

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶

صفحات: ۳۰ - ۱۷

## ارزیابی و تحلیل فضایی سیل‌گیری رودخانه قره‌سو با استفاده از منطق فازی در محیط GIS

محمد شریفی پیچون<sup>۱\*</sup>، فاطمه پرنون<sup>۲</sup>

### چکیده

سیل یکی از انواع مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارات زیانباری را در سراسر جهان و از جمله ایران به وجود می‌آورد. برای جلوگیری از رخداد سیلاب، باید مناطق دارای پتانسیل بالا و همچنین مولفه‌های اصلی و تأثیرگذار در ایجاد آن را شناسایی نمود. به این منظور، این پژوهش با استفاده از پارامترهای شیب، ارتفاع، فاصله از رود، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، لیتولوژی، انحنای پروفیل، انحنای پلانیمتری و بارش در چارچوب منطق فازی به تحلیل سیلاب در رودخانه قره‌سو با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌پردازد. مقادیر عضویت هر یک از این پارامترها با توجه به نوع روابطشان با سیل‌گیری و بر حسب توابع فازی تعیین شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که در حوضه رودخانه قره‌سو اغلب توابع عضویت بین پارامترهای مؤثر در سیل‌گیری، خطی و به شکل مستقیم می‌باشد. بر این اساس، بیشترین میزان سیل‌گیری در بخش‌های شمال غربی و در بالا دست حوضه در حوالی شهر روانسر و همچنین در شهر کرمانشاه وجود دارد. نتایج حاکی از آن است که کم‌ترین میزان سیل‌گیری در ارتفاعات و نیز در نواحی با شیب بیشتر و جایی که فاصله بیشتری از مسیر رودخانه دارد دیده می‌شود. بر اساس نتایج خروجی مدل فازی و همپوشانی نقشه سیل‌گیری، مؤثرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیل‌گیر اغلب شیب بین ۰ تا ۵ درجه، خاک‌های گروه هیدرولوژیکی D، سطوح ارتفاعی ۱۲۴۰ تا ۱۲۵۰، تراکم زهکشی ۰/۴ تا ۱، بارش ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر، انحنای پروفیل ۰/۴، انحنای پلانیمتری ۰/۶ و کاربری اراضی شهری و فاصله ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از آبراهه می‌باشد.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی، مخاطرات طبیعی، سیل‌گیری، رودخانه قره‌سو، تابع فازی، منطق فازی.

mscharifi@yazd.ac.ir

f.parnoon12@gmail.com

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)

۲- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه یزد

## مقدمه

سیل یکی از انواع مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارت‌های فراوانی را در سراسر جهان و از جمله ایران به وجود می‌آورد. این پدیده رویدادی ناگهانی است که می‌تواند باعث ویرانی شهرها و روستاها شده و جان و مال ساکنان آنها را با خطر روبه رو کند. بیشتر بارش‌های اغلب مناطق ایران اغلب در مدت چند روز یا گاهی چند ساعت ریزش کرده و سیلاب‌های مخربی را به وجود می‌آورد ( امیدوار، ۱۳۹۰) بنابراین شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالا در تولید رواناب می‌تواند کمک شایان توجهی به کاهش خسارات ناشی از این پدیده داشته باشد. مطالعات مختلف دلالت بر این موضوع دارد که عدم توجه به حریم مسیل‌ها و رودخانه‌ها باعث ایجاد یک رشد نمایی در فراوانی وقوع سیلاب و میزان خسارت وارده گردیده است. بارش باران‌های شدید در روزهای ۱۹ و ۲۰ مرداد ۱۳۸۰ در نواحی شرقی استان گلستان منجر به رخداد سیل ویرانگری گردید که این سیل خسارت بارتترین سیل رخ داده سال ۱۳۸۰ در ایران و یکی از خسارت بارتترین سیل‌های سال ۲۰۰۱ میلادی در سطح جهان بود ( مساعدی، ۱۳۸۰). بر اثر سیل ۲۴۳ نفر کشته و ۱۹۰ نفر مفقود شدند، همچنین حدود ۶۱۸ میلیارد ریال خسارت مالی به بار آمد ( علیجانی و گل پرنیان، ۱۳۸۳). در کرج نیز رخداد چندین سیلاب که در برخی موارد با خسارات جانی و مالی همراه بوده است، نشان دهنده ضرورت مطالعه جامع در زمینه سیلاب در بخش‌های بالادست شهر کرج می‌باشد. از جمله می‌توان به سیلاب ۲۶ فروردین ۱۳۸۶ اشاره کرد که منجر به ورود سیلاب به ایستگاه گلشهر مترو کرج و مسدود شدن آن گردید (خبرگزاری فارس، ۱۳۸۶/۱/۲۶). به طور کلی مطالعات داخلی و خارجی بسیاری در ارتباط با سیلاب و زمینه‌های مختلف مرتبط با آن صورت گرفته است از جمله می‌توان به کارهای انجام شده به وسیله وندرسند<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد که تصویر ماهواره‌ای اینکوس را در بخش‌های جنوبی هلند جهت برآورد خطر و خسارت سیلاب با استفاده از مدل LISFLOOD طبقه بندی نمودند. در نهایت، خسارات ناشی از سیلاب را با توجه به عمق و حجم سیلاب در ارتباط با هر طبقه پوشش زمین تعیین نمودند. حرکت سیلاب‌ها در مراحل مختلف در حوضه آمازون به وسیله مارتیز<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفته است. آنها تاثیر حرکت سیلاب‌ها بر روی توزیع پوشش گیاهی را بر اساس مدت زمان سیلاب با کمک تصاویر ماهواره‌ای تعیین کرده‌اند. سیرینیوس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) جهت تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای روشی مرکب از نقشه عوارض خود سازمان یافته و الگوریتم C-Mean خوشه بندی فازی را بکار برده و کارایی این روش را در حوضه‌های آبخیز ایالت ایندیانا در آمریکا مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که روش تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای با روش‌های مبنی بر تحلیل رگرسیونی و همبستگی چند متغیره قابل مقایسه است. تاثیر داده‌های توپوگرافیکی، پیکربندی ژئومتریک و انواع روش‌های مدلسازی بر روی نقشه طغیان سیلاب به وسیله کوک<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹) مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی بر روی رودخانه استرودوس<sup>۵</sup> و

