هیدروژئومورفولوژی، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۴، صص ۱۳۵-۱۲۱
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵ تأیید نهایی مقاله: ۱۹۴/۰۴/۱۶

پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری با استفاده ازمدل منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی حوضه رودخانه خیاوچای مشکین شهر)

عزت‌اله قنواتی[۱]
فریدون بابائی اقدم[۲]
طاهر همتی[۳]
مسعود رحیمی[۴]

چکیده

حوضه خیاوچای در استان اردبیل و از زیرشاخه‌های رودخانه قره‌سو می‌باشد. رودخانه اصلی این حوضه خیاوچای نام دارد که از ارتفاعات سبلان (هزار میخ، آیی قاری، دلی آلی، جنوار داغی) سرچشمه می‌گیرد و سرتاسر دره موئیل را طی نموده و به رودخانه قره‌سو از زیر حوضه‌های روخانه ارس می‌ریزد. با توجه به این‌که شهر مشکین‌شهر در پایین دست این حوضه قرار گرفته است و در هر لحظه با خطر سیلاب این حوضه مواجه است، لزوم توجه به خطر سیلاب این حوضه بیش از پیش امری ضروری می‌باشد. در این پژوهش به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری حوضه خیاوچای مشکین‌شهر با استفاده از مدل منطق فازی پرداخته شده است. برای این منظور از ۸ پارامتر شامل : تراکم پوشش گیاهی ± تراکم زهکشی- فاصله از آبراهه- لیتولوژی- کاربری اراضی- بارش- ارتفاع و شیب استفاده شده است. در این مدل ابتدا تمامی لایه‌ها با فرمت رستر وارد نرم‌افزار Arc GIS گردید، سپس فازی سازی معیارها با توجه به توابع مورد نظر صورت گرفته و در مرحله بعد با استفاده از عملگرهای مختلف مدل فازی، اقدام به پهنه‌بندی سیل‌گیری حوضه مورد نظر گردید. نتیجه تحقق نشان داد که دره‌ها، خط‌القعرها با دامنه‌های مقعر و مناطق پایین دست مؤثرترین سطح سیل‌گیری حوضه می‌باشند. در پایان استفاده از نتایج این پژوهش می‌تواند کمک شایانی در کاهش خسارات جانی و مالی ساکنان پایین دست حوضه کرده، همچنین می‌تواند پیش زمینه‌ای برای انجام مطالعات بعدی در رابطه با مخاطرات طبیعی باشد.

واژگان کلیدی: سیل‌گیری، مدل فازی، پهنه‌بندی، خیاوچای.

۱ـ دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی تهران (نویسنده مسئول) www.ezhanavatii@yahoo.com
۲ـ استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز
۳ـ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی
۴ـ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

مقدمه

سیل به حجم عظیمی از آب اطلاق می‌شود که بیش از دبی متعارف رودخانه باشد. در کشور ما وقوع سیل بیش از آن‌که ناشی از بارش‌های تند باشد در رابطه با برهم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی منطقه می‌باشد (امیدوار، کمال، ۱۳۸۹). مجموعه عواملی در طبیعت هستند که باعث می‌شوند جریان رودخانه از آن حالت طبیعی و تعادل خود خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهمترین آنها تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی، درجه اشباع شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذپذیری حوضه می‌باشد (یمانی، عنایتی، ۱۳۸۴). در مواقعی که رودخانه نتواند رواناب تولید شده در حوضه را به‌خوبی انتقال دهد شرایطی پیش می‌آید که آب به زمین‌های پیرامونی سرریز می‌شود و سیل رخ می‌دهد. هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری روشی است که با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها و همچنین میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضه را بر اساس توان سیل‌گیری پهنه‌بندی می‌کند.

با توجه به رژیم بارشی کشور، بارش‌های رگباری و نیز ذوب برف‌های زمستانه پدیده سیل و پیامدهای ناگوار آن را در مقیاس‌های مختلف مشاهده می‌کنیم. حوضه مورد مطالعه در ارتفاعات سبلان قرار گرفته است که بارش‌هایی تا ۶۰۰ میلی‌متر را دریافت می‌کند. وجود همین امر در محدوده و نیز با توجه به وسعت و توپوگرافی حوضه رودخانه خیاوچای که توان رواناب دارد و همچنین تولید بالایی را در تولید تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی، زمینه مناسبی را برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است. قرارگیری روستاها و همچنین زمین‌های کشاورزی در حریم این رودخانه و از همه مهم‌تر عبور آن از شهر مشکین شهر در انتهای حوضه لزوم بررسی اجمالی در رابطه با تولید رواناب در منطقه را توجیه می‌کند.

