, A., & Ebrahimi, M., (2012), Micro-zoning of flood risk in the city of Sabzevar in line with sustainable urban development, Quarterly Journal of Environment, No. 16, pp. 17 – 32. [In Persian]
Dezhagah, M., (2016), Zonation Flood in the Masouleh Rudkhan Basin by CN Model, Dissertation Master of Science, University of Mohaghegh Ardabili. [In Persian]
Esmaili, A., & Abdollahi, K., (2010), Watershed Management and Soil Conservation, University Of Mohaghegh Ardabili Press, Ardabil, 612p. [In Persian]
Ghanavati, E., Safari, A., Beheshti, Javid, E., Mansourian, E., (2014). Flood Risk Zonation Using Compilation CN Model and AHP via GIS (Case Study: River Basin Balekhlo), Quarterly Journal Natural geography, 7(25), pp. 67 – 80. [In Persian]
Ghodsipour, S., (2016), Analytical Hierachy Process (AHP), Amirkabir University Of Technology Press, Tehran. 222p. [In Persian]
Hassas, h., (2017), A simple expert model for flood zoning, Faculty of Agriculture and Natural Resources, university of ardestan. [In Persian]
Imani, B., pourkhosravani, M. (2017). Spatial Analysis of Hazardous Areas in Ardabil City. Geography and Environmental Planning, 28(2), 109-128. doi: 10.22108/gep.2017.98319.0. [In Persian]
Jedari Eyvazi, J., (2004), Geography of Water, 11 the Edition, Tehran University Press, Tehran, 168p. [In Persian]
Karam, A., Darakhshan, F., (2012), Flood Zoning, Flood Estimation and Evaluation of the Efficiency of Surface Water Drainage Channels in Urban Basins (Case Study: Waterfall Basin in Kermanshah), Quarterly Journal Natural Geography, 5(16), pp. 37 – 54. [In Persian]
Karam, A., Yaghoub Nejad, N., (2013), Application of fuzzy logic in land suitability assessment for physical development of the city (Case Study: Karaj metropolis), Journal of Geography (Quarterly Journal Geographical Society of Iran), 11(36), pp. 231 – 249. [In Persian]
Kazemi, S., (2016), Flood Risk Zoning By Combining Fuzzy-AHP Approach and GIS (Case Study: Khiav Chay River, Meshkin Shahr), Dissertation Master of Science, Department Of Water Resources Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz. [In Persian]
Mahdavi, m., (2002), Applied Hydrology, Tenth Edition. Tehran University Press, Tehran. 439p. [In Persian]
Mahmoudzadeh, H., Bakoi, M. (2018). Flood zoning using fuzzy analysis (case study: Sari city). Journal of Natural Environmental Hazards, 7(18), 51-68. doi: 10.22111/jneh.2018.19885.1238. [In Persian]
Malekian, A., Oftadegan Khuzani, A., Ashunejad, G., (2012), Flood Hazard in Watershed Scale using Fuzzy Logic (Case Study: Akhtar Abad Watershed), Physical Geography Research Quarterly, 44(4), pp. 131 – 152. [In Persian]
Momeni, M. (2014), New Issues in Operations Research, Second Edition. Tehran Publications, Tehran. 352p. [In Persian]
Naderi, N., Mohseni Saravi, M., Malekian, A., Qasemian, D., (2011), A Hierarchical Technical Analysis Process for Decision making In Watersheds, Journal of Environment and development, 2 (4). [In Persian]
NohegarA., & ZareG. (2012). Extraction of soil salinity zone in arid and semi arid regional using of remote sensing data (case study: Darab Township). GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS, 1(1), 49-64. [In Persian] https://doi.org/10.22067/geo.v1i1.16522.
Rafii, Y., Salehi, E., Farzad Behtash, M., Aghababai, M., (2013), Urban Flood Hazard Zonation Using Gis and Fuzzy-AHP Analysis (Case Study: Tehran City), Journal Of Environmental Studies, 39(3), pp. 179 – 188. [In Persian]
Ranjbar, M., Roghani, P., (2009), Landslide Hazard Zonation in Ardal City Using Aierarchical Analysis Method (AHP), Quarterly Journal Of Geography and Urban Planning of the Zagros Landscape, 1(2), pp. 21 – 30. [In Persian]
Shabaniniah, H., Motevalli, S., Janbaz Ghobadi, G., Khaledi, S. (2020). Estimating of runoff height and flood maximum discharge using Cellular Automata and SCS models, (Case Study: Lavijrood watershed). Journal of Natural Environmental Hazards, 9(24), 79-98. doi: 10.22111/jneh.2020.29704.1515. . [In Persian]
Shojaiian, A., Maleki., S., Omidipour., M (2014), Organizing Urban Training Centers Placement Using Boolean Logic and Fuzzy Multi-criteria Decision Making, Scientific Quarterly Journal Management System, 2(4), pp. 137-166. [In Persian]
Yaghoub Zadeh, M., Akbar Pour, A., Barani, Gh., Etebari, B., Kardan Moghadam, H., (2009), Calculation of Catchment Runoff Curve Number Using GIS and RS Methods (Case Study: Catchment Mansour Abad Birjand), Journal Of Iranian Water Researches, 3(5), pp. 31 – 40. [In Persian]
Zahedi, M., & Bayati Khatibi., (2009), Hydrology, First Edition, Samt Press, Tehran. 200p. [In Persian]

References (in English)

Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., & Matthies, F. (2005). Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. Epidemiologic reviews, 27(1), 36-46.
Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology, 65(1-2), 15-31.
Boulomytis, V., Zuffo, A., & Imteaz, M. (2019). Detection of flood influence criteria in ungauged basins on a combined Delphi-AHP approach. Operations Research Perspectives, 6, 100116.