---

<sup>1</sup>- Vander Sand

<sup>2</sup>- Martinez

<sup>3</sup>- Srinivas

<sup>4</sup>- Cook

<sup>5</sup>- Strouds

برازوس<sup>۱</sup> که دارای شرایط توپوگرافیک و پیکربندی ژئومتریک متفاوت هستند صورت گرفته و دو مدل HEC-RAS و FESWMS اجرا گردیده است. از موارد دیگر، تهیه نقشه سیلاب در حوضه هلمند افغانستان بوده که در آن از مدل مهندسی معکوس سیلاب استفاده شده است (هاگن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). چن<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۱) روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخصه‌ای مساحت تحت تاثیر قرار گرفته، تعداد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران شده و میزان خسارات اقتصادی مستقیم را در طبقه بندی خطر سیلاب در ۳۰ استان چین بکار برده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه بندی خطر سیلاب است. علاوه بر موارد فوق مطالعات دیگری در زمینه سیلاب توسط والسکی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، ژانگ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، هوک<sup>۶</sup> (۲۰۱۵)، دایتمن و همکاران (۲۰۱۵) انجام گردیده است.

در ایران نیز کارهای بسیاری در زمینه سیلاب انجام شده که از جمله می‌توان به کارهای زیر اشاره نمود: آل شیخ و همکاران (۱۳۸۱) از مدل‌های منطق بولین، شاخص همپوشانی و منطق فازی جهت تعیین مکان مناسب برای پخش سیلاب در حوضه آبخیز سمل (استان بوشهر) استفاده نموده که نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های نهایی آنها با عرصه‌های کنترلی نشان داده است عملگرهای گاما/۱، گاما/۲ و ضرب جبری فازی بهترین عملگرهای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در بررسی سیلاب در سیستم اطلاعات جغرافیایی هستند. حسین زاده و جهادی (۱۳۸۶) تاثیر گسترش شهر مشهد را بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری مطالعه کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که گسترش شهر به طور مستقیم و غیر مستقیم موجب تشدید سیل‌خیزی در این شهر گردیده است. امیر احمدی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش شبیه سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS سیلاب را در دشت کارون مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها نمی‌باشد. همچنین قنواتی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از مدل فازی پرداختند. بختیاری کیا و همکاران (۱۳۹۱)، با روش شبکه عصبی (ANN) و با در نظر گرفتن معیارهای بارش، شیب، ارتفاع، زمان تمرکز، خاک شناسی، کاربری و زمین شناسی به شبیه سازی شرایط سیلابی در حوضه رودخانه جوهور مالزی اقدام کردند.

در این پژوهش سیل‌گیری رودخانه قره‌سو در غرب ایران و در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار می‌گیرد. رودخانه قره‌سو در بیشتر مسیر خود در بستری آبرفتی و کم شیب جریان دارد و با توجه به تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی، و از همه مهمتر عبور بخش بالادست رودخانه و میانی آن از شهر که تحت تاثیر تاسیسات و ساخت‌وسازهای شهری قرار می‌گیرد، زمینه مناسبی را برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است. بنابراین این تحقیق به دنبال مطالعه و ارزیابی سیل‌گیری در بخشهای مختلف رودخانه قره‌سو با استفاده از

<sup>1</sup>- Brazos

<sup>2</sup>- Hagen

<sup>3</sup>- Chen

<sup>4</sup>- wolski

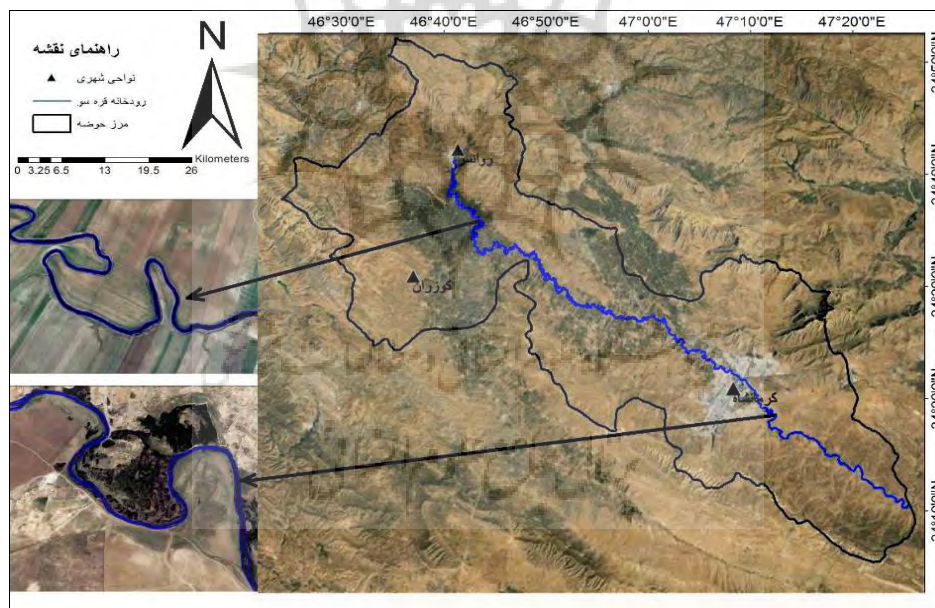
<sup>5</sup>- Zhang

<sup>6</sup>- Hooke

مهمترین عوامل و مؤلفه‌های اثر گذار در چارچوب منطق فازی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است با این هدف که سیل‌گیرترین مناطق در حوضه رودخانه قره‌سو که همواره از ریسک بالایی برخوردار هستند را مشخص نماید.

### منطقه مورد مطالعه

رودخانه قره سو با مختصات جغرافیایی  $30^{\circ} 34'$  تا  $54^{\circ} 34'$  عرض شمالی و  $22^{\circ} 46'$  تا  $22^{\circ} 47'$  طول شرقی در استان کرمانشاه و در غرب ایران، واقع شده است. این حوضه با ایستگاه هیدرومتری قورباغستان در خروجی آن، از زیر شاخه های مهم رودخانه کرخه است و در شمال غربی آن قرار دارد. مساحت آن ۵۲۷۸ کیلومتر مربع و حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۳۳۶۰ و ۱۲۷۰ متر است. متوسط بارندگی سالانه این حوضه در بخشهای مختلف بسیار متغیر و بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر است. سه رودخانه اصلی مرگ، قره سو و رازآور در این حوضه جریان دارند ( شکل شماره ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

### داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری رودخانه قره‌سو در ابتدا عوامل شیب، ارتفاع، فاصله از رود، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، لیتولوژی، انحنای پروفیل، انحنای پلانیمتری و بارش به عنوان مهمترین پارامترهای موثر بر سیل‌گیری تعیین گردیدند. برای تهیه داده‌ها و لایه‌های مذکور از اطلاعات نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه قابلیت اراضی استان کرمانشاه، تصویر ماهواره ای ETM لندست و تصویر ماهواره ای IRS-

LISS III (۱۳۹۳) استفاده شده است. جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی و اجرای مدل از نرم افزار ArcGIS، با توجه به قابلیت آن در تحلیل داده‌های مکانی، استفاده شده است. ابتدا لایه DEM حوضه بر اساس نقشه توپوگرافی حوضه تهیه و سپس با کمک این لایه، لایه‌های شیب، انحنای پروفیل، انحنای پلانیمتریک و نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ArcGIS آماده گردید. لایه تراکم زهکشی و فاصله از آبراهه نیز بر مبنای لایه آبراهه‌ها استخراج شده از نقشه توپوگرافی تهیه گردیده است. لایه کاربری اراضی و لایه‌ی گروه هیدرولوژیک خاک‌های منطقه از اداره منابع طبیعی استان تهیه گردید و برای تهیه‌ی لایه‌ی بارش، میانگین بارشی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در نرم افزار ArcGIS با استفاده از گزینه‌ی IDW و روش Kriging درون‌یابی شده و بدین ترتیب لایه بارشی حوضه تهیه گردیده است. سپس، توابع عضویت هر کدام از این پارامترها مشخص گردید. سپس، بر حسب درجه و میزان عضویت، هر کدام از این پارامترها به شکل یک نقشه یا لایه اطلاعاتی تهیه گردید. در نهایت با استفاده از عملگرهای گامای فازی این لایه‌ها با هم تلفیق شده تا مقدار سیل‌گیری در رودخانه قره سو مشخص گردد.

## نتایج و بحث

در بررسی سیل‌گیری منطقه مورد مطالعه بر حسب نوع رابطه هر پارامتر با میزان سیل‌گیری در چارچوب منطق فازی مقدار و درجه عضویت فازی آن پارامتر تعیین شده است. در زیر این روابط و نحوه به دست آوردن درجات عضویت پارامترهای اثر گذار در سیل‌گیری و مقادیر آنها به طور مفصل آورده شده و بر همین مبنای لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. همچنین، این روابط برای هر یک از پارامترها در جدول (۲) ارائه گردیده است. در زیر به بررسی این پارامترها و نحوه تعیین میزان عضویت آنها در ارتباط با سیل‌گیری رودخانه قره سو پرداخته شده است:

**شیب:** عامل شیب با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد یعنی با کاهش مقدار شیب در حوضه احتمال خطر سیلاب افزایش می‌یابد (قنواتی، ۱۳۹۲). بنابراین از یک رابطه خطی کاهنده جهت تعیین عضویت این لایه استفاده شده است. در تعیین تابع عضویت این لایه از تابع خطی (Liner) استفاده شده است (جدول ۲ الف)). شکل (۲) نقشه لایه فازی شده شیب را نشان می‌دهد.

**ارتفاع:** ارتفاع از اهمیت بسزایی در فرایندهای هیدرولوژیکی برخوردار است، این امر بدلیل تأثیری است که بر بارش و دمای حوضه دارد. بخش‌هایی از حوضه که دارای ارتفاع بیشتر بوده و بارش برف دارند در سیل‌خیزی نقش کمتری داشته، اما نواحی با ارتفاع کمتر و بارش باران اهمیت بیشتری در سیل‌گیری حوضه دارند. در تعیین عضویت فازی رابطه معکوس برای این عامل با مخاطره سیلاب در نظر گرفته شده است (جدول ۲ ب)). شکل (۳) نقشه لایه فازی شده ارتفاع را نشان می‌دهد.

**تراکم زهکشی:** میزان تراکم زهکشی، یک شاخص مهم در تعیین شدت سیلاب‌ها، بیلان آب در کل حوضه و به طور کلی در چگونگی فعالیت فرایندهای رواناب‌های سطحی است (یمانی و عنایتی، ۱۳۸۴). این عامل از طریق تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل رودخانه‌های فرعی و آبراهه‌ها بر مساحت حوضه بدست می‌آید و با دبی حداکثر

حوضه‌ها دارای همبستگی می‌باشد. از آنجا که تراکم زهکشی نقش اساسی در زمان تمرکز و اوج سیلاب دارد، بنابراین جزء متغیرهای تأثیرگذار منظور شده و مورد محاسبه قرار گرفته است. پارامتر تراکم زهکشی با پدیده سیلاب دارای رابطه مستقیم است (جدول ۲(پ)). شکل (۴) نقشه لایه فازی شده تراکم زهکشی را نشان می‌دهد.

بارش: در بررسی بارش محدوده مورد مطالعه از آمار ایستگاه‌های باران سنجی و نیز سینوپتیک منطقه که در داخل محدوده و یا فاصله مناسبی از مطالعه قرار گرفته‌اند استفاده شده است. پس از انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی در نرم افزار EXCEL به وسیله تشکیل ماتریس، ایستگاه‌های با دوره آماری مشترک انتخاب شدند. برخی از ایستگاه‌های مورد بررسی به دلیل جدیدالتأسیس بودن دارای آمار کوتاه مدتی بودند که آمار این ایستگاه‌ها با توجه به ایستگاه‌های اطراف از طریق روش میانگین گیری مورد بازسازی قرار گرفته‌اند. و پس از آن برای برآورد شاخص بارش مورد استفاده قرار گرفتند. میانگین بارشی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در نرم افزار ArcGIS با استفاده از گزینه IDW و متد Kriging درون یابی شده و بدین ترتیب لایه بارشی حوضه تهیه شده است. حداکثر میزان بارش منطقه ۸۰۰ mm می‌باشد که معمولاً در ارتفاعات شمالی حوضه شاهد چنین بارشی می‌توانیم باشیم. کمترین میزان بارش نیز ۳۵۰ mm و در نواحی جنوب شرقی حوضه قرار گرفته است. از آنجا که تأثیر بارش بر سیل‌گیری کاملاً آشکار است. بر این اساس، رابطه بارش و سیل‌خیزی یک رابطه مستقیم می‌باشد (جدول ۲(ت)). شکل (۵) نقشه لایه فازی شده بارش را نشان می‌دهد.

**انحنای پروفیل و انحنای پلانیمتریک:** انحنای پروفیل نشان دهنده دامنه‌های کاو و کوژ است و انحنای پلانیمتریک نشان دهنده دره‌ها، گرده‌ها و برآمدگی‌ها می‌باشد. دامنه‌های کاو و دره‌ها سطوح مستعد برای پدیده سیلاب هستند. انحنای پروفیل با ریسک سیل‌گیری رابطه مستقیم است. بنابراین از تابع خطی و افزایشنده در تعریف این عامل در مدل فازی استفاده شده است (جدول ۲(ث)). شکل (۶) نقشه لایه فازی شده انحنای پروفیل را نشان می‌دهد. اما رابطه عامل انحنای پلانیمتریک با سیل‌گیری به صورت معکوس می‌باشد. بدین ترتیب، در تعریف این لایه از تابع خطی کاهنده استفاده شده است (جدول ۲(ج)). شکل (۷) نقشه لایه فازی شده انحنای پلانیمتریک را نشان می‌دهد.

**فاصله از آبراهه:** فاصله از آبراهه از دیگر پارامترهای مؤثر بر سیل‌گیری است، هرچه فاصله از آبراهه در حوضه افزایش یابد خطر سیلاب نیز کاهش می‌یابد و بالعکس. در این پژوهش، کمترین فاصله از آبراهه ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است. پس از تهیه این عامل با توجه به رابطه معکوس این عامل با پدیده سیل‌گیری از تابع خطی کاهنده استفاده شده است (جدول ۲(چ)). شکل (۸) نقشه لایه فازی شده این عامل را نشان می‌دهد.

**کاربری اراضی:** یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در مخاطره سیلاب، کاربری اراضی است. هر یک از کاربری‌ها با توجه به تأثیر و موقعیت‌شان بر سیلاب امتیاز دهی شده است، این امتیاز بندی به گونه‌ای است که با سیلاب رابطه مستقیم دارد (جدول ۲(ح)). به کاربری‌هایی که مرتبط با ساخت و سازهای شهری در منطقه بوده و به علت نفوذپذیری کمتر، نقش بیشتری در تولید رواناب و در نتیجه در ریسک سیل‌گیری داشته‌اند، امتیاز بیشتری تعلق گرفته و کاربری‌هایی که پوشش گیاهی بیشتری داشته یا بصورت باغات و اراضی جنگلی و یا کشاورزی آبی بوده و به علت نفوذپذیری بیشتر، رواناب کمتری تولید و در سیل‌گیری اهمیت کمتری داشته‌اند و امتیاز کمتری تعلق گرفته است (شکل ۹-).

**خاک:** در پیدایش و ایجاد رواناب نوع خاک و خصوصیات آن یکی از عوامل اصلی است که باید در محاسبات مربوط به آن در نظر گرفته شود. ویژگی‌های زیادی از خاک می‌تواند در ایجاد رواناب حایز اهمیت باشد که مؤثرترین آنها عبارت است از عمق موثر خاک (عمق خاکی که به آسانی توسط ریشه گیاهان نفوذ می‌کند)، مقدار متوسط رس در کل پروفیل خاک، نفوذپذیری سطحی و نفوذپذیری عمقی خاک. می‌توان تمامی این ویژگی‌ها را تحت یک عامل هیدرولوژیکی یا گروه هیدرولوژیکی خلاصه و به وسیله آن خصوصیات خاک را بیان نمود. تمامی خاک‌ها را می‌توان براساس پتانسیل تولید رواناب و یا حداقل شدت نفوذپذیری به چهار گروه A, B, C و D تقسیم‌بندی نمود. جدول (۱) مساحت و درصد گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌های محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مساحت و درصد گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌های محدوده مورد مطالعه

گروه هیدرولوژیکی خاک	مساحت ( $Km^2$ )	درصد
A	۵۹۲	۲۲/۷۱
B	۸۳۷	۳۲/۱۱
C	۳۶	۱/۳۸۱
D	۱۱۴۱	۴۳/۷۸

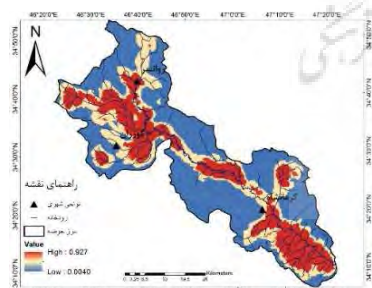
بر حسب توان تولید رواناب، رابطه این عامل با ریسک سیلاب به صورت مستقیم تعریف شده و از تابع عضویت خطی افزایش یافته استفاده شده است (جدول ۲(خ)). شکل (۱۰) نقشه لایه فازی شده خاک را نشان می‌دهد. پس از تعریف نوع رابطه هر یک از پارامترها با پدیده سیلاب، برای هر یک از لایه‌های وابسته به این پارامترها طبق توضیحات ارائه شده توابع عضویت تعیین و بر لایه‌ها اعمال شده است. پس از اعمال توابع ارائه شده به لایه‌های مورد نظر، این لایه‌ها وارد مدل فازی شده‌اند. برای اجرای تکنیک فازی نیاز به عملگرهایی نظیر اجتماع، اشتراک، ضرب جبری، جمع جبری و گاما است. در این مطالعه از عملگرهای جمع جبری، ضرب جبری و گاما استفاده شده است.

جدول ۲: روابط پارامترهای مؤثر در سیل‌گیری رودخانه قره‌سو در مدل فازی

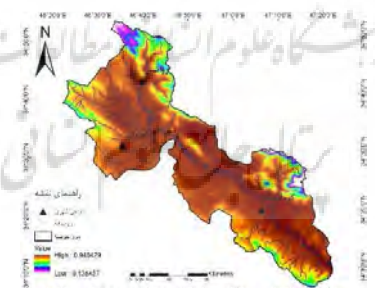
ردیف	پارامتر	توابع عضویت	نمودار وابسته به توابع
الف	شیب	$f(x) = f(x) = \begin{cases} 1 & ,if x \leq 12 \\ \frac{99.8 - x}{99.8 - 12} & ,if 12 < x \leq 99.8 \end{cases}$	
ب	ارتفاع	$f(x) = \begin{cases} 1 & ,if x \leq 2100 \\ \frac{3229 - x}{3229 - 2100} & ,if 2100 < x \leq 3229 \end{cases}$	

	$f(x) = \frac{x-0}{1.005}, \text{ If } x \leq 1.005$	تراکم زهکشی	پ
	$f(x) = \frac{x-354.8}{799.63}, \text{ If } x \leq 799.63$	بارش	ت
	$f(x) = \frac{x-0}{4.669}, \text{ If } x \leq 4.669$	انحنای پروفیل	ث
	$f(x) = \frac{6.669-x}{6.669}, \text{ If } x \leq 6.669$	انحنای پلانیمتریک	ج
	$f(x) = \frac{12500-x}{12500}, \text{ If } x \leq 12500$	فاصله از آبراهه	چ
	$f(x) = \frac{x-1}{12}, \text{ If } x \leq 12$	کاربری اراضی	ح
	$f(x) = \frac{x-1}{4}, \text{ If } x \leq 4$	خاک	خ

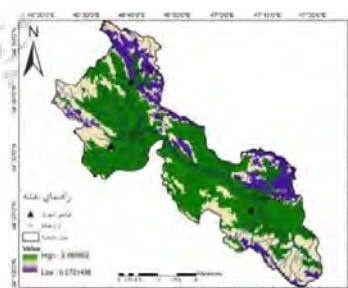
در زیر داده‌های مورد استفاده به عنوان لایه‌های اطلاعاتی فازی شده در آمده‌اند. این لایه‌ها بر حسب توابع عضویت مقادیر هر لایه در سیستم اطلاعات جغرافیایی، از صفر تا یک، به دست آورده شده‌اند:



شکل ۴: نقشه فازی شده تراکم زهکشی



شکل ۳: نقشه فازی شده ارتفاع

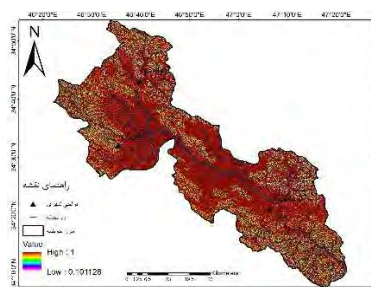


شکل ۲: نقشه فازی شده شیب

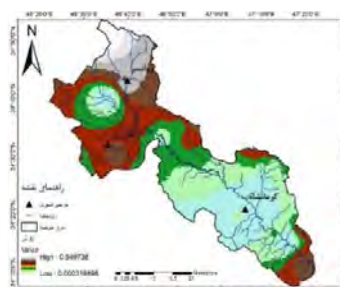




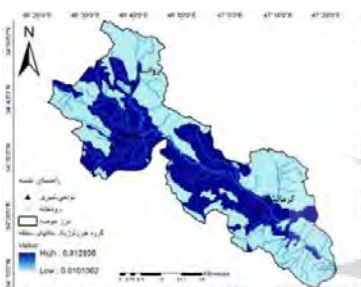
شکل ۷: نقشه فازی شده انحنای پلانیمتری



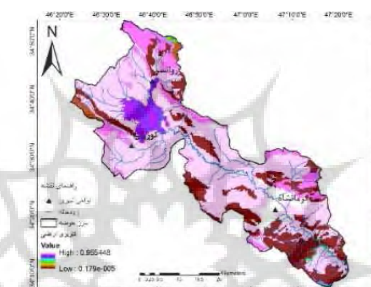
شکل ۶: نقشه فازی شده انحنای پروفیل



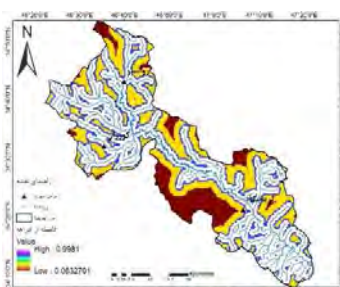
شکل ۵: نقشه فازی شده بارش



شکل ۱۰: نقشه فازی شده نفوذ پذیری خاک



شکل ۹: نقشه فازی شده کاربری اراضی



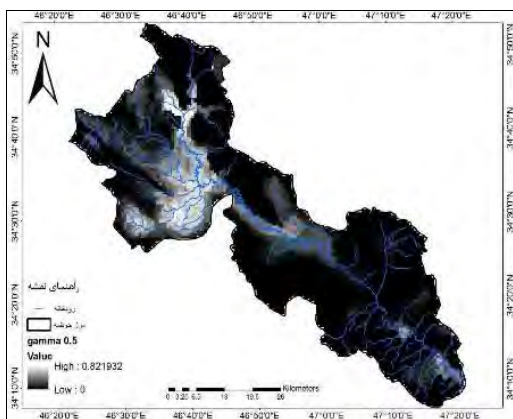
شکل ۸: نقشه فازی شده فاصله از آبراهه

پس از تعیین عضویت برای هر یک از لایه‌های وابسته به پارامترهای موثر بر سیل‌گیری در حوضه و اجرای مدل، نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری بر اساس گامای ۰/۷، ۰/۹ و ۰/۵ بدست آمده است (شکل ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴). برای تعیین مناسب‌ترین گاما در پهنه‌بندی، از ضریب همبستگی بین هر یک از لایه‌های پارامترهای موثر استفاده و نقشه‌های نهایی گامای ۰/۷ در محیط ArcGIS 10.2 بدست آمد (جدول شماره ۳).

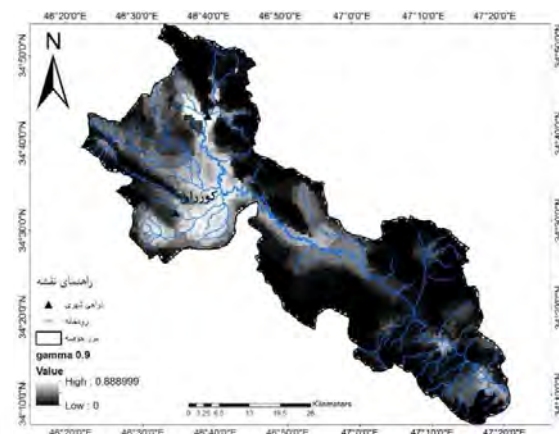
جدول (۳) نتایج همپوشانی هر یک از لایه‌ها با نقشه پهنه بندی خطر سیل خیزی گاما (۰/۷، ۰/۹، ۰/۵)

الگوریتم	بارش	ارتفاع	پروفیل	پلانیمتری	فاصله از آبراهه	تراکم زهکشی	نفوذپذیری	شیب	کاربری اراضی
گامای ۰/۷	۰/۷۸	۰/۳۸	۰/۴۸	-۰/۰۹	-۰/۸۳	۰/۷۱	۰/۹۱	۰/۶۶	-۰/۵۰
گامای ۰/۹	۰/۷۲	۰/۲۹	۰/۳۲	-۰/۰۴	-۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۳۱	-۰/۴۳
گامای ۰/۵	۰/۶۸	۰/۱۱	۰/۵۶	-۰/۰۸	-۰/۳۰	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۲۲	-۰/۴۵

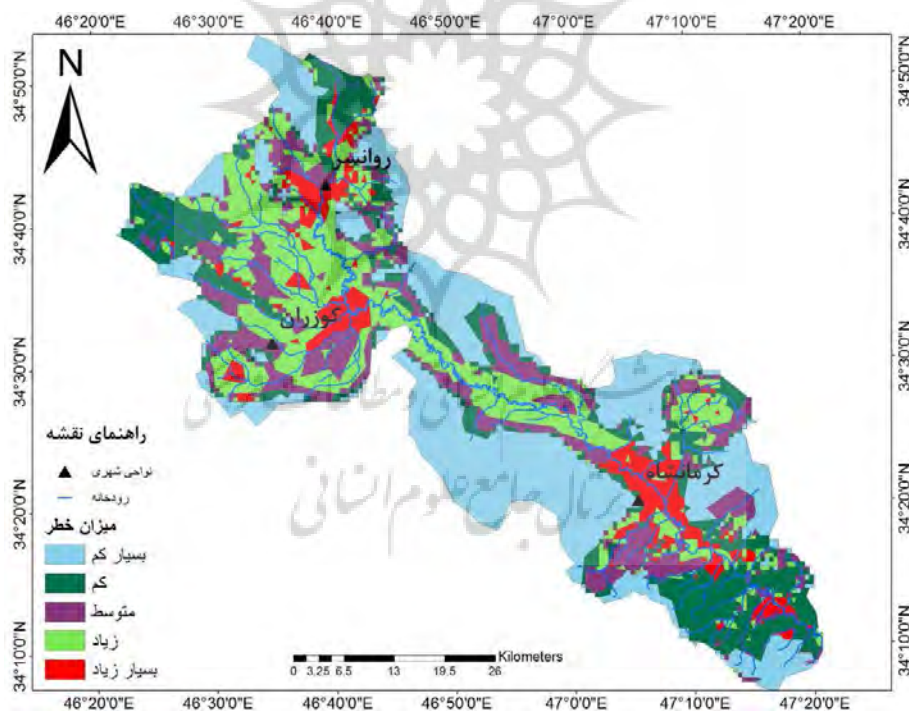
همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود میزان همبستگی لایه‌ها با گامای ۰/۷ بیشتر است. بنابراین، لایه گامای ۰/۷ به عنوان نقشه پهنه‌بندی اصلی سیل‌گیری منطقه استفاده شده است (شکل-۱۳).



شکل ۱۲: نقشه پهنه بندی رودخانه قره‌سو (گاما ۰/۵)



شکل ۱۱: نقشه پهنه بندی سیل‌گیری رودخانه قره‌سو (گاما ۰/۹)



شکل ۱۴: نقشه تعیین پهنه‌های مختلف سیل‌گیری در رودخانه قره‌سو با عملگر گامای ۰/۷

طبقه خطر بسیار زیاد در محدوده مورد مطالعه در حدود ۱۴ درصد از مساحت منطقه را در بر گرفته است. این میزان از خطر بیشتر نواحی بالا دست و نیز پایین دست محدوده را پوشش می‌دهد. همانطور که از نقشه فوق بر می‌آید نواحی ریسک بالا اغلب در حوالی شهرهای روانسر، کوزران و بویژه کرمانشاه قرار دارد؛ جاییکه حریم رودخانه مورد تعدی قرار گرفته و اغلب بستر رودخانه مورد ساخت و ساز واقع شده است. بعلاوه، در این گستره‌ها دو عامل شیب و

ارتفاع به عنوان عوامل اصلی اثرگذار بر سیل‌خیزی پایین بوده و سیلابهای شدید به راحتی پهنه‌های بیشتری را در بر می‌گیرند. اما، منطقه خطر زیاد اغلب در بخشهای بالا دست رودخانه و به سمت سرچشمه در امتداد رودخانه قرار دارد. جائیکه رودخانه در بستر آبرفتی خود مدام به تخریب و حفر کناره‌ها و بدین شکل تغییر بستر می‌پردازد (شکل ۱۴ و جدول شماره ۴).

جدول ۴: مساحت و درصد ریسک سیل‌گیری در محدوده مورد مطالعه

خطر	مساحت	درصد
بسیار زیاد	۵۳۶۵۴	۱۳/۹۲
زیاد	۳۴۲۲۸	۲۳/۰۵
متوسط	۳۷۰۱۷	۱۸/۵۰
کم	۴۹۵۵۱	۲۰/۰۹
بسیار کم	۴۹۸۴۱	۲۴/۴۴

بیشترین درصد سیل‌گیری منطقه در شمال غربی، محدوده‌ای از شمال شرقی و همچنین در پایین دست حوضه در محدوده شهر کرمانشاه می‌باشد. درصد طبقه سیل‌گیری زیاد در حاشیه رودخانه در مرز تأثیر گذار ۱۵۰۰ متر از رودخانه می‌باشد. عواملی همچون میزان بارش، شیب کم، جنس زمین، نفوذپذیری خاک، تراکم زهکشی و ارتفاع نیز در میزان سیل‌گیری در این بخش‌ها دخیل هستند به طوری که کمترین میزان سیل‌گیری با توجه به پارامترهای مؤثر در سیل‌گیری در فاصله‌های بیش از ۱۵۰۰ متر و نیز در طبقات مرتفع‌تر و با شیب بیشتر قرار گرفته‌اند.

### نتیجه‌گیری

رودخانه به عنوان یک سیستم محیطی از اجزاء و عناصر مختلفی تشکیل شده که عملکرد کلی و رفتار رودخانه در ارتباط با کلیت و ویژگی‌های ساختاری این سیستم است. از این نظر، هرگاه بخشی از اجزاء دچار تغییر شود، بخش‌های دیگر نیز به تبع آن دچار تغییر ساختاری-عملکردی می‌شوند. این تغییر گاهی سبب تغییر در بستر و سواحل رودخانه شده و گاهی بخش‌هایی از مناطق پیرامونی را برای چند ساعت یا چند روز تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر، همه بخش‌های رودخانه، از سراب تا پایاب، واکنش یکسانی به نسبت ویژگی‌های اقلیمی بویژه بارش نشان نمی‌دهند. همچنین، بارش‌ها هم به شکل یکسان در طول سال یا سال‌های متوالی اتفاق نمی‌افتند، بلکه بعضاً بارش‌های رگباری و شدیدی در برخی مناطق، بویژه مناطق کوهستانی رخ می‌دهد که اگر همزمان با ذوب برف‌ها در این مناطق در اواخر زمستان یا اوایل بهار باشد، سیلاب‌های عظیمی را بوجود آورده و می‌تواند ویرانگری‌ها و خسارت‌های زیادی را به سکونت‌گاه‌ها و سایر کاربری‌های دیگر انسانی وارد نماید که بعضاً با خسارت‌های جانی نیز همراه می‌باشد. بنابراین، تعیین مناطق پرخطر برای برنامه ریزی و مدیریت آن امری بسیار ضروری است. در این تحقیق به این امر پرداخته شده و نقشه پهنه بندی ریسک سیل‌گیری رودخانه قره‌سو تهیه گردیده است.

با توجه به نقشه اصلی ریسک سیل‌گیری تهیه شده در حوضه رودخانه قره‌سو، بیشترین میزان سیل‌گیری در شمال غربی و در بالا دست حوضه در حوالی شهر روانسر و همچنین در شهر کرمانشاه وجود دارد. میزان ریسک سیل‌گیری زیاد در حواشی رودخانه در بخش‌های متراکم‌تر رودخانه دیده می‌شود. قاعدتاً کم‌ترین میزان سیل‌گیری نیز در ارتفاعات و نیز در نواحی با شیب بیشتر و نیز فاصله بیشتر از مسیر رودخانه دیده می‌شود. بر اساس نتایج خروجی مدل فازی و هم‌پوشانی نقشه سیل‌گیری با هر یک از پارامترهای مؤثر در ریسک سیل‌گیری حوضه رودخانه قره‌سو، مؤثرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیل‌گیر اغلب شیب بین ۰ تا ۵ درجه، خاک‌های گروه هیدرولوژیکی D، ارتفاع ۱۲۴۰ تا ۱۲۵۰، تراکم زهکشی ۰/۴ تا ۱، بارش ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر، انحنای پروفیل ۰/۴، انحنای پلانیمتری ۰/۶ و کاربری اراضی شهری و نیز کشاورزی دیم و فاصله ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از آبراهه می‌باشد. این سطوح در واحد ژئومورفولوژیکی دشت قرار گرفته‌اند. کم‌تأثیرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیل‌گیری نیز دارای فاصله‌های بیش از ۵۰۰ متر از رودخانه شیب بیش از ۵ درجه، دامنه‌های با تحدب بالا و پهنه‌های با بارش کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر هستند.

بررسی‌های میدانی حاکی از آن است که در برخی بازه‌ها، رودخانه به حالت فصلی درآمده و تنها با شروع بارش فصلی دارای آب می‌شود، به همین دلیل اکثر ساکنین با این تصور اشتباه به اشغال بازه وسیعی از حریم رودخانه برای امور کشاورزی یا حتی کاربری‌های مسکونی پرداخته‌اند. اما با شروع بارش‌های فصلی امکان قدرت طغیان رودخانه به دلیل بارش‌های ناگهانی، همچون رودخانه‌های مناطق خشک بیشتر است و این مورد سبب آسیب جدی به ساکنین این نواحی می‌شود. با توجه به عدم رعایت فاصله از حریم رودخانه و نیز کاربری‌های غیرمجاز و در معرض خطر قرار داشتن برخی از تأسیسات و نیز اراضی کشاورزی، لزوم مدیریت رودخانه و نیز برنامه‌ریزی صحیح در این مورد برای کاهش خطر سیل‌گیری رودخانه واجب به نظر می‌رسد.

## منابع

- امیدوار، کمال. (۱۳۹۰). مخاطرات طبیعی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد، ص. ۱۸۸.
- امیراحمدی، ابوالقاسم، شیران، مهناز (۱۳۸۸). کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب دشت کرون، فصلنامه جغرافیا و توسعه شماره ۷(۱۴)، صص ۱۷۳-۱۵۳.
- آل شیخ، علی اصغر، سلطانی، محمدجعفر و هلالی حسین (۱۳۸۱). کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب، تحقیقات جغرافیایی، صص ۲۲-۳۸.
- حسین زاده، سیدرضا، جهادی طرقي، حسین، مهناز جهادی (۱۳۸۶). اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۱، تهران، صص ۱۵۹-۱۴۵.
- دادرسی سبزواری، ابوالقاسم (۱۳۷۸). مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل‌های مفهومی سازگار با GIS در مکان‌یابی مناطق مستعد سیلاب با کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای سنجنده ETM، همایش ژئوماتیک تهران. [http://www.civilica.com/Paper-GEO87-GEO87\\_020.html](http://www.civilica.com/Paper-GEO87-GEO87_020.html)
- رستمی، فرض الله (۱۳۷۸). اصلاح مدل برآورد رسوب ام پسیاک با بکارگیری تکنیک فازی در حوضه سد زاگرس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، دکتر منیژه قهرودی، دانشکده ادبیات، رشته جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم، صص. ۱۲۹-۱۴۷.
- سلامی، میثم (۱۳۸۸). تحلیل پارامترهای کیفی آب تالاب انزلی با استفاده از روش ریاضی فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم، به راهنمایی غلامرضا اسدی فردی، دانشگاه تربیت معلم، صص. ۳۲-۴۸.

- علیجانی، بهلول و گل پرنیان، طواق (۱۳۸۳). الگوهای سینوپتیکی سیلاب های رودخانه گرگان، جغرافیایی سرزمین. صص ۳-۲۲. قنواتی، عزت‌الله (۱۳۹۲). پهنه بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هشتم، صص ۱۱۳-۱۳۱.
- مساعدی، ابوالفضل (۱۳۸۶). بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ شرق گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴، صص ۹-۱۷.
- مومنی، منصور (۱۳۷۸). مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ دوم، تهران: دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تعداد صفحات ۳۶۰.
- یمانی، مجتبی و عنایتی، مریم (۱۳۸۴). ارتباط ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه و تحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ی ژئومورفیک حوضه‌های فشنند بهجت‌آباد)، فصلنامه‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ی ۵۴، صص ۴۷-۵۷.
- Bakhtyari Kia, M., Pirasteh, S., Pradhan, B., Mahmud, A., Sulaiman, W. & Moradi, A., (2011). An Artificial Neural Network Model for Flood Simulation Using GIS: Johor River Basin, Malaysia. *Journal of Environ Earth Sciences*. Vol. 67, No. 1, PP. 251-264.
- Chen, J., Zhao, S., & Wang, H. , (2011). Risk analysis of flood disaster based on fuzzy clustering method. *Energy Procedia*, 5, 1915-1919.
- Cook, A., & Merwade, V. , (2009). Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*, 377(1), 131-142.
- Dittmann, S., Baring, R., Baggalley, S., Cantin, A., Earl, J., Gannon, R., & Ramsdale, T. , (2015). Drought and flood effects on macrobenthic communities in the estuary of Australia's largest river system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 36-51.
- Hagen, E., Shroder, J. F., Lu, X. X., & Teufert, J. F. , (2010). Reverse engineered flood hazard mapping in Afghanistan: A parsimonious flood map model for developing countries. *Quaternary International*, 226(1), 82-91.
- Hooke, J. M. ,(2015). Variations in flood magnitude-effect relations and the implications for flood risk assessment and river management. *Geomorphology*.
- Martinez, J. M., & Le Toan, T. , (2007). Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floodplain using multitemporal SAR data. *Remote Sensing of Environment*, 108(3), 209-223.
- Qin, Q., Tang, H., Chen, H.,( 2011), Zoning of Highway Flood-Triggering Environment for Highway in Fuling District, Chongqing, *Journal of the International Society for Optical Engineering*, No. 8205, PP. 820530-8.
- Srinivas, V. V., Tripathi, S., Rao, A. R., & Govindaraju, R. S. , (2008). Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering. *Journal of Hydrology*, 348(1), 148-166.
- Van der Sande, C. J., De Jong, S. M., & De Roo, A. P. J. , (2003). A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of applied earth observation and geoinformation*, 4(3), 217-229.
- Wolski, P., Savenije, H. H. G., Murray-Hudson, M., Gumbrecht, T., (2006). Modeling of the flooding in the & Okavango Delta, Botswana, using a hybrid reservoir-GIS, model
- Zhang, Q., Gu, X., Singh, V. P., Xiao, M., & Xu, C. Y. , (2014). Stationary of annual flood peaks during 1951–2010 in the Pearl River basin, China. *Journal of Hydrology*, 519, 3263-3274.

## Article Evaluation and spatial analysis of Floods in a river using Fuzzy Logic in geographic information system environment (Case Study: Qarasou River)

Mohamad Sharifi Paichoon\*<sup>1</sup>, Fatemeh Parnoon<sup>2</sup>

Received: 2016-10-14

Accepted: 2017-05-27

### Abstract

Across the globe, floods have posed a tremendous danger to people's lives and properties and have had a great impact on human development, properties, infrastructures as well as environment. In the paper, we have investigated Qaresou River to the end of reducing, mitigating and management of floods with providing of zoning map using Fuzzy Logic in ArcGIS Environment. For studying the river, we have used parameters such as slope, elevation, a distance of channel, drainage density, land use, lithology, precipitation, profile curvature and planimetric curvature. To provide data and layers we have used DEM, topographical maps(1:50000), geological map(1:100000), land use map of Kermanshah province, a satellite image of Landsat(ETM) and the image IRS-LIIS III. The methodology of the research is fuzzy logic in GIS environment to provide zoning map. Results show that the Gama of 0/7 is the best operator for zoning the region. According to the map, the high-risk segment contains 24 percent of the region that has located in the north of the river and the south as well, where Kermanshah city has located. Thus. With a distance of the river in the high elevation and slope, the rate of risk of floods reduce. Results show that the most effect area (in floods map) is located between slope 0-5 degree, elevation 1240-1250m, the group of hydrological soils D, Drainage basin 0/4-1, precipitation 650-750mm, Planimetric profile 0/6, the land use of urban and distance of 500-1500 m of the river.

**Keywords:** Geomorphology, Floods, Qaresou River, Natural Hazards, Fuzzy Function, Fuzzy Logic.

<sup>1</sup>\*- Assistant Professor of Geomorphology, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran

<sup>2</sup>- MA. of Geomorphology, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran