مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره دهم، شماره بیست و هشتم، تابستان ۱۴۰۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۴
صفحات: ۶۶ - ۵۳

مقاله (علمی پژوهشی)

پهنه بندی احتمال خطر سیلاب در اراضی حاشیه رودخانه گاماسیاب در محدوده شهر صحنه تا شهر بیستون–استان کرمانشاه

رویا پناهی[۱]، محمد مهدی حسین زاده*[۲]، سمیه خالقی[۳]

۱. دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۲*. دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۳. استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

چکیده

سیلاب متداولترین مخاطره طبیعی در جهان است که هر سال افراد زیادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش احتمال خطر سیلاب رودخانه گاماسیاب کرمانشاه با کمک سیستم تصمیم گیری چند معیاره (MCDA) مطالعه شده‌است. بنابراین در این پژوهش از ۴ معیار اصلی شامل عامل ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی استفاده گردید. پس از آماده سازی معیارها، هر شاخص به شکل ارزش گذاری نزولی به ۹ کلاس تقسیم‌بندی شد و سپس با توجه به تاثیر هر شاخص در احتمال وقوع سیلاب، شاخص وزن نرمال شده (NWI) محاسبه گردید و نقشه نهایی پهنه‌بندی احتمال خطر سیلاب با تلفیق معیارها به روش ترکیبی وزن دهی خطی (WLC) تهیه شد. نتایج پهنه‌بندی احتمال خطر سیلاب نشان داد که در حدود ۶۱ کیلومتر مربع (۱۲ درصد) از دو طرف رودخانه گاماسیاب دارای میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد بوده است. محدوده شهر بیستون و محدوده انتهایی رودخانه گاماسیاب دارای بیشترین احتمال خطر زیاد و خیلی زیاد است. این مسئله به دلیل کاهش شیب و کاهش ارتفاع در پایین دست حوضه می‌باشد نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیستم تصمیم گیری چند معیاره، روشی قدرتمند، سریع و کم هزینه در حوضه‌های فاقد اطلاعات هیدرومتری جهت تهیه نقشه‌های احتمال خطر سیلاب به شمار می‌رود.

واژگان کلیدی: سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره ، سیلاب، گاماسیاب، (MCDA).

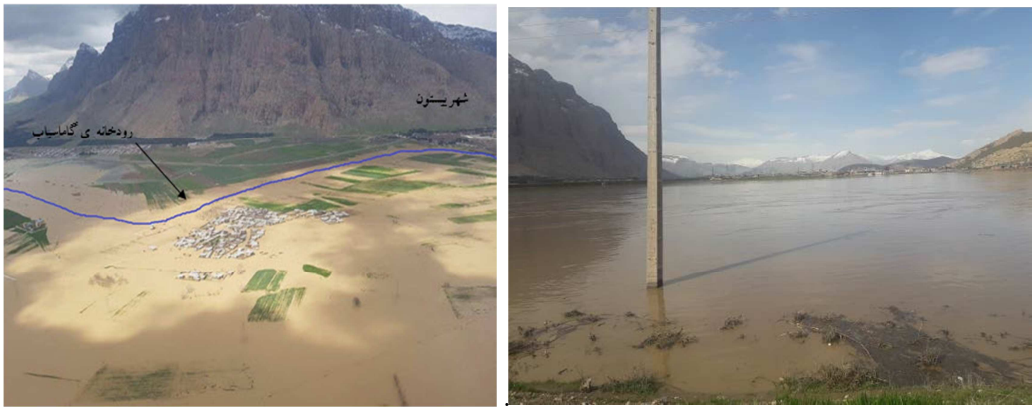
*- محمد مهدی حسین زاده (نویسنده مسئول) Email: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

مقدمه

بارش سنگین به خصوص در قسمت‌های بالا دست حوضه‌های آبریز در مدت زمان کم و کوتاه مدت سبب سیلاب و یا طغیان رواناب در پایین دست حوضه‌های آبریز می‌شود. طغیان سیل یک فاجعه طبیعی است که در اثر بارندگی شدید ایجاد می‌شود و این امر سبب خسارت به زیر ساخت‌ها، محصولات زراعی و خسارات جانی می‌شود (هادسون و همکاران، ۲۰۱۴). سیل رایجترین مخاطره طبیعی در جهان است که در حدود ۴۷ درصد مخاطرات را در جهان به خود اختصاص داده‌است و هر ساله بسیاری از مردم جهان را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و بیش از ۹۰ کشور در جهان که در حدود ۸۲ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد در معرض خطر سیل قرار دارند (یاری و همکاران ،۲۰۱۹). روند افزایش سیل در جهان با توجه به تغییرات آب و هوایی، تغییر الگوی بارش، افزایش سطح آب دریاها در آینده وجود دارد و علاوه بر آن رشد جمعیت و توسعه شهری و سکونتگاه‌های انسانی سبب شده سیل به عنوان مخاطره‌ای برای انسان تبدیل شود. علاوه بر آن تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱/۳ میلیارد نفر در معرض مخاطره سیل قرار گیرند (فلاح و همکاران، ۲۰۱۹). نقشه‌های احتمال خطر سیل و آنالیز خطر سیلاب برای هر حوضه آبریز و یا هر حوضه زهکشی ضروری به نظر می‌رسد و پارامترهای مختلفی را به کار می‌گیرند. امروزه محققان با کمک تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) به تهیه نقشه‌های احتمال خطر سیلاب می‌پردازند امروزه سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره[2]MCDA و GIS به عنوان ابزاری ضروری در تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و تهیه نقشه‌های احتمال خطر سیلاب شناخته شده‌اند. سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره، یک روش تحلیل تصمیم‌گیری ترکیبی از مسائل را بیان می‌کند که اولین بار توسط ووگ [3](۱۹۸۳) ارائه گردید و پس از آن در دهه ۱۹۶۰روش‌های متعدد دیگری برای بررسی روش (MCA) پیشنهاد شد. روش جدید (MCA) اغلب با فرایند تحلیل سلسه مراتبی فازی[4](FAHP) و تکنیک (GIS) برای ارتقا دادن به این رویکرد ترکیب شده‌است (هاجوکوویچ و کالینز ، ۲۰۰۷؛ لیو، ۲۰۱۹). و در حدود ۲۵۶ روش از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره زیر گروه این رویکرد تقسیم‌بندی شده‌است (لیو ، ۲۰۱۹). به علاوه شیائو و همکاران(۲۰۱۷) به مطالعه یکپارچه ارزیابی خطر سیل مبتنی بر روش متوسط میانگین وزنی محاسبه شده پرداخته‌اند که در این مطالعه یک چهارچوبی از تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره با کمک GIS و فرایند تحلیل سلسه مراتبی و روش میانگین وزنی را انجام داده‌اند و اهمیت نسبی معیارها از طریق فازی محاسبه شده که مزیت این روش بر این است که در ناهمگنی فضایی ارزیابی خطر، فرایند تصمیم‌گیری لحاظ می‌شود و با در نظر گرفتن حساسیت وزن معیارها، ارزیابی خطر یکپارچه سیل را ایجاد می‌کند. علاوه بر آن بسیاری از محققین از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره در برآورد آسیب پذیری ناشی از سیل در محیط‌های شهری به کار گرفته‌اند (فرناندز و همکاران، ۲۰۱۰؛ سو و تونگ ،۲۰۱۴؛ پاپیانو و همکاران، ۲۰۱۵؛ میشرا و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین تعدادی از محققین از این روش در بررسی پتانسیل احتمال خطر سیل در حوضه‌های آبریز با کمک شاخص‌های ژئومورفیک استفاده نموده‌اند و مناطق مستعد سیلاب را شناسایی کرده‌اند (سامانتا و همکاران، ۲۰۱۶؛ داس، ۲۰۱۹؛ اوگاتو و همکاران، ۲۰۲۰، نوری و همکاران،۱۳۹۸، قضاوی و

1- Geographic information system
2- Multi-Criteria Decision Approach
3- Voogd
4- Fuzzy Analytic Hierarchy Process

همکاران،۱۳۹۸، غلامی و همکاران، ۱۳۹۸). روش‌های تصمیم‌گیری ارزیابی چند متغیره که با تعیین وزن معیارها و تلفیق آنها در علوم محیطی مختلف نظیر پهنه‌بندی سیل، پهنه‌بندی زمین‌لغزش، مکان‌یابی دفن زباله، مکان‌یابی سکونت‌گاه‌های شهری و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد به دانش کارشناس بستگی دارد (مالچوزسکی ، ۲۰۰۶). با توسعه نرم افزار GIS به عنوان یک سامانه مناسب برای ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی می‌توان از طریق تلفیق با مدل‌های مختلف سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره به ارزیابی چند معیاره مکانی موضوعات مختلف در علوم محیطی پرداخت. یک گام مهم در شناسایی مناطق مستعد سیل در یک ناحیه با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، انتخاب معیارها و ویژگی‌های مناسب آن است. با استفاده از رویکرد سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره، پتانسیل مناطق مستعد در معرض خطر سیلاب با شاخص‌ها و فرایندهای فیزیکی مکانسیم‌های تولید کننده سیلاب مرتبط می‌شوند (پاپیانو و همکاران، ۲۰۱۵). این روش دارای جایگاه گسترده در تحلیل مناطق مستعد خطر شده‌است با این حال نقطه ضعف این روش این است که در انتخاب مناطق مستعد خطر سیلاب، وابسته به قضاوت کارشناسان است که حساس به تغییرات در وزن‌های مرتبط با معیارها می‌باشد (فرناندز و همکاران، ۲۰۱۰). گسترش سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی در امتداد دشت سیلابی رودخانه گاماسیاب، باعث تجاوز به حد بستر و حریم این رودخانه شده-است که نتیجه آن کاهش فضای هیدرولیکی رودخانه بوده‌است (شکل ۱). در این پژوهش نقشه‌های احتمال خطر سیلاب رودخانه گاماسیاب در کرمانشاه با کمک تکنیک MCDA تهیه گردید. حوضه آبریز گاماسیاب از زیر حوضه-های اصلی حوضه آبریز کرخه بوده‌است و حدود مورد مطالعه از شهر صحنه تا شهر بیستون به طول ۳۵ کیلومتر می-باشد.



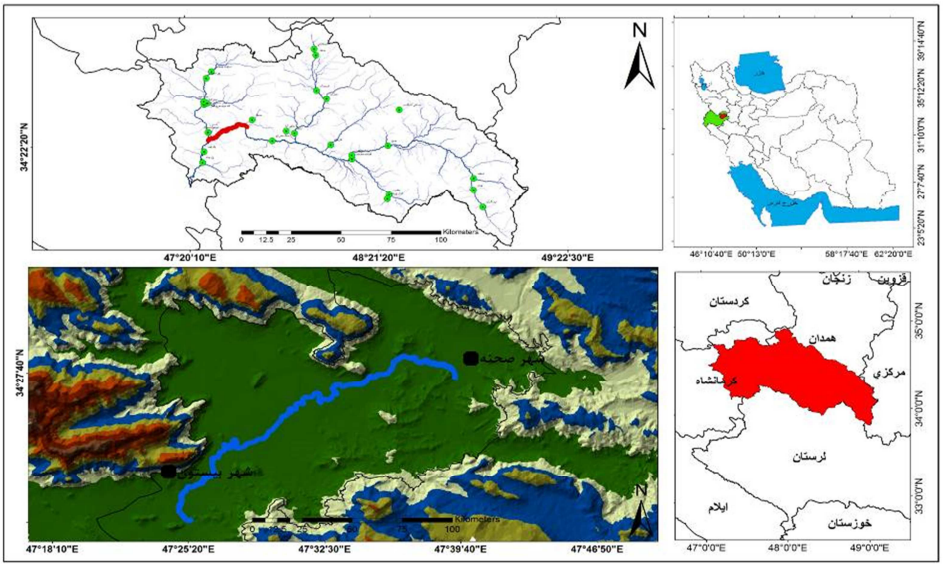
شکل ۱: تصاویر سیلاب فروردین ۹۸ رودخانه گاماسیاب در منطقه بیستون

داده‌ها و روش‌ها

منطقهٔ‌پژوهش

برای تعیین محدوده پژوهش، ابتدا حدود طبیعی حوضه آبریز گاماسیاب بر روی نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ترسیم گردیده‌است. این حوضه در مختصات ۱۰` ، ۴۷° تا ۱۰` ، ۴۹° طول شرقی و ۳۴° تا ۳۵° عرض شمالی واقع شده‌است. حوضه گاماسیاب از نظر تقسیمات سیاسی جزء استان‌های همدان، کرمانشاه و قسمتی از لرستان در غرب کشور واقع شده‌است (شکل ۲). وسعت حوضه آبریز گاماسیاب ۱۱۵۲۱/۷۲ کیلومتر مربع، حداقل

ارتفاع حوضه ۱۲۴۲ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۶۲۰ متر است. تمامی رودخانه‌های حوضه شامل رودخانه‌های عالی-سیاه، دینور، خرم رود، قلقل رود، چم کانی گرمه، کرزان رود و قره چای به رودخانه گاماسیاب می‌ریزند. از ارتفاعات مهم حوضه می‌توان به ارتفاعات درویش‌ری، امرولە، ارتفاعات دالاخانی و ارتفاعات پراو اشاره کرد. مراکز مهم سکونتی حوضه آبریز گاماسیاب عبارتند از: فارسینج، سنقر، کندوله، ملایر و تویسرکان، اسدآباد، کنگاور، صحنه، بیستون و هرسین است بازه مورد مطالعه حدود شهر صحنه تا شهر بیستون به طول ۳۵ کیلومتر بوده است. از نظر زمین-شناسی، حوضه رودخانه گاماسیاب در قسمت راس محدوده مورد مطالعه، بستر خود را در داخل مجموعه‌های افیولیتی زون سنندج _ سیرجان که شامل سنگ‌های الترابازیک چین‌خورده هوازده که به سن ژوراسیک پایانی و کرتاسه پایانی تکامل یافته‌اند، حفر نموده و در مرکز و انتهای دشت نیز رودخانه در داخل رسوبات آبرفتی کواترنر بستر خود را حفر کرده‌است. متوسط بارش منطقه براساس ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه ۴۰۰/۳۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۶ درجه سانتی گراد و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه منطقه در اقلیم نیمه خشک سرد قرار می‌گیرد.



شکل۲: نقشه موقعیت محدوده حوضه آبریز گاماسیاب

روش پژوهش

معیار های مورد استفاده

در این مدل جهت انجام مطالعات حوضه‌ای از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری و نقشه ۱:۱۰۰۰ (اخذ شده از شرکت مهندسی مشاور گاماسیاب) که محدوده رودخانه و بخشی از دشت سیلابی را پوشش می‌دهد استفاده شده-است. مدل رقومی ارتفاعی[1] (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۵ متر بر پایه تلفیق نقشه ۱:۱۰۰۰ و۱:۲۵۰۰۰ استخراج گردیده‌است. از ۴ معیار جهت بررسی مخاطره سیلاب رودخانه گاماسیاب استفاده شده‌است که عبارتنداز:

1- Digital elevation model

ارتفاع: عامل ارتفاع، یک نقش ضروری در گسترش و عمق سیلاب در قسمت پایین دست حوضه‌ها بازی می‌کند. در این پژوهش لایه طبقات ارتفاعی در ۹ طبقه کلاس‌بندی شده‌است.

شیب: شیب از شاخص‌هایی است که به فرسایش خاک و رواناب سطحی و نفوذ مرتبط می‌باشد. این دو معیار از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۵ متر استخراج گردیده‌است. همچنین معیار شیب به ۹ کلاس طبقه بندی شده است.

فاصله از رودخانه: علاوه بر آن دشت سیلابی و مناطق مجاور رودخانه، جزء مناطق آسیب دیده در جریان سیلاب هستند. ترسیم سواحل رودخانه گاماسیاب در محیط نرم افزار GIS با استفاده از شبکه نامنظم مثلثی [1] TIN منطقه ترسیم شده‌است و سپس با استفاده از دستور فاصله متوالی[2] لایه فاصله از رودخانه تهیه و به ۹ کلاس تقسیم‌بندی شده‌است.

کاربری اراضی : لایه کاربری اراضی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برگرفته از محیط گوگل ارث در محیط نرم افزار GIS ترسیم گردید و با بازدیدهای میدانی انطباق داده شده‌است. همچنین مناطق شهری بیستون از نقشه ۱:۱۰۰۰۰ شهرداری بیستون استفاده شده‌است.

مدل سازی داده‌ها

مدل سازی داده‌ها و تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب در چهار مرحله به شرح ذیل انجام شده است.

ارزش گذاری نزولی: پس از آماده سازی پارامترها تقسیم‌بندی کلاس‌های هر پارامتر، توسط کارشناس مقادیر اختصاص یافته به هر پارامتر تعیین می‌شود که این میزان، ارزشی از ۱ تا ۹ را دارد که بستگی به اهمیت یا تاثیر هر کلاس در ارتباط با خطر سیل ارزش‌گذاری شده‌است. بالاترین کلاس ۹، بیشترین میزان آسیب‌پذیری احتمال خطر سیلاب اشاره دارد و کلاس ۱ به کمترین میزان احتمال خطر یا منطقه بدون احتمال خطر را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در معیار رودخانه، فاصله ۲۰۰-۰ متر ارزش ۹ داده شده‌است که بیان کننده احتمال وقوع سیل با خطر زیاد است.

نرمال شده هر کلاس[3](NRI): در مرحله بعد به منظور نرمال شدن داده‌ها، ارزش هر کلاس بر مجموع نرخ کل کلاس‌ها در هر معیار تقسیم می‌شود که میزان شاخص نرمال شده هر طبقه که دامنه‌ای بین ۰/۲ تا ۰/۰۲ به دست آمده است.

وزن شاخص نرمال شده [4](NWI): در نهایت جهت به دست آوردن وزن شاخص نرمال شده، به هریک از پارامترها وزنی اختصاص داده شده‌است که در اینجا ارزش ۴ به رودخانه اختصاص داده شد، زیرا مناطق اطراف رودخانه به عنوان مهم‌ترین مناطق آسیب پذیر در طول سیلاب به شمار می‌آیند. ارزش ۳ به شیب به عنوان تعیین کننده میزان سرعت رواناب است و ارزش ۲ به ارتفاع به عنوان یک معیار کلیدی در جهت گسترش و عمق سیلاب اختصاص داده

1- Triangulated irregular network
2- interval of distance
3- Normalized rating index, NRI
4- Normalized Weight Index (NWI)

شده‌است و ارزش کاربری نیز با توجه به اینکه منطقه اغلب زمین کشاورزی و مرتع می‌باشد ارزش ۱ داده شده‌است. وزن شاخص نرمال شده با استفاده از تقسیم وزن هر شاخص به وزن کل محاسبه شده‌است.

تلفیق معیارها به روش ترکیب وزندهی خطی [1](WLC): ترکیب وزندهی خطی به میانگین وزنی تعدادی از پارامترهای انتخاب شده به وسیله کارشناس بستگی دارد. این روش که ساده ترین روش موجود به منظور تلفیق معیارها می‌باشد و نتایج آن نیز به طور قابل توجهی بین کارشناسان می‌تواند متفاوت باشد. هر معیار با وزن اختصاص داده شده به آن توسط کارشناسان در محیط GIS باهم ضرب شده و در پایان بر اساس مجموع این وزن‌ها نقشه نهایی تهیه می‌گردد. (رابطه ۱) (مالچوزسکی ،۲۰۰۰؛ اپیک مایکل و همکاران، ۲۰۱۶).

$$WLC = \sum_{i=1}^{n} Wi * \text{Xstd} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه Xstd معیار استاندارد شده و Wi وزن‌های به دست آمده برای هر معیار می‌باشد.

نتایج و بحث

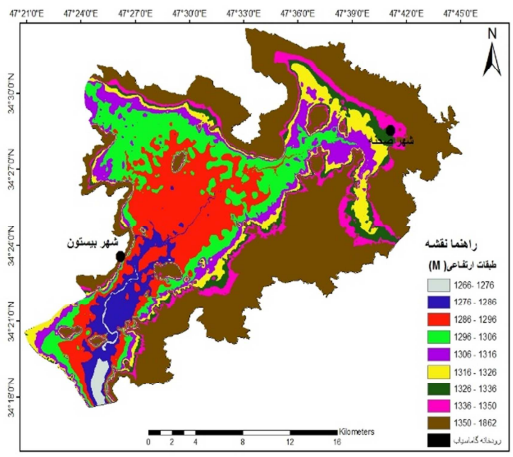
معیار ارتفاع

عامل ارتفاع یک نقش کلیدی در کنترل جهت حرکت سیل و عمق سطح آب دارد. جریان سیلاب به طور مستمر از مناطق بالاتر به مناطق پایین‌تر جریان می‌یابد و مناطق مسطح و کم ارتفاع، سیلاب سریع‌تر از مناطق مرتفع جریان پیدا می‌کند (استیگلیتز و همکاران، ۱۹۹۷؛ فرناندز و لوتز ، ۲۰۱۰). منطقه مورد مطالعه حوضه انتهایی رودخانه گاماسیاب می‌باشد که متوسط طبقه ارتفاعی این منطقه ۱۳۰۰ – ۱۶۰۰ متر بوده‌است. مطابق جدول ۱ این منطقه به ۹ کلاس طبقه بندی شده‌است شکل(۳). و کلاس ۹ دارای بیشترین احتمال خطر سیل و کلاس ۱ کمترین احتمال خطر را به خود اختصاص داده شکل ۴ نقشه نرمال شده طبقات ارتفاعی جهت اجرای مدل MCDA را نشان می دهد.

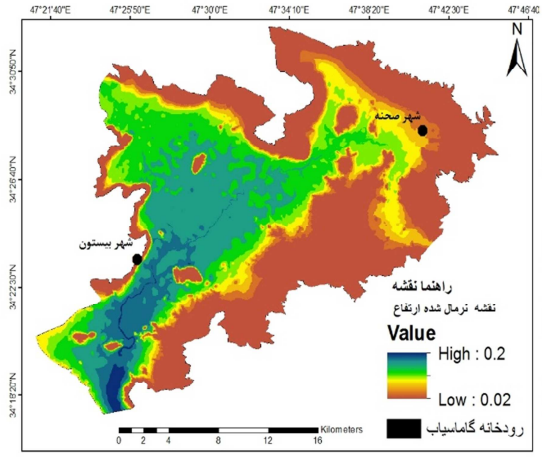
جدول ۱: ارزش گذاری و نرمال شده معیار ارتفاع

	طبقات ارتفاعی	ارزش گذاری نزولی	نرمال شده هر کلاس
ارتفاع	۱۲۶۶-۱۲۷۶	۹	۰/۲
	۱۲۶۷-۱۲۸۶	۸	۰/۱۸
	۱۲۸۶ -۱۲۹۶	۷	۰/۱۶
	۱۲۹۶-۱۳۰۶	۶	۰/۱۳
	۱۳۰۶ -۱۳۱۶	۵	۰/۱۱
	۱۳۱۶ -۱۳۲۶	۴	۰/۰۹
	۱۳۲۶ -۱۳۳۶	۳	۰/۰۷
	۱۳۳۶-۱۳۵۰	۲	۰/۰۴
	۱۳۵۰**x**>	۱	۰/۰۲

[1]- Weighted Linear Combination



شکل۳: نقشه کلاس بندی طبقات ارتفاعی رودخانه گاماسیاب



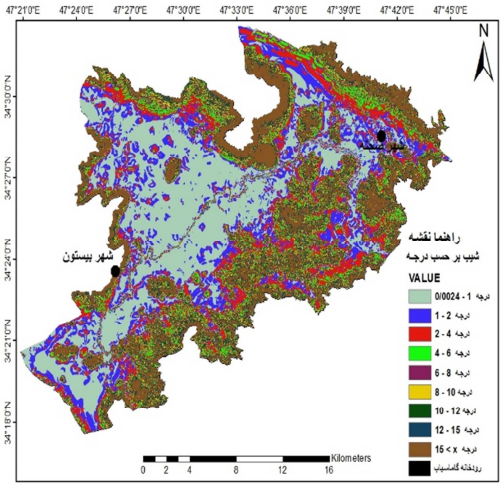
شکل۴: نقشه نرمال شده معیار ارتفاع رودخانه گاماسیاب

معیار شیب

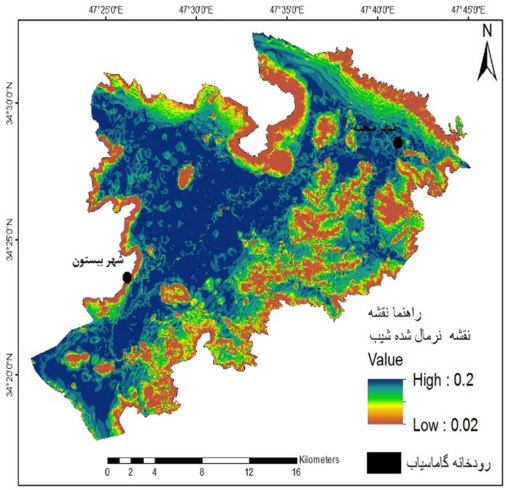
شیب یک عامل مهم برای شناسایی مناطقی است که حساسیت بالا نسبت به جاری شدن سیل دارد و بررسی‌ها نشان داد که مناطق با شیب کم استعداد بیشتری جهت سیل گرفتگی دارد. شیب زمین در حوضه، عامل مهمی در تعیین میزان سرعت آب و میزان ذخیره سازی است(علیزاده، ۱۳۸۸). در منطقه مورد مطالعه رودخانه گاماسیاب جهت شیب منطقه از شمال شرق به جنوب غرب می‌باشد (شکل ۵). بازه مورد مطالعه در دو زیر حوضه گاماسیاب صحنه و بیستون قرار گرفته و تقسیم‌بندی کلاس شیب نشان می‌هد که متوسط شیب منطقه ۰ تا ۱۰ درجه بوده-است. جدول ۲ و شکل ۵ و ۶ نقشه شیب و نقشه نرمال شده شیب منطقه جهت اجرای مدل نرمال را نشان می‌دهد.

جدول ۲: ارزش گذاری و نرمال شده معیار شیب

	طبقات شیب	ارزش گذاری نزولی	نرمال شده هر کلاس
شیب	۰/۰۰۲۴-۱	۹	۰/۲
	۱-۲	۸	۰/۱۸
	۲-۴	۷	۰/۱۶
	۴-۶	۶	۰/۱۳
	۶-۸	۵	۰/۱۱
	۸-۱۰	۴	۰/۰۹
	۱۰-۱۲	۳	۰/۰۷
	۱۲-۱۵	۲	۰/۰۴
	۱۵<X	۱	۰/۰۲



شکل۵: کلاس بندی نقشه شیب رودخانه گاماسیاب



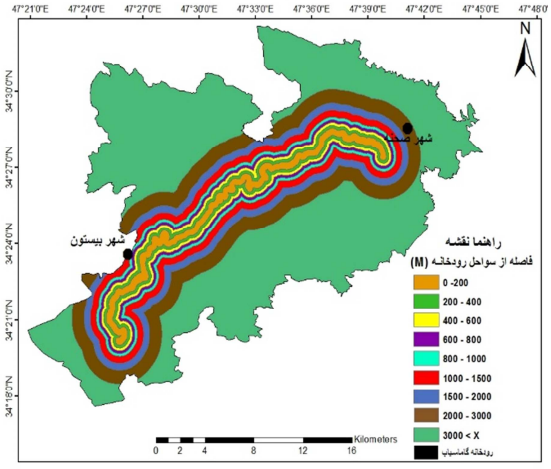
شکل ۶: نقشه نرمال شده شیب رودخانه گاماسیاب

معیار فاصله از رودخانه

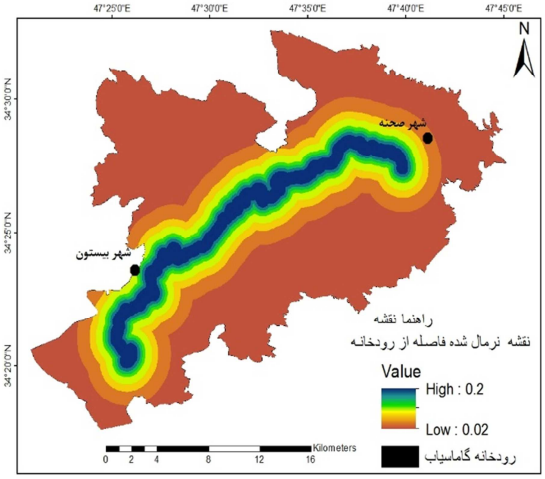
گسترش یک رویداد سیل بستگی به فاصله یک منطقه از شبکه زهکشی دارد. مناطقی که در نزدیکی شبکه زهکشی قرار دارند نسبت به مناطق دور از شبکه زهکشی، از جریان سیل بیشتر متاثر شده و می‌تواند متحمل خسارت ناشی از سیل شود. علاوه بر آن مطالعات متعدد نشان داد که ذخیره آب مانند دریاچه‌ها، حوضچه‌ها، سدها مرتبط با سیلاب-های اتفاق افتاده در منطقه می‌باشد. بر اساس این پارادایم، بسیاری از محققین بررسی کرده‌اند که در فاصله ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ کیلومتر از شبکه زهکشی به ترتیب جز مناطق با خطر بسیار بالا ، بالا، متوسط و کم از نظر مخاطره سیل طبقه‌بندی می‌شوند (پراداهان، ۲۰۰۹؛ سامانتا و همکاران، ۲۰۱۶؛ داس، ۲۰۱۹). حدود سواحل چپ و راست رودخانه گاماسیاب با کمک مدل رقومی ارتفاع منطقه استخراج شد و پس از اجرای دستور فاصله متوالی در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، فاصله از رودخانه به ۹ طبقه تقسیم‌بندی شد (جدول ۳ و شکل۷). جهت نرمال کردن نقشه معیار مذکور، لایه ارزش هر طبقه بر مجموع تقسیم شده و نقشه نرمال شده ارزشی بین ۰/۰۲ تا ۰/۲ کسب کرده اند (شکل ۸).

جدول ۳: ارزش گذاری و نرمال شده معیار فاصله از رودخانه

	طبقات فاصله از رودخانه(m)	ارزش گذاری نزولی	نرمال شده هر کلاس
فاصله از رودخانه	۰-۲۰۰	۹	۰/۲
	۲۰۰-۴۰۰	۸	۰/۱۸
	۴۰۰-۶۰۰	۷	۰/۱۶
	۶۰۰-۸۰۰	۶	۰/۱۳
	۸۰۰-۱۰۰۰	۵	۰/۱۱
	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۴	۰/۰۹
	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۳	۰/۰۷
	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۲	۰/۰۴
	x>۳۰۰۰	۱	۰/۰۲



شکل ۷: کلاس بندی نقشه فاصله از رودخانه گاماسیاب



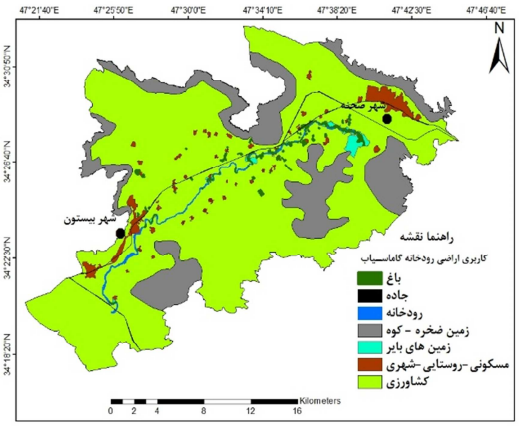
شکل ۸: نقشه نرمال شده معیار فاصله از رودخانه گاماسیاب

معیار کاربری اراضی

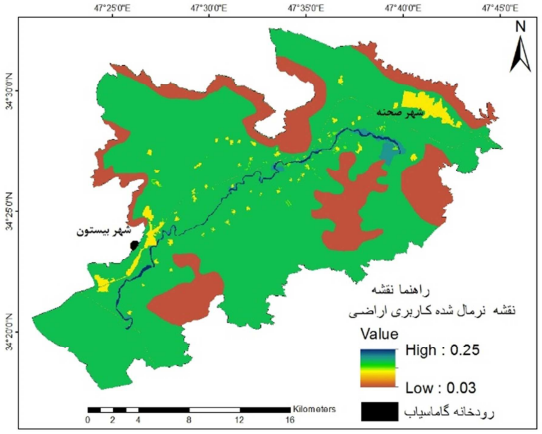
تکرار وقوع سیلاب در یک ناحیه به شدت تحت تاثیر الگوی کاربری زمین و تحولات زمانی آن می‌باشد و یک پاسخ هیدرولوژیک در دوره‌های زمانی مختلف به وقوع سیلاب می‌باشد. همچنین میزان و سرعت نفوذپذیری در یک سطح را مشخص می‌کند. تغییر کاربری زمین در منطقه تابع جمعیت و تامین نیازهای این جمعیت برای بقا بستگی دارد که شامل جنگل‌زدایی، تبدیل جنگل برای مصارف کشاورزی و برش دامنه‌ها برای توسعه زیرساخت‌های وابسته بدون برنامه ریزی می‌باشد.(داس، ۲۰۱۹). از طرفی مناطق دارای پوشش گیاهی به علت رابطه منفی بین سیل و تراکم پوشش گیاهی، پتانسیل کمتری برای جاری شدن سیل دارند. به عبارت دیگر مناطق مسکونی و جاده‌ها، به علت اینکه سطوح غیرقابل نفوذ را ایجاد کرده‌اند به دلیل نبود پوشش در سطح زمین، باعث افزایش میزان رواناب می-گردند(تهرانی و همکاران، ۲۰۱۴). نقشه کاربری منطقه با کمک تصاویر ماهواره‌ای محیط گوگل ارث و بررسی‌های میدانی تهیه شده‌است. در منطقه مورد مطالعه ۷ نوع کاربری اصلی استخراج گردید (شکل۹). اغلب کاربری منطقه کشاورزی آبی بوده‌است و با توجه به تاثیری که هر نوع کاربری بر حرکت رواناب داشته، کاربری‌ها ارزش‌گذاری شده-است. در نهایت با تقسیم هر کلاس کاربری بر مجموع ارزش‌ها، نقشه نرمال شده به دست آمده‌است. (شکل ۱۰).

جدول ۴: ارزش گذاری و نرمال شده معیار کاربری اراضی

	کاربری اراضی	ارزش گذاری نزولی	نرمال شده هر کلاس
کاربری اراضی	رودخانه	۷	۰/۲۵
	مسکونی	۶	۰/۲۱
	جاده	۵	۰/۱۸
	کشاورزی بایر	۴	۰/۱۴
	کشاورزی آبی	۳	۰/۱۱
	باغ	۲	۰/۰۸
	صخره	۱	۰/۰۳



شکل۹: نقشه کاربری اراضی رودخانه گاماسیاب



شکل ۱۰: نقشه نرمال شده معیار کاربری اراضی رودخانه گاماسیاب

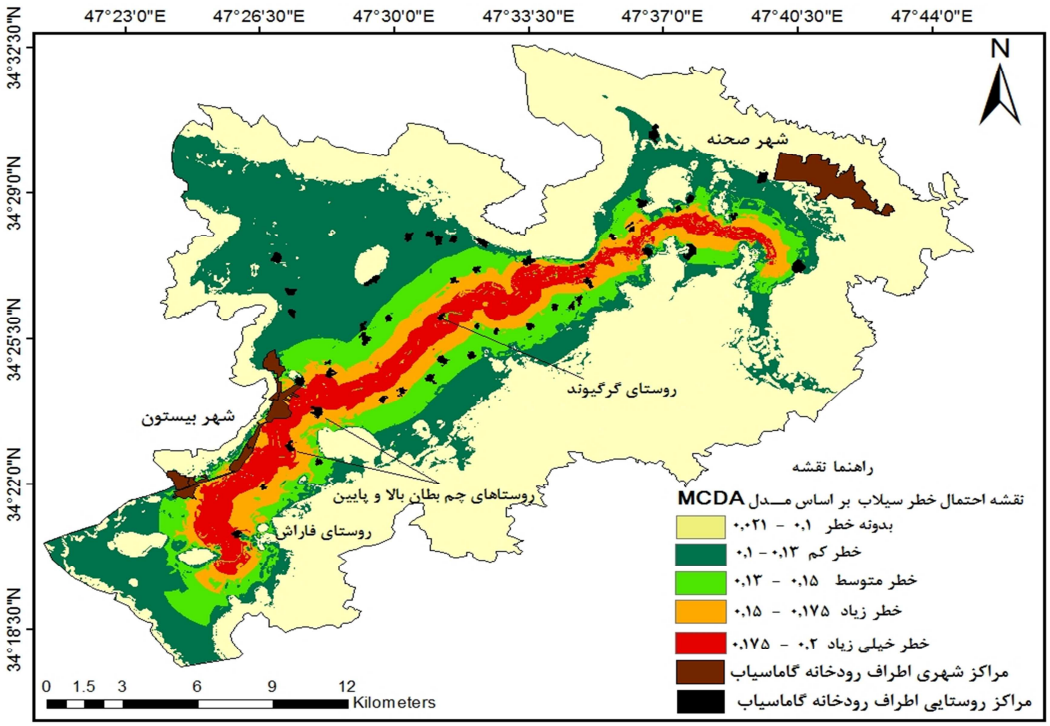
شکل۱۱: تصاویر از بخش‌های رودخانه گاماسیاب

نقشه احتمال خطر سیلاب

رویکرد سیستم تصمیم گیری چند معیاره رویکردی است که اجازه می‌دهد تا لایه‌های نقشه به منظور انعکاس تاثیر نسبی آنها در مدل، به لایه‌ها وزن‌هایی داده شود (جدول ۵). هر یک از لایه‌ها در وزن‌های به دست آمده ضرب و در پایان باهم جمع شده‌اند و نقشه احتمال خطر سیلاب رودخانه گاماسیاب بدست آمده‌است (جدول ۶ و شکل ۱۲). نقشه احتمال خطر نهایی با ارزشی بین ۰/۰۲ تا ۰/۲ به پنج کلاس تقسیم بندی شده‌است. دامنه ارزشی بین ۰/۰۲ تا ۰/۱ جزء مناطق بدون خطر، دامنه ارزشی بین ۰/۱ تا ۰/۱۳ جزء مناطق با خطر کم، دامنه ارزشی بین ۰/۱۳ تا ۰/۱۵ جزء منطقه با احتمال خطر متوسط و منطقه با دامنه ارزشی بین ۰/۱۵ تا ۰/۱۷۵ جزء منطقه با احتمال خطر سیل زیاد و در نهایت دامنه ارزشی بین ۰/۱۷۵ تا ۰/۲ جزء مناطق با احتمال خطر خیلی زیاد به دست آمده‌است.

جدول ۵. وزن های اختصاص یافته به لایه ها در مدل سیستم تصمیم گیری چند معیاره

معیارها	فاصله از رودخانه	شیب	ارتفاع	کاربری اراضی
وزن	۴	۳	۲	۱
شاخص وزن نرمال شده	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱



شکل۱۲: نقشه نهایی حاصل تلفیق معیارها در اجرای مدل سیستم تصمیم گیری چند معیاره

با توجه به تقسیمات انجام شده، منطقه بدون خطر به مناطقی اشاره دارد که شانس احتمال وقوع سیلاب در آن خیلی پایین و نزدیک به صفر است و منطقه با خطر بالا به نواحی که احتمال خطر سیلاب در نتیجه بارش‌های سنگین فصلی منجر به خسارت فراوان می‌شود. منطقه با خطر متوسط به مناطقی اشاره دارد که به طور فصلی در فصل مرطوب دچار آب گرفتگی می‌شوند. (سامانتا و همکاران، ۲۰۱۶). نقشه نهایی احتمال خطر سیلاب نشان می-دهد که در حدود ۶۱ کیلومتر مربع (۱۲ درصد) از دو طرف رودخانه گاماسیاب دارای میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد است. در حدود ۴۳/۴ کیلومتر مربع از منطقه در پهنه با آسیب‌پذیری با خطر متوسط قرار گرفته است (جدول ۶).

جدول ۶: نتایج حاصل از مدل سیستم تصمیم گیری چند معیاره

ارزش	احتمال خطر سیلاب	ارزش شاخص‌های هر ریسک	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)	تعداد روستاهای در معرض خطر سیلاب
۱	۰/۰۲ - ۰/۱	بدون خطر	۲۷۳/۵	۵۴/۶	شهر صحنه
۲	۰/۱ -۰/۱۳	احتمال خطر کم	۱۲۱/۷۷	۲۴/۳	۱۰
۳	۰/۱۳ - ۰/۱۵	احتمال خطر متوسط	۴۳/۴	۸/۶	۱۸
۴	۰/۱۵ - ۰/۱۷۵	احتمال خطر زیاد	۳۳	۶/۶	۱۱
۵	۰/۱۷۵ - ۰/۲	احتمال خطر خیلی زیاد	۲۸/۶	۵/۷	۶

نقشه نهایی حاصل از اجرای مدل رویکرد سیستم تصمیم گیری چند معیاره نشان می‌دهد که به دلیل قرارگیری قسمت بالادست مسیر رودخانه در داخل دره، مساحت منطقه با احتمال خطر زیاد و خیلی زیاد نسبت به قسمت‌های پایین‌تر کاهش نشان می‌دهد. این به دو دلیل قابل توضیح است: ۱) در منطقه بالا دست با توجه به نقشه شیب، میزان شیب از بالا دست به سمت پایین دست کاهش یافته‌است و در منطقه بالا دست میزان شیب به طور متوسط ۷ تا ۱۰ درجه محاسبه شده‌است در حالیکه در قسمت مرکز دشت میزان شیب به کمتر از ۵ درجه می‌رسد؛ ۲) علاوه بر آن در قسمت بالا دست براساس نقشه توپوگرافی تمام مناطق بالا دست به خصوص ساحل سمت چپ رودخانه ارتفاعی بیشتری را نشان می‌دهد. به همین دلیل مناطق با احتمال خطر کم نسبت به سایر مناطق مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده است و مناطق با احتمال خطر متوسط و بالا وسعت کمتری را در بر گرفته‌است. در حالیکه در قسمت پایین دست حوضه منطقه با احتمال خطر ریسک زیاد مساحت بیشتری را دربرگرفته است. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققان از جمله صالحی و همکاران(۱۳۹۲) و قبادی و همکاران(۱۳۹۵) و حمیدی و همکاران(۱۳۹۵) و همچنین فرامرزی و همکاران(۱۳۹۸)که ریسک سیلاب را با کمک رویکرد سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره محاسبه کرده‌اند مطابقت دارد یافته‌های این محققین نیز نشان داد که مناطق حاشیه رودخانه و مناطق با توپوگرافی پست و شیب کمتر دارای بیشترین میزان آسیب پذیری احتمال خطر سیلاب را دارد. علاوه بر آن در مدل رویکرد سیستم تصمیم گیری چند معیاره اختصاص دادن وزن به معیارها و فاکتورها به وسیله کارشناس‌ها می‌تواند سبب تفاوت در نقشه نهایی شود و تغییر در وزن‌ها باعث تغییر نتیجه نهایی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نقشه احتمال خطر سیلاب با کمک روش تصمیم‌گیری چند معیاره فضایی MCDA با استفاده از مجموعه‌ایی از داده‌ها از قبیل ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، کاربری زمین به دست آمده‌است. سپس به هر لایه با توجه به تاثیر آن در سیلاب ارزشی داده شده‌است و سپس نقشه نرمال شده بدست آمد و برای تخصیص وزن به هریک از معیارها با استفاده از نظر کارشناسی وزنی اختصاص یافته‌است. پس از تخصیص وزن‌ها، نقشه نهایی پهنه-بندی احتمال خطر سیلاب با روش ترکیب وزندهی خطی تهیه شده‌است.

نتایج مدل سازی پهنه‌بندی احتمال خطر سیلاب نشان داده‌است که بیشترین احتمال خطر سیلاب در محدوده شهر بیستون و محدوده انتهایی رودخانه گاماسیاب دیده می‌شود. در قسمت راس محدوده رودخانه گاماسیاب، میزان احتمال خطر سیلاب کمتر بوده‌است و این به دلیل افزایش میزان شیب و عامل ارتفاع در راس حوضه و کاهش شیب و کاهش ارتفاع در پایین دست حوضه می‌باشد و در قسمت پایین دست حوضه، منطقه با احتمال خطر زیاد، مساحت بیشتری را در بر گرفته‌است. نتایج نشان داد که این روش، روشی قدرتمند در بیان نقشه‌های احتمال خطر سیلاب به شمار می‌رود به ویژه در حوضه‌هایی که فاقد اطلاعات هیدرومتری باشند می‌توان در زمان کوتاه و با هزینه کمتر، نقشه پهنه‌بندی سیلاب را تهیه و مناطق با خطر زیاد را شناسایی کرد. اگرچه در این مدل به دلیل استفاده از نظر کارشناسان در وزن دهی به لایه‌ها، میتواند سبب تفاوت در نقشه نهایی شده و تغییر در وزن‌ها باعث تغییر نتیجه نهایی شود بنابراین ضرورت دارد از کارشناسان خبره و آشنا به منطقه بهره گرفت و با شواهد میدانی انطباق داد. در

این روش می‌توان علاوه بر پارامترهای فوق از پارامترهایی از قبیل مورفومتری کانال، مقدار بارش، رواناب، دبی نیز استفاده نمود.

منابع

حمیدی نعمت الله، وفاه خواه مهدی، نجفی اکبر (۱۳۹۵)، تهیه نقشه خطر پذیری سیلاب در حوزه آبخیز شهر نور با استفاده از تحلیل سلسه مراتبی و منطق فازی، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۴، صص ۱۱ – ۱۹.

صالحی اسماعیل، رفیعی یوسف، فرزاد بهتاش محمد رضا، آقا بابایی محمد تقی (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران)، مجله محیط شناسی، دوره ۳۹، شماره ۳، صص ۱۷۹ – ۱۸۸.

علیزاده، امین. (۱۳۸۸). اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ویرایش بیست و هفتم. صص ۸۷۰.

غلامی محمد، احمدی مهدی (۱۳۹۸)، ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر لامرد با استفاده از AHP , GIS و منطق فازی، مجله مخاطرات محیطی، دوره ۸، شماره ۲۰، صص ۱۰۱ -۱۱۴.

قبادی مرتضی، احمدی پری معصومه، صالحی اسماعیل (۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از Fuzzy AHP در محیط GIS و مدل DPSIR مطالعه موردی : منطقه آبعلی، فصل‌نامه علوم تکنولوژی محیط زیست، سال ۱۸، شماره ۲، صص ۳۵۱ – ۳۶۳.

قضاوی رضا، بابایی حصار سحر، عرفانیان مهدی (۱۳۹۸)، اولویت‌بندی زیر حوزه‌های شهری مستعد سیلاب با استفاده از تکنیک PAC به عنوان یک روش جدید وزن‌دهی، مجله مخاطرات محیطی، دوره ۸، شماره ۲۰، صص ۸۳-۱۰۰.

فرامرزی حسن، حسینی سید محسن، پور قاسمی حمید رضا، فرنقی مهدی (۱۳۹۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی وقوع مخاطره سیلاب در پارک ملی گلستان، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۴، صص ۱۰۵۵ – ۱۰۶۸.

نوری هاشم، شاهدی کاکا، حبیب نژاد روشن محمود، کاویان عطااله، فرامرزی مرزبان (۱۳۹۸)، مطالعه حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبخیز راز آور با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP). مجله مخاطرات محیطی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، صص ۳۵-۵۰.

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

Falah, Fatemeh., Rahmati, Omid., Rostami, Mohammad., Ahmadisharaf, Ebrahim., Daliakopoulos, Ioannis N., Pourghasemi, Hamid Reza., (2019), Artificial neural networks for flood susceptibility mapping in data-scarce urban areas, Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences, Elsevier, Vol. 14, 323-336.

Fernandez, Diego., Lutz, María A., (2010), Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multi criteria decision analysis, Engineering Geology, Vol. 111(1), 90-98.

Hajkowicz, Stefan., Collins, Kerry., (2007), A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management, Water Resources Management, Vol. 21,1553–1566.

Hudson, Paul., Botzen, W J W., Kreibich, Heidi., Bubeck, P., Aerts, J.C.J.H., (2014), Evaluating the effectiveness of flood damage mitigation measures by the application of propensity score matching, Natural Hazards Earth System, Sciences, Vol. 14(7),1731–1747.

Lyu, Hai-Min,. Shen, Shui- Long., Zhou, Annan., Yang, Jun., (2019), Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 84, 31-44.

Mishra, Kanchan., Sinha, Rajiv., (2020), Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. Geomorphology, Vol. 350,1-19.

Ogato, Gemechu Shale., Bantider, Amare., Abebe, Ketema., Geneletti, Davide., (2020), Geographic information system (GIS)-Based multi criteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia, Journal of Hydrology: Regional Studies, Vol. 27, 1-18.

Papaioannou, George., Vasiliades, Lampros., Loukas, A., (2015), Multi-Criteria Analysis Framework for Potential Flood Prone Areas Mapping, Water Resources Management, vol. 29(2), 399-418.

Pradhan, Biswajeet., (2009), Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing, Journal of Spatial Hydrology, vol. 9(2), 1-18.

Samanta, Sailesh., Koloa, Cathy., Kumar Pal, Dilip., Palsamanta, Babita., (2016), Flood Risk Analysis in Lower Part of Markham River Based on Multi- criteria Decision Approach (MCDA), Journal of Hydrology, vol. 3(3), 1-13.

Shafapour Tehrany, Mahyat., Pradhan, Biswajeet., Jebur, Mustafa Neamah., (2014), Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS, Journal of Hydrology. Vol. 504, 69_79.

Sun, Hsin-Ting., Tung, Yeou-Koung., (2013), Multi-criteria decision making under uncertainty for flood mitigation. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. Vol. 28(7), 1657-1670.

Stieglitz, Marc., Rind, David., Famiglietti, James., Rosenzweig, Cynthia., (1997), An efficient approach to modeling the topographic control of surface hydrology for regional and global climate modeling. Journal of Climate, vol. 10 (1), 118–137.

Voogd, J H., (1983), Multi criteria Evaluation for Urban and Regional Planning, Pion, London, 388p.

Xiao, Yangfan., Yi, Shanzhen., Tang, Zhongqian., (2017), Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference, Science of The Total Environment Vol. 599–600, 1034–1046.

Yari, Arezoo., Ardelan, Ali., Ostad taghizadeha, Abbas., Zarezadeh. Yadolah., Soufi Boubakran, Mohsen., Bidarpoor, Farzam., Rahimiforoushan, Abbas., (2019), Underlying factors affecting death due to flood in Iran: A qualitative content analysis, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 40, 1-10.

Research Article

Zonation of flood hazard probability in Gamasiab river banks from Sahneh to Bisetoon - Kermanshah province

Roya Panahi[1], Mohammad Mahdi Hosseinzadeh[2*], Somaiyeh Khaleghi[3]

1. Ph. D in Geomorphology, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2*. Associate Professor, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 04-03-2020 Final Revised: 02-06-2020 Accepted: 14-09-2020

Abstract

Flood is the most common natural hazard in the world that affects many people every year. This study aimed to assess the probability of flood hazard in Gamasiab River of Kermanshah using Multi Criteria Decision Making Approach (MCDA). So, four factors such as height, slope, distance from river, and land use were prepared and each factor was subdivided into 9 classes in the form of descending valuation. Then Normalized Weight Index (NWI) was calculated according to the effect of each factor on the probability of flood and Weighted Linear Combination (WLC) method was used to provide the final map of the flood hazard risk zonation. The results of flood risk zonation showed that about 61 square kilometers (12%) on both sides of the Gamasiab River had high and very high vulnerability. The Bistoon City and the lower reaches of the Gamasiab River have the high and very high-risk probability due to the decreasing of slope and height downstream of the Gamasiab basin. According to the results, Multi Criteria Decision Making Approach is a powerful, fast and low cost method in basins without hydrometric information for preparing flood risk maps.

Keywords: Multi-Criteria Decision Approach, Flood, Gamasiab, (MCDA).

* Corresponding Author Email: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

References

References (in Persian)

Alizadeh, Amin., (2015), Principles of Applied Hydrology, Imam Reza University of mashhad, Printing Time: 40, 942p. [In Persian]

Faramarzi, Hassan., Hosseini, Seyed Mohsen., Pourghasemi, Hamidreza., Farnaghi, Mehdi, (2019), Evaluation and zoning of flood risk in Golestan National Park, Quarterly Journal of Echo Hydrology, Volume 6(4), 1055-1068. [In Persian]

Ghazavi, Reza ., Babaei Hesar, Sahar., Erfanian, Mehdi, (2019), Prioritizing flood-prone urban sub-areas using PCA technique as a new weighting method, Journal of Natural environment hazards, Volume 8,(20), 83-100. [In Persian]

Gholami, Mohammad., Ahmadi, Mehdi., (2019), Flood hazard zoning in Lamerd city using AHP, GIS and fuzzy logic, Journal of Natural environment hazards, Vol 8(20), 101- 114.[In Persian]

Ghobadi, Morteza., Ahmadipari, Masumeh., salehi, Esmaeil.,(2017), Flood risk assessment and zoning of human settlements for sustainable development using Fuzzy AHP in GIS environment and DPSIR model (Case study: Abali area), Journal of Environmental Sciences and Technology, Volume:18 (3), 351-363. [In Persian]

Hamidi, Nematollah., Vafakhah, Mahdi., Najafi, Akbar., (2017), Dvelopment Of urban Flood Hazard Map For nour City Using Analytical Hierarchy Process And Fuzzy Logic, Journal of Watershed Management Research Quarterly, Volume 7 (14), 11-19. [In Persian]

Nouri, Hashem., Shahedi, Kaka., Roshan Habibnejad, Mahmoud., Kavian, Ataullah., marzban, Faramarzi, (2019), Study of flood susceptibility in mysterious watershed using hierarchical analysis process (AHP) method, Journal of Natural Environmental Hazards (JNEH), Volume 8(19), 35-50. [In Persian]

Salehi, Esmaeil., Rafiee, Yusef., Farzad Behtash, Mohamadreza., Aghababai, Mohamad taghi, (2015), Urban Flood Risk Mapping Using GIS and Fuzzy Hierarchy Process (Case Study: Tehran), Environmental Science, Volume 39 (3), 179- 188. [In Persian]

References (in English)

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

Falah, Fatemeh., Rahmati, Omid., Rostami, Mohammad., Ahmadisharaf, Ebrahim., Daliakopoulos, Ioannis N., Pourghasemi, Hamid Reza., (2019), Artificial neural networks for flood susceptibility mapping in data-scarce urban areas, Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences, Elsevier, Vol. 14, 323-336.

Fernandez, Diego., Lutz, María A., (2010), Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multi criteria decision analysis, Engineering Geology, Vol. 111(1), 90-98 .

Hajkowicz, Stefan., Collins, Kerry., (2007), A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management, Water Resources Management, Vol. 21,1553–1566 .

Hudson, Paul., Botzen, W J W., Kreibich, Heidi., Bubeck, P., Aerts, J.C.J.H., (2014), Evaluating the effectiveness of flood damage mitigation measures by the application of propensity score matching, Natural Hazards Earth System, Sciences, Vol. 14(7),1731–1747.

Lyu, Hai-Min., Shen, Shui- Long., Zhou, Annan., Yang, Jun., (2019), Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 84, 31-44.

Mishra, Kanchan., Sinha, Rajiv., (2020), Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. Geomorphology, Vol. 350,1-19 .

Ogato, Gemechu Shale., Bantider, Amare., Abebe, Ketema., Geneletti, Davide., (2020), Geographic information system (GIS)-Based multi criteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia, Journal of Hydrology: Regional Studies, Vol. 27, 1-18.

Papaioannou, George., Vasiliades, Lampros., Loukas, A., (2015), Multi-Criteria Analysis Framework for Potential Flood Prone Areas Mapping, Water Resources Management, vol. 29(2), 399-418 .

Pradhan, Biswajeet., (2009), Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing, Journal of Spatial Hydrology, vol. 9(2), 1-18.

Samanta, Sailesh., Koloa, Cathy., Kumar Pal, Dilip., Palsamanta, Babita., (2016), Flood Risk Analysis in Lower Part of Markham River Based on Multi- criteria Decision Approach (MCDA), Journal of Hydrology, vol. 3(3), 1-13.

Shafapour Tehrany, Mahyat., Pradhan, Biswajeet., Jebur, Mustafa Neamah., (2014), Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS, Journal of Hydrology. Vol. 504, 69_79 .

Sun, Hsin-Ting., Tung, Yeou-Koung., (2013), Multi-criteria decision making under uncertainty for flood mitigation. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. Vol. 28(7), 1657-1670.

Stieglitz, Marc., Rind, David., Famiglietti, James., Rosenzweig, Cynthia., (1997), An efficient approach to modeling the topographic control of surface hydrology for regional and global climate modeling. Journal of Climate, vol. 10 (1), 118–137.

Voogd, J H., (1983), Multi criteria Evaluation for Urban and Regional Planning, Pion, London, 388p.

Xiao, Yangfan., Yi, Shanzhen., Tang, Zhongqian., (2017), Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference, Science of The Total Environment Vol. 599–600, 1034–1046.

Yari, Arezoo., Ardelan, Ali., Ostad taghizadeha, Abbas., Zarezadeh. Yadolah., Soufi Boubakran, Mohsen., Bidarpoor, Farzam., Rahimiforoushan, Abbas., (2019), Underlying factors affecting death due to flood in Iran: A qualitative content analysis, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 40, 1-10.