Bronstert, A. (2003). Floods and climate change: interactions and impacts. Risk Analysis: An International Journal, 23(3), 545-557.
Buhe, A., Tsuchiya, K., Kaneko, M., Ohtaishi, N., & Halik, M. (2007). Land cover of oases and forest in XinJiang, China retrieved from ASTER data. Advances in Space Research, 39(1), 39-45.
Celik, M., Er, I. D., & Ozok, A. F. (2009). Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry. Expert Systems with Applications, 36(1), 190-198.
Chan, F., Chan, M., & Tang, N. (2000). Evaluation methodologies for technology selection. Journal of Materials Processing Technology, 107(1-3), 330-337.
Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research, 95(3), 649-655.
Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2003). Climate modelling: severe summertime flooding in Europe. Nature, 421(6925), 805.
Dano Umar, L., Matori, A. N., Hashim, A. M., Chandio, I. A., Sabri, S., Balogun, A. L., & Abba, H. A. (2011). Geographic information system and remote sensing applications in flood hazards management: A review. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 3(9), 933-947.
Das, S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 14, 60-74.
Dawod, G. M., Mirza, M. N., & Al-Ghamdi, K. A. (2012). GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city, Saudi Arabia. Environmental earth sciences, 67(8), 2205-2215.
Fernández, D., & Lutz, M. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology, 111(1-4), 90-98.
Fish, U., & Service, W. (2012). National Oceanic and Atmospheric Administration. 2012. National Fish, Wildlife & Plants Climate Adaptation Strategy.
Islam, M. M., & Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45(3), 337-355.
Kazakis, N., Kougias, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. Science of the Total Environment, 538, 555-563.
Kiage, L., Liu, K. B., Walker, N., Lam, N., & Huh, O. (2007). Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM+. International Journal of Remote Sensing, 28(19), 4285-4309.
Kusky, T. (2010). Floods: Hazards of surface and groundwater systems: Infobase Publishing.
Lehner, B., Verdin, K., & Jarvis, A. (2006). HydroSHEDS technical documentation, version 1.0. World Wildlife Fund US, Washington, DC, 1-27.
Lian, J., Xu, H., Xu, K., & Ma, C. (2017). Optimal management of the flooding risk caused by the joint occurrence of extreme rainfall and high tide level in a coastal city. Natural Hazards, 89(1), 183-200.
Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). Remote Sensing and Image Interpretation: John Wiley & Sons.
Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2000). Remote sensing and image interpretation. John Willey & Sons. New York, 724.
Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. Journal of cleaner production, 196, 216-229.
Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. Journal of cleaner production, 196, 216-229.
Masoudian, M. (2009). The topographical impact on effectiveness of flood protection measures (Vol. 18): kassel university press GmbH.
Mather, P. M., & Koch, M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images: an introduction: John Wiley & Sons.
McCoy, R. M. (2005). Field methods in remote sensing: Guilford Press.
Mind'je, R., Li, L., Amanambu, A. C., Nahayo, L., Nsengiyumva, J. B., Gasirabo, A., & Mindje, M. (2019). Flood susceptibility modeling and hazard perception in Rwanda. International Journal of Disaster Risk Reduction, 101211.
Mishra, S., Tyagi, J., Singh, V., & Singh, R. (2006). SCS-CN-based modeling of sediment yield. Journal of Hydrology, 324(1-4), 301-322.
Nyarko, B. K. (2002). Application of a rational model in GIS for flood risk assessment in Accra, Ghana. Journal of Spatial Hydrology, 2(1).
Papadopoulou-Vrynioti, K., Alexakis, D., Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., Vryniotis, D., & Vassiliades, E. (2014). Environmental research and evaluation of agricultural soil of the Arta plain, western Hellas. Journal of Geochemical Exploration, 136, 84-92.
Qin, Q.-m., Tang, H.-m., & Chen, H.-k. (2011). Zoning of highway flood-triggering environment for highway in Fuling District, Chongqing. Paper presented at the 2011 International Conference on Photonics, 3D-Imaging, and Visualization.
Re, S. (2013). Mind the risk: a global ranking of cities under threat from natural disasters: Swiss Re.
Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical modelling, 9(3-5), 161-176.
Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of mathematical psychology, 15(3), 234-281.

Saaty, T. L. (1990). Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world: RWS publications.
Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process (Vol. 175): Springer Science & Business Media.
Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L., & Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 36(4), 335-349.
Svoray, T., Bar, P., & Bannet, T. (2005). Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. Landscape and Urban Planning, 72(4), 337-351.
Tanavud, C., Yongchalermchai, C., Bennui, A., & Densreeserekul, O. (2004). Assessment of flood risk in Hat Yai municipality, Southern Thailand, using GIS. Journal of Natural Disaster Science, 26(1), 1-14.
Taylor, J., man Lai, K., Davies, M., Clifton, D., Ridley, I., & Biddulph, P. (2011). Flood management: prediction of microbial contamination in large-scale floods in urban environments. Environment international, 37(5), 1019-1029.
Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy sets and Systems, 11(1-3), 229-241.
Vorogushyn, S., Lindenschmidt, K.-E., Kreibich, H., Apel, H., & Merz, B. (2012). Analysis of a detention basin impact on dike failure probabilities and flood risk for a channel-dike-floodplain system along the river Elbe, Germany. Journal of Hydrology, 436, 120-131.
Youssef, A. M., & Hegab, M. A. (2019). Flood-Hazard Assessment Modeling Using Multicriteria Analysis and GIS: A Case Study Ras Gharib Area, Egypt. In Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences (pp. 229-257): Elsevier.
Zhan, X., & Huang, M.-L. (2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental modelling & software, 19(10), 875-879.