روش‌های مختلفی برای تعین میزان رواناب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری وجود دارد. اکثر این روش‌ها بر پایه روش‌های نموداری و استفاده از فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیرحوضه، داده‌های دورسنجی و GIS می‌باشد. در این مطالعه از روشی به نام مدل فازی استفاده شده است که برای اولین بار توسط پرفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ دررساله‌ای به نام (مجموعه‌های فازی - اطلاعات و کنترل) معرفی شد. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر یا عضو مجموعه است یا نیست (صفر و یک) تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را گسترش داده و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد. به بیان دیگر یک

مجموعه فازی، مجموعه‌ای از عوامل با ویژگی‌های مشابه است که در آن، مجموعه درجه‌ای مشخص از صفر تا یک دارد. صفر به معنی عدم عضویت و یک به معنی عضویت کامل است (دومان و همکاران[۱]، ۲۰۰۶).

برای این‌که بتوانیم لایه‌ها را در مدل فازی مورد استفاده قرار دهیم لازم است ابتدا تک تک لایه‌ها با توجه به هدف مورد نظر بر اساس توابع عضویت، فازی سازی شوند. با داشتن توابع فازی می‌توان با استفاده از برخی از توابع موجود در نسخه ۱۰ نرم‌افزار ARC GIS و یا به صورت فرمول نویسی در تحلیل‌گر Raster Calculator لایه‌ها را به‌صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ قرارداد. لایه‌های وکتوری و پلیگونی نیز بدون نیاز به تابع با دادن کدهای بین صفر تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌شوند. هر کدام از این لایه‌ها به تنهایی با توجه به ضابطه و نوع تابعی که برای آن در نظر گرفته شده است محدودیت و امکان سیلگیری را تعیین می کنند.

مطالعات بسیاری در ارتباط با سیلاب در سطح ایران و جهان صورت گرفته است، که از جمله می‌توان به کارهای انجام شده به‌وسیله وندرسن[۲] و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد که با طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای IKONOS-2 خطر و خسارات سیلاب با استفاده از مدل LISFLOOD در بخش‌های جنوبی هلند طبقه‌بندی نمودند. تأثیر حرکت سیلاب‌ها در مراحل مختلف و بر اساس مدت زمان سیلاب بر روی توزیع پوشش گیاهی در حوضه آمازون به‌وسیله مارتینز[۳] و همکاران (۲۰۰۷) با کمک تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر داده‌های توپوگرافیکی، پیکر بندی ژئومتریک و انواع روش‌های مدل‌سازی بر روی نقشه‌کشی طغیان سیلاب به‌وسیله کوک[۴] و همکاران (۲۰۰۹) مورد بررسی قرار گرفته است. باید افزود، در کنار مطالعات فوق کارهای دیگری در زمینه سیلاب به‌وسیله افرادی چون سیناکودن[۵]، بالدازارر[۶] و همکاران، مرواده[۷] و همکاران و والسکی[۱] در سطح جهان انجام گرفته است. در ایران نیز کارهای بسیاری در زمینه سیلاب انجام شده که از جمله می‌توان به کارهای زیر اشاره نمود: وهابی (۱۳۷۶) جهت مدل‌سازی سیلاب از نرم‌افزار HEC-1 و برای براورد سیلاب از روش CN است. قنواتی (۱۳۸۲) نیز جهت شناسایی عوامل مختلف هیدروژئومورفولوژیکی مؤثر برسیلاب در حوضه گاماسیاب از پارامترهای مورفومتریک حوضه بهره برده است. همچنین حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) تأثیر گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری را مطالعه کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که گسترش شهر به‌طور مستقیم و غیرمستقیم

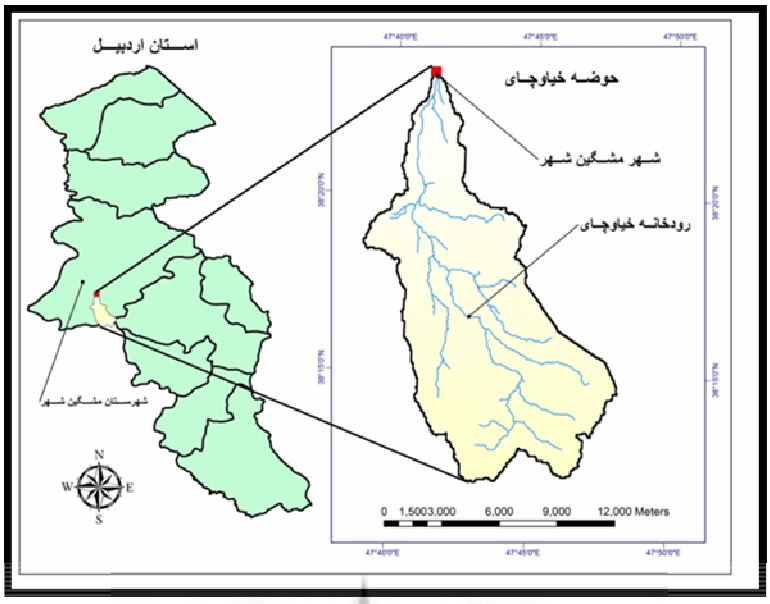
1- Duman at el.,
1- Vander Sand
2- Martinez
3- Cook
5- Sinnakaudan
6- Baldassarre
7- Merwade

موجب تشدید سیل‌خیزی در این شهر گردیده است. امیراحمدی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS سیلاب را در دشت کرون مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی لزوما متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها نمی‌باشد. علاوه بر موارد فوق فرجزاده و همکاران (۱۳۸۷)، ساعد (۱۳۸۷) مطالعاتی را بر روی پهنه‌بندی و برآورد سیلاب انجام دادند. بنابر مطالعات انجام شده و قرار گرفتن شهر مشکین‌شهر در پایین دست این حوضه و همچنین عدم پژوهشی جامع در این زمینه، پهنه‌بندی سیل‌گیری در حوضه خیاوچایی مشکین شهر را ضروری می‌نماید.

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه خیاوچای در استان اردبیل و از زیرشاخه‌های رودخانه قره‌سو می‌باشد و از نظر مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ضلع شرقی مشکین شهر از توابع استان اردبیل واقع در موقعیت جغرافیایی به مختصات ۴۷ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۳ ثانیه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. رودخانه اصلی این حوضه خیاوچای نام دارد که از ارتفاعات سبلان (هزار میخ، آیی‌قاری، دلی‌آلی، جنوار داغی) سرچشمه می‌گیرد و سرتاسر دره موئیل را طی نموده و به رودخانه قره‌سو از زیر حوضه‌های روخانه ارس می‌ریزد. خیوچای یا خیاوچای از سرشاخه‌های مهم رودخانه قره‌سو در شهرستان مشکین‌شهر است (شکل ۱). از لحاظ زمین‌شناسی منطقه بیشتر تحت تأثیر توده آتشفشانی سبلان و باتولیت بزغوش می‌باشد که با توجه به این امر پوشش سنگی منطقه اغلب از نوع سنگ‌های آتشفشانی و درونی است. رودخانه‌های این حوضه به‌دلیل مجاورت با ارتفاعات سبلان و بهره‌گیری از نزولات جوی زیاد نسبت به نواحی مجاور خود در بیشتر روزهای سال جریان دارد. از لحاظ زمانی بیشترین سیلاب‌های اتفاق افتاده در این حوضه به‌دلیل ذوب ذخایر برفی ناشی از بارش زمستانی در فصل بهار می باشد. به علت موقعیت خاص شهرستان مشکین‌شهر و قرارگیری آن در کنار رود طغیانگر خیاوچای و کوهستان مرتفع سبلان، معمولاً در زمان بارش‌های شدید، منطقه خسارات مالی و جانی بسیاری را متحمل می‌شود. از جمله سیلاب‌های مخرب که در اثر بارش شدید ۴۵ دقیقه‌ای در این حوضه به وقوع پیوست؛ سیل سال ۱۳۸۰ است که طی آن موجب خسارت‌های فراوان جانی و مالی گردید.

1- Wolski



شکل (۱)موقعیت حوضه خیاوچای

مواد و روش‌ها

در راستای اجرای مدل و انجام تحقیق از یک سری داده‌های مربوط به اقلیم، خاکشناسی، ژئومورفولوژی و پوشش سطحی زمین استفاده شده است. در سیل‌گیری یک منطقه علاوه بر عامل رواناب پارامترهای فیزیوگرافی زیادی را می‌توان در نظر گرفت که می‌توانند تأثیرگذار باشند. با توجه به هدف تحقیق و نمونه کارهای قبلی صورت گرفته در این زمینه از ۸ پارامتر طبیعی و انسانی برای اجرای مدل استفاده شده است. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: بارش ،کاربری زمین، فاصله از رودخانه‌های اصلی، شیب دامنه ها، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، تراکم شبکه زهکشی و سنگ‌شناسی. جهت تهیه این لایه‌ها از داده‌های هواشناسی، لایه DEM منطقه، نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی سازمان جغرافیایی ارتش و سازمان زمین‌شناسی و باندهای ۳ و ۴ تصاویر ماهواره لندست استفاده شده است. هر کدام از پارامترهای فوق بنابه ماهیت و عملکردشان در مدل پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به این‌که حوضه مورد مطالعه در ارتفاعات سبلان واقع شده و بیشترین نوع سیل اتفاق افتاده از نوع ناگهانی می‌باشد، سعی گردیده پهنه‌بندی سیل‌گیری حوضه مورد مطالعه بر مبنای پارامترهای فیزیوگرافی که با سیلاب رابطه نزدیک و کمترین زمان تمرکز رواناب ناشی از بارش را داشته باشد؛ استفاده شود. همچنین در انتخاب معیارهای فوق سعی گردیده از مطالعات میدانی و کارهای مشابه قبلی که برای پهنه‌بندی در مناطق مختلف به‌کار برده شده، استفاده گردد. برای تهیه نقشه شیب منطقه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مربوط به سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است به این صورت که پس زمین مرجع و رقومی نمودن نقشه‌ها

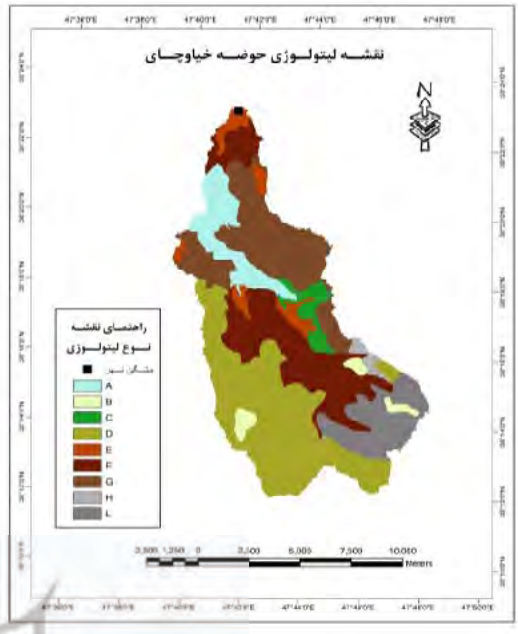
لایه رقومی ارتفاعی زمین تهیه و سپس از روی آن نقشه شیب حوضه به‌دست آمد. بیشترین شیب حوضه معمولاً در ارتفاعات و در توده آتشفشانی سبلان است. جهت استفاده از لایه آبراهه، از تراکم زهکشی (بر حسب طول به متر) در واحد سطح (بر حسب مساحت به کیلومتر مربع) استفاده گردید این لایه از تقسیم طول آبراهه‌ها بر مساحت به‌دست می‌آید. همچنین لایه فاصله از آبراهه، فاصله هر پیکسل از آبراهه ها را بر حسب متر نشان می‌دهد. این لایه با استفاده از لایه آبراهه‌ها در محیط ArcGIS تهیه شده است. این دو لایه بر مبنای لایه آبراهه های استخراج شده از نقشه توپوگرافی تهیه گردیده است. نقشه تراکم پوشش گیاهی به عنوان یک پارامتر تأثیر گذارد در تهیه پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد. در تهیه این لایه از باندهای ۳ و۴ تصاویر ماهواره لندست (۲۰۱۲) استفاده شده است. در همین راستا شاخص تراکم پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار ArcMAP10 بر روی تصاویر اجرا شد و لایه تراکم پوشش گیاهی به‌دست آمد. رابطه (۱) نحوه اجرای این شاخص را نشان می‌دهد.

$$NDVI= (NIR- RED)/(NIR+ RED) \quad \text{رابطه (۱)}$$

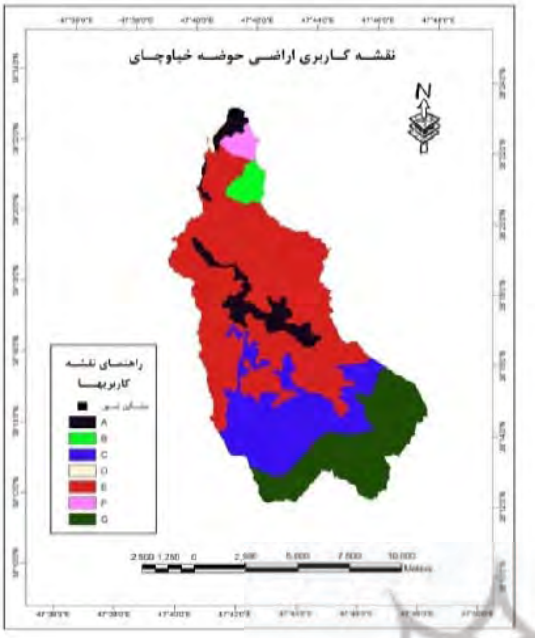
ارتفاع از عوامل بسیار مهم در پدیده‌های هیدرولوژیکی می باشد. این لایه به‌وسیله نقشه DEM حوضه افزار تهیه شده است. برای تهیه لایه بارش حوضه مورد مطالعه از داده‌های بارشی ایستگاه‌های سینوپتیک محدوده مورد مطالعه در دو بازه آماری ۳۰ ساله استفاده شده است. لایه بارش حوضه مورد نظر از طریق درونیابی نقاط مجهول با داده‌های بارش نقاط معلوم ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه در محیط نرم‌افزار تهیه شده است.

لایه لیتولوژی براساس نقشه زمین‌شناسی حوضه تهیه شده است و انواع سنگ‌های اصلی در حوضه براساس قابلیت‌شان در سیل‌گیری با استفاده از نظرات کارشناسی امتیازدهی شده است. جدول (۱) و شکل (۲) وضعیت حوضه را از لحاظ لیتولوژی نشان می‌دهد.

لایه کاربری زمین به‌وسیله نرم‌افزار ArcGIS و با کاربرد اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای ETM^+، نقشه توپوگرافی، نقشه قابلیت اراضی حوضه و داده‌های میدانی تهیه شده است، هفت نوع کاربری در روی نقشه مشخص شده است و به این کاربری‌ها براساس تأثیرشان در سیل گیری در حوضه امتیاز داده شده است. جدول (۲) و شکل (۳) کاربری منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.



شکل (۲) نقشه لیتولوژی



شکل (۳) نقشه کاربری زمین

جدول (۱) مشخصات نقشه لیتولوژی حوضه خیاوچای

ردیف	سنگ اصلی		مساحت-KM^2	مساحت-درصد
۱	لاهار	A	۹/۹۴	۸/۰۱
۲	رسوبات یخچالی	B	۲/۶۷	۲/۱۵
۳	گدازه های آندزیتی	C	۳/۷۷	۳/۰۴
۴	آندزیت ، داسیت پرفیری	D	۳۸/۶۷	۳۱/۱۸
۵	پادگانه های آبرفتی جوان	E	۵/۴۴	۴/۳۸
۶	پادگانه های آبرفتی قدیمی	F	۲۴/۹۵	۲۰/۱۲
۷	تراکی آندزیت ، تراکی پرفیری	G	۲۴/۷۲	۱۹/۹۳
۸	گدازه و گنبدهای داسیتی- ریوداسیتی	H	۱/۳۹	۱/۱۲
۹	تراکی آندزیت به صورت گنبد و گدازه	L	۱۲/۴۰	۱۰
	مجموع		۱۲۴	۱۰۰

جدول (۲) مشخصات نقشه کاربری اراضی حوضه خیاوچای

ردیف	کاربری		مساحت-KM^2	مساحت-درصد
۱	کشت باغی و کشاورزی	A	۱۵/۶۹	۱۲/۶۵
۲	مراتع خوب	B	۴۷/۸۵	۳۸/۵۸
۳	مراتع ضعیف	C	۲۴/۰۲	۱۹/۳۷
۴	مناطق شهری	D	۹/۴۸	۷/۶۴
۵	مراتع متوسط	E	۱۲/۱۴	۹/۷۹
۶	کشت دیم	F	۱۱/۰۶	۸/۹۱
۷	صخره و سطوح سنگی	G	۳,۸۱	۳,۰۷
	مجموع		۱۲۴	۱۰۰

بحث و نتایج

به‌طور کلی، اجرای مدل فازی شامل سه مرحله است: مرحله اول، فازی‌سازی لایه‌ها یا تعیین و اعمال توابع عضویت بر لایه‌ها، مرحله دوم: اعمال عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها، مرحله سوم: اعمال عملگر گامای فازی جهت تعدیل حساسیت بالای عملگر ضرب جبری و دقت کم عملگر جمع جبری. قبل از اجرای مدل فازی نیاز است که برای هریک از لایه‌های اشاره شده توابع عضویت تعیین گردد (فرآیند استانداردسازی لایه‌ها) و ارزش لایه‌ها در بازه‌ای بین (۰/۱) قرار گیرد، بدین منظور ابتدا رابطه هر یک از پارامترها با سیلاب مورد بررسی قرار گرفته و سپس توابع مربوطه ارائه می‌شود. منظور از استانداردسازی و اعمال توابع به هر یک از لایه‌ها این است که معیارها با واحدها و دامنه‌های مختلف برای یک پدیده را به یک محدوده استاندارد و مشابه تبدیل می‌کنیم. به‌طوری‌که سطوح با بیشترین تأثیر در رخداد سیل‌گیری بالاترین مقدار عددی یعنی یک و سطوح با کمترین تأثیر در رخداد سیل‌گیری پایین‌ترین مقدار عددی یا صفر را پذیرفته است اشکال (۴ تا ۱۱) زیر لایه‌های استاندارد شده برای پهنه‌بندی سیل‌گیری حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل (۴) نقشه فازی شده فاصله از آبراهه اصلی

شکل (۵) نقشه فازی شده تراکم پوشش گیاهی

شکل(۶) نقشه فازی شده شیب حوضه

شکل(۷) نقشه فازی شده تراکم پوشش گیاهی

شکل(۸) نقشه فازی شده ارتفاع

شکل(۹) نقشه فازی شده بارش

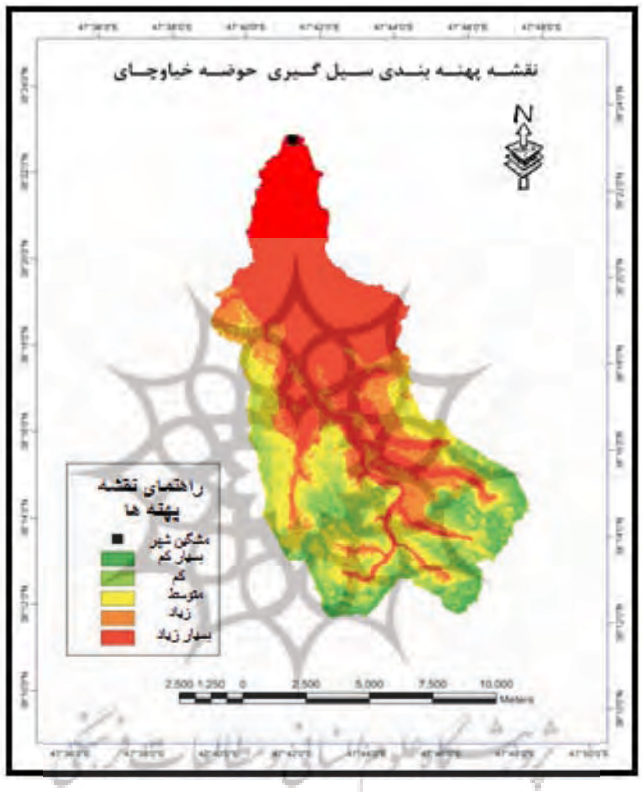
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل (۱۰) نقشه فازی شده لیتولوژی

شکل (۱۱) نقشه فازی شده کاربری اراضی

بعد از مرحله استانداردسازی، در نرم‌افزار ArcGIS عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها اعمال گردید. مقایسه این دو نقشه با هم نشانگر آن است که در نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر جمع جبری در مقایسه با نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر ضرب جبری سطوح با خطر زیاد وسعت بیشتری دارند در حالی که سطوح با خطر کم وسعت کمتری دارند. عملگر ضرب جبری موجب می‌شود تا اعداد مجموعه‌ها کوچک‌تر شده و به سمت صفر میل کنند. اما عملگر جمع جبری موجب می‌گردد تا اعداد به سمت یک میل نمایند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب جبری و دقت خیلی کم عملگر جمع جبری عملگر دیگری به نام گاما شکل گرفته است. مقدار گامای تعدیل‌کننده بین صفر و یک است که مقدار آن از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است. جهت به دست آوردن نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب و تعدیل حساسیت نقشه‌های به‌دست آمده بر اساس عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری، از عملگرهای گاما استفاده شده است. انتخاب گاماهای مورد نظر (۰/۵، ۰/۷، ۰/۹) بر مبنای نقشه‌های جمع جبری و ضرب جبری صورت گرفته است. همچنین انتخاب گاماهای مورد نظر از طریق قضاوت کارشناسی مبتنی بر نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مشاهده شده و تجربیات موجود درباره موضوع مورد بررسی تعیین شد. به‌دلیل عدم وجود داده‌های میدانی جهت تعیین مناسب‌ترین گاما در تعیین پهنه‌های با قابلیت بالای سیل‌گیری مقدار همبستگی بین لایه‌های اطلاعاتی اولیه و نقشه‌های نهایی گاما در نرم‌افزار SPSS به‌دست آمد. نقشه گاما ۰/۷ بالاترین مقدار همبستگی را با لایه‌های اطلاعاتی اولیه

داشته است، بنابراین گاما ۰/۷ به‌عنوان نقشه نهایی انتخاب گردیده است. طبقه‌بندی نقشه نهایی طبق نظر کارشناسی با استفاده از قابلیت‌های محیط کاری Arc GIS و مطالعه سوابق کاری مشابه در پهنه‌بندی‌ها انجام گردید. این طبقه‌بندی بر اساس متد شکستگی‌های طبیعی پنج سطح انجام گردیده است. در این روش پس از تعیین تعداد طبقات، نرم‌افزار با یک الگوریتم محاسباتی، سعی در به حداقل رساندن اختلاف بین داده‌ها در هر طبقه و به حداکثر رساندن اختلاف بین طبقات می‌کند (شکل ۱۲).



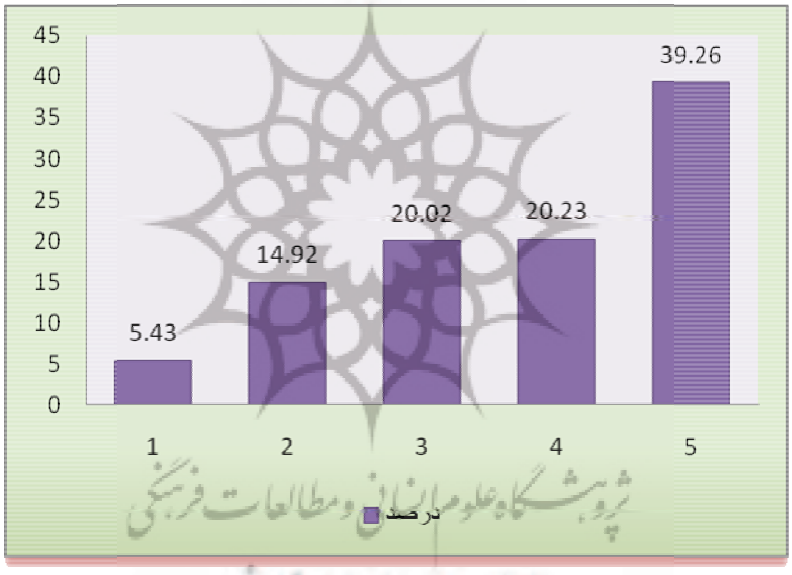
شکل (۱۲) نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری در حوضه رودخانه خیاوچای مشکین شهر (گامای ۰/۷)

با توجه به شکل (۱۲) پهنه‌های با خطر سیل‌گیری بسیار زیاد در پایین دست حوضه واقع گردیده‌اند، این پهنه‌ها منطبق بر دره اصلی رودخانه خیاوچای هستند. هر چه از جنوب حوضه به سمت شمال حوضه و از بالا دست به سمت پایین دست حوضه حرکت کنیم بر میزان قابلیت سیل‌گیری در حوضه افزوده می‌گردد. نواحی با خطر قابلیت بسیار بالا در تولید رواناب بر روی دره‌ها و خطالقعرها با شیب کم و نواحی با خطر قابلیت پایین سیل گیری اغلب در ستیغ‌ها و خطالراس‌ها که شیب بیشتری دارند واقع گردیده‌اند. در شکل (۱۲) محدوده های با خطر بسیار زیاد با رنگ قرمز نشان داده شده است که به‌صورت چند ناحیه عمده در پایین دست حوضه مشاهده می‌گردد و نواحی با خطر زیاد نیز بلافاصله بعد از پهنه بسیار سیل گیر منطقه واقع گردیده است.

جدول (۳) مساحت خطر سیل‌گیری در حوضه خیاوچای مشکین شهر

ردیف	سطوح	امتیاز	مساحت-Km2	مساحت- درصد
۱	خطر بسیار کم	۱	۶/۷۳	۵/۴۳
۲	خطر کم	۲	۱۸/۵۱	۱۴/۹۲
۳	خطر متوسط	۳	۲۴/۸۳	۲۰/۰۲
۴	خطر زیاد	۴	۲۵/۰۹	۲۰/۲۳
۵	خطر بسیار زیاد	۵	۴۸/۶۹	۳۹/۲۶
	مجموع		۱۲۴	۱۰۰

بر اساس جدول فوق کمترین مساحت منطقه مربوط به نواحی با قابلیت سیل‌گیری با خطر بسیار کم با مساحت بالغ بر ۶/۷۳ کیلومتر مربع (۵/۴۳ درصد) می باشد و بیشترین مساحت نیز مربوط به سطوح با قابلیت سیل‌گیری بسیار زیاد با مساحت ۴۸/۶۹ کیلومترمربع (۳۹/۲۶ درصد) می‌باشد (شکل ۱۳).



شکل (۱۳) درصد خطر سیل‌گیری در حوضه خیاوچای مشکین شهر

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله نشان می‌دهد که مدل فازی با وجود پیچیدگی‌هایی که دارد دارای مزایای بسیاری در مطالعه پدیده‌های مختلف مرتبط با سطح زمین می‌باشد. از جمله می‌توان به صحت و دقت بالای نتایج حاصل از استفاده از این مدل اشاره کرد. از دیگر ویژگی‌های این مدل قابلیت آن در تبدیل عبارت‌های زبانی برگرفته از تجربه و دانش بشری در قالب ریاضی می‌باشد و از این مدل می‌توان برای مدل‌سازی در زمان نبود قطعیت و صراحت در مسائل دنیای واقعی نظیر در دسترس نبودن داده‌ها و اطلاعات دقیق مورد نیاز استفاده کرد. در برخی مدل‌های به‌کار رفته در زمینه پهنه‌بندی نظیر AHP نظرات کارشناس در نتیجه و نقشه نهایی بسیار

مؤثر می‌باشد در حالی‌که در مدل فازی تأثیر نظرات کارشناس به حداقل می‌رسد و در واقع نتیجه نهایی حاصل برآوردهای پیچیده ریاضی و آماری می‌باشد. این مدل دارای قابلیت اجرا در محیط ArcGIS می‌باشد. با توجه به نقشه نهایی به‌دست آمده از پهنه‌بندی سیلاب و در راستای توسعه پایدار باید از ساخت و ساز در محدوده با خطر بسیار زیاد و زیاد ممانعت به‌عمل آید. همچنین با توجه به احداث پل معلق بر روی رودخانه خیاوچای و پارک جنگلی که به‌عنوان تفرجگاه‌های عامه مردم مشکین‌شهر و گردشگران شناخته شده است و افراد بسیاری در ایام تعطیلآت این محل را به‌عنوان مکانی برای گذراندن اوقات فراغت خود انتخاب می‌کنند، درچنین شرایطی رخداد سیلاب با خسارات بسیاری همراه خواهد بود. بنابراین توصیه می‌شود که اغلب اقدامات مدیریتی در ارتباط با کنترل خسارات سیلاب بر روی این مناطق صورت گیرد تا در مواقع بروز سیلاب حداقل خسارات جانی و مالی برای ساکنان پایین دست حوضه داشته باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ امیدوار، کمال؛ کیانفر، آمنه (۱۳۸۹)، **پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز کنجانچم**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صص-۷۳-۹۰

ـ حسین‌زاده، سیدرضا؛ جهادی، مهناز (۱۳۸۶)، **اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری**، پژوهش‌های جغرافیایی ، شماره ۶۱، صص ۱۴۵-۱۵۹.

ـ زاهدی، مجید، بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۷)، **هیدرولوژی**، انتشارات سمت، چاپ اول.

ـ ساعد، عذرا (۱۳۸۷)، **پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی در شهر سنندج**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

ـ صراطی، نرجس (۱۳۸۵)، **مدل‌سازی پهنه‌بندی سیلخیزی مناطق شهری در وب، منطقه مورد مطالعه شمال تهران (دربند)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

ـ علیزاده، امین (۱۳۸۶)، **اصول هیدرولوژی کاربردی**، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، ص۲۷۷.

ـ فرجزاده، منوچهر؛ فلاح ، مهنام (۱۳۸۷)، **ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش ارضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور**، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۸۹-۱۰۴ .

ـ قنواتی، عزت‌الله؛ کرم، امیر؛ آقا علیجانی، مرضیه (۱۳۹۱)، **ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۸، شماره ۴.

ـ مومنی، منصور (۱۳۷۸)، **مباحث نوین تحقیق در عملیات**، چاپ دوم.تهران، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

ـ مهدوی، محمد (۱۳۸۴)، **هیدرولوژی کاربردی**، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران. ص ۲۶۱.

ـ وهابی، جلیل، (۱۳۷۶)، **پهنه‌بندی خطر سیل با به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز طالقان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

ـ یمانی، مجتبی، مریم عنایتی (۱۳۸۴)، **ارتباط ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی،شماره ۵۴، صص ۴۷-۵۷.

-BaldassarreG.Di., Guy Schumann, Paul D.Bates, (2009), **A technique for the calibration of hydrolic models using uncertain satellite observation of flood extent**, Journal of Hydrology, Vol. 367:pp 276-282.

-Cook A. , VenkateshMerwade, (2009), **Effect of topographic data, Geometric Configuration and modeling approach on flood inundation mapping**, Journal of Hydrology, Vol. 337: pp 131-142.

-Martinez, J.M. et al., (2007), **Surface water quality monitoring in large rivers with MODIS data-Application to the Amazon basin**, International Geosciences and Remote Sensing Symposium, Barcelona.

-MerwadeV.Aaron Cook, Julie Coonrod, (2008), **GIS technigues for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping**, Environment Modelling& Software, Vol. 23: pp 1300-1311.

-Vander Sande C.J., S.M. De Jong, A.P.J.De-Roo, (2003), **A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for Landover mapping to assist flood risk and flood damages assessment**, International journal of applied Earth observation and Geolandformation, Vol. 4, pp 217-229.

-Wolski P., H.H.G. Savenije, M.Murray-Hudson, T.Gumbrich, (2006), **Modelling of the flooding in the DkavangoDelta,Botswana,using a hybrid reservoir GIS model**, Journal of Hydrology,Vol. 331, Issues 1-2: pp 58-72.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی