پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی و منطق فازی در محیط GIS

نمونه موردی: شهر ایلام

دکتر کرامت‌اله زیاری *: استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران E-mail:Zayyari@ut.ac.ir
سید عباس رجایی: استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
رسول داراب خانی: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری پردیس بین المللی کیش دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۶
تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۹
این مقاله برگفته از رساله دکتری آقای رسول داراب خانی می باشد.

چکیده

امروزه عوامل مختلفی همچون رشد بی‌رویه جمعیت، تسطیح زمین و اشغال حریم رودخانه‌ها در کنار عوامل اقلیمی در مناطق شهری سبب گسترش سیلاب‌های شهری شده است. شهر ایلام هم از این شرایط مستثنی نیست؛ به‌طوری که این پدیده باعث تخریب و خسارات زیادی به مناطق مسکونی، راه‌های ارتباطی، اراضی زراعی و باغات در طی چند سال گذشته شده است. هدف از این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی محدوده‌های سیل‌خیز در شهر ایلام است. بدین‌منظور معیارهایی همچون شیب، ویژگی‌های زمین‌شناسی، جانگاری، آبراهه، خاک و کاربری اراضی انتخاب و توسط تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل فازی مورد وزن‌دهی و استانداردسازی قرار گرفتند. در نهایت نقشه پهنه‌بندی نهایی با همپوشانی نقشه‌های وزن‌دهی‌شده برای هر معیار در سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. بررسی و تحلیل نهایی نقشه به‌دست‌آمده بیانگر آن است که نواحی شمال و شمال غرب دارای بیشترین ظرفیت در برابر خطر سیل هستند. همچنین نتایج نشان داد که از کل مساحت منطقه ۰/۶ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بسیار بالا، ۶/۲۹ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بالا، ۲۰/۹۲ درصد در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۵۰/۲۳ درصد در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۲۱/۹۵ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بسیار کم قرار دارند.

Flood Zoning Using Hierarchical Analysis and Fuzzy Logic in GIS

Case Study: Ilam City

Kramatolah Ziari*[1], Sayyid Abase Rajai[2], Rasoul Darabkhani

Abstract

Various factors such as overcrowding, land leveling and occupation of rivers along with climatic factors in urban areas have caused urban flooding .The city of Ilam is no exception; This has caused a lot of damage to residential areas, roads, fields and farmlands over the past few years. The purpose of this study is to evaluate and zoning flood-prone areas in Ilam. For this purpose, criteria such as slope, geological features, topography, streamflows, soil and land use were selected, weighted and standardized by hierarchical analysis and fuzzy model. Then, zoning map with overlapping the weighted maps for each criterion was prepared in the GIS. Final analysis of the map shows that the north and northwest areas have the highest potential for flood risk. The results also showed that 0.60% of the total area are in very high vulnerability category and 6.29% in high vulnerability class, 20.92% in the average vulnerability class, 50.23% in low vulnerability class and 21.95% in the very least vulnerable category.

Keywords: *Zoning, Flood, Fuzzy model, GIS, Ilam City*

1 - professor in Geography and Urban Planning, University of Tehran
2 - Assistant Professor in Geography and Urban Planning, University of Tehran
3 -D. Student in Geography and Urban Planning, University of Tehran

مقدمه

مخاطرات محیطی هر ساله خسارت‌های بسیار فراوانی را در سراسر جهان و ایران به بار می‌آورد[۱]. شواهد نشان می‌دهد که خسارات ناشی از سیل بیشتر از سایر سوانح طبیعی است[۲]. سیلاب‌های اخیر به‌وقوع پیوسته در بسیاری از مناطق سبب خسارت‌های زیادی به بخش کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها شده و به شدت روی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیر گذاشته است[۳، ۴]. در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی در اثر وقوع سیلاب‌ها مرگ ۷ میلیون انسان و ۶۰۰ میلیارد دلار خسارت گزارش شده است. گسترش وقوع چنین سوانحی است که ضرورت انجام تحقیقات زیادی را همیشه مطرح می‌کند. در این قسمت می‌توان به مطالعات طبیبی (۱۳۸۴) اشاره کرد که با استفاده از مدل‌های منطق بولین و فازی در سامانه اطلاعات جغرافیایی به مطالعه پهنه‌بندی توان سیل‌خیزی با توجه به ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی حوضه آبریز شهر سبزوار پرداخت[۵]. در ادامه می‌توان بر مطالعات بهنیافر و همکاران (۱۳۹۵) تأکید کرد که آنها به بررسی حساسیت سیلاب با استفاده از روش ای‌اچ‌پی در شهر شاندیز مشهد پرداختند. عوامل پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، انحنای پروفیل خاک، زمین‌شناسی، ضریب نگهداشت، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی به‌عنوان عوامل مؤثر در سیلاب شهر شاندیز انتخاب و وزن‌دهی شدند. پهنه‌های بحرانی در محدوده‌های تراکم روستاها، فضاهای تفریحی ییلاقی و کاربری‌های گردشگری و شبکه‌های دسترسی به کلان‌شهر مشهد هستند. نکته حائز اهمیت اینکه تعرض به بستر رودخانه از طریق نفوذ مناطق مسکونی به حریم رودخانه و عدم رعایت اصول مهندسی و طراحی نامناسب سازه‌هایی مانند پل باعث تشدید سیل در منطقه هستند[۶].Srinivasa و Mayaja (۲۰۱۶) با استفاده از روش ای‌اچ‌پی به پهنه‌بندی خطر سیلاب در رودخانه پامپا در هندوستان پرداختند. آنها عوامل تراکم جمعیت، بارندگی، کاربری، خاک، شیب، زمین‌ریخت‌شناسی، ارتفاع و جاده را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تراکم جمعیت با مقدار ۰/۳۵ دارای بیشترین وزن و کمیت جاده با مقدار ۰/۰۳۸ دارای کم‌ترین وزن است[۷].

اما آنچه که بر اهمیت سیلاب و وقوع خسارات ناشی از آن در این مطالعات و یا مطالعات دیگر می‌افزاید، قرارگرفتن مراکز انسانی و شهری در محدوده سیل‌خیز است[۸]. پیچیدگی محیط‌های شهری و زیرساخت‌های مربوط به زهکشی تأثیر زیادی بر تشکیل رواناب‌های سطحی دارد[۹]. سیلاب در محدوده‌های شهری در سطوح صاف و غیرقابل نفوذ که با سامانه زهکشی مصنوعی توسط بشر ساخته شده، با سرعت بالا اتفاق می‌افتد. با توجه به این عامل حالت شهری باعث ازدیاد حجم، شدت رواناب و وقوع سیلاب در مناطق پایین دست می‌شود [۱۰]. به عبارتی پیچیدگی محیط‌های شهری و زیرساخت‌های مربوط به زهکشی تأثیر زیادی بر تشکیل رواناب سطحی دارد[۹]. بنابراین با توجه به شرایط توسعه نامناسب شهری در بیشتر مناطق از یک‌سو و ماهیت غیرمترقبه بودن سوانح طبیعی همچون سیل، لزوم اتخاذ سریع و درست تصمیم‌ها، اجرای عملیات، به‌کارگیری مدل‌ها و مبانی نظری بسیار احساس می‌شود. به‌کارگیری علومی مانند تکنیک سنجش از راه دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی به برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد[۱۰] تا با ارزیابی سریع از ظرفیت خطرات طبیعی از جمله سیل در جهت کاهش آثار زیان‌بار ناشی از آن اقدام کنند.

مبانی نظری

شهر اثر ماندگار تاریخی و واحد جغرافیایی و اجتماعی تکامل‌پذیر است[۱۱] که با گسترش بعد کالبدی و مسئله شهرنشینی و همچنین افزایش تدریجی تعداد شهرها در جهان و تداوم بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر بستر آنها لزوم توجه بیشتر به آنها را ضروری ساخته است[۱۲]. در واقع شهر به‌عنوان یک منبع توسعه[۱۳] نیازمند مدیریتی پویا در تمامی ابعادش است. یکی از موضوعات مهمی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن روبه‌رو هستند، موضوعات سوانح طبیعی است[۱۴]. سوانح طبیعی، پدیده‌ای طبیعی است که در محدوده سکونت بشر اتفاق افتاده و زندگی او را تهدید کرده[۱۵] و از طرف دیگر موجبات تضعیف و نابودی توانمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی مانند خسارات جانی و مالی، تخریب تأسیسات زیربنایی و کاهش زمینه‌های اشتغال در جامعه خواهد شد[۱۶]. بنابراین شناخت و ایجاد ظرفیت برای مقابله با مخاطرات طبیعی برای جوامعی که به‌طور فزاینده با بلایای طبیعی مواجه هستند[۱۷]، به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه راهبردهای مقابله با ضرورت‌های ویژه، جهت تخصیص منابع، اولویت‌ها و استانداردها در تأمین امنیت عمومی مهم و ضروری خواهد بود[۱۸].

در میان بلایای طبیعی، شناخت سیل به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مخاطرات طبیعی که هر ساله خسارت‌های سنگینی را به جوامع مختلف تحمیل می‌کند، مورد توجه قرار می‌گیرد. وقوع سیل معمولاً در نتیجه وضعیتی خاص، شدت زیاد بارندگی و یا تغییرات محیط جغرافیایی به‌وقوع می پیوندد که اغلب تشخیص ارتباط بین این شاخص‌ها دارای اهمیت است[۱۹]. با تمامی این تفاسیر باید توجه داشت که سیلاب پدیده‌ای است که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده؛ اما دخالت‌های بشری از قبیل تغییر کاربری زمین، تخریب پوشش‌گیاهی و خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه موجب افزایش خسارات جانی، مالی و زیربنایی می‌شود[۸]. باید توجه داشت که پدیده‌های جانگاری و زمین‌ریخت‌شناسانه همیشه اسباب گسترش شهر را فراهم نمی‌آورند و گاهی هم به عنوان تنگناها در توسعه شهری مطرح می‌شوند[۲۰]و[۲۱]. در این صورت متاسفانه شهرها به گونه‌ای گسترش پیدا می‌کنند که محدودیت‌های جانگاری و زمین‌ریخت‌شناسانه زیادی را فدای توسعه خود می‌کنند[۲۲]. بنابراین اقداماتی در چارچوب شناسایی مناطق خطر سیل در نواحی سیل‌خیز و درجه‌بندی این مناطق از

لحاظ خطر سیل‌خیزی در راستای برنامه‌ریزی برای توسعه بهینه و خطرات ناشی از سیل مورد توجه قرار می‌گیرد.

محدوده مورد مطالعه

شهر ایلام با مساحت ۱۴ کیلومتر مربع در شمال استان ایلام قرار گرفته و موقعیت جغرافیایی آن بین ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهر از شمال به شهرستان ایوان و چرداول، از شرق و جنوب به شهرستان شیروان و دره‌شهر، از جنوب و جنوب غربی به شهرستان مهران و از غرب به عراق محدود است [۲۳]. شهر ایلام با ۴ منطقه و ۱۴ ناحیه شهری دارای ۱۷۵ هزار نفر جمعیت است. شهر ایلام دارای ویژگی‌هایی مانند وجود ارتفاعات در شرق، غرب و شمال، اختلاف درجه حرارت و بارندگی در بخش‌های شمالی، آب و هوای نسبتاً سرد و زمستان طولانی است. بر اساس آمار و اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه سینوپتیک ایلام متوسط بارندگی سالانه این ایستگاه ۳۳۱ میلی‌متر است. سامانه‌های جوی مختلفی مانند توده هوای غربی از دریای مدیترانه و سیاه، جریان‌های سودانی، دریای سرخ، صحرای عربستان و توده‌های شمالی از مناطق سیبری به ترتیب باعث بارندگی در پاییز و زمستان، کاهش رطوبت در تابستان و یخبندان در شمال استان می‌شوند. بارندگی سالانه از یک‌سو و نقش استان به‌عنوان یکی از زهکش‌های مهم آب‌های سطحی سلسله جبال زاگرس از سوی دیگر، موجب پیدایش رودخانه‌های زیادی در استان شده است.

روش تحقیق

روش تحقیق بر اساس هدف از نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی و تحلیلی است. روش گردآوری اطلاعات بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی، داده‌های فضایی محدوده مورد مطالعه و پرسشنامه‌هاست. ابتدا محدوده مورد مطالعه مشخص شده و شناسایی حوضه‌ها و وضعیت عوامل مورد توجه قرار می‌گیرد. در پهنه‌بندی سیلاب عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه‌هایی دارای اهمیت متفاوتی هستند، اما با توجه به محدودیت‌هایی که در تهیه برخی از لایه‌ها وجود داشت و محدودیت‌هایی که به خاطر طولانی بودن فرآیند مدل وجود دارد، استفاده از لایه‌های اطلاعاتی فراوان باعث پیچیدگی بیش از اندازه مدل، هزینه و زمان طولانی در تحلیل و پردازش مدل می‌شود [۲۴]. بنابراین با توجه به این محدودیت‌ها و تجارب قبلی عواملی که بیشترین تأثیر را بر رخداد سیلاب در شهر ایلام و انطباق بیشتری با مدل‌های موردنظرمان داشته‌اند، انتخاب شده‌اند.

در این پژوهش ۶ لایه مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب شامل شیب، آبراهه، جانگاری، ویژگی‌های زمین‌شناسی، خاک، کاربری اراضی تهیه و طبقه‌بندی شدند. بعد از شناسایی لایه‌های مؤثر لازم است که مراحل روش انجام تحقیق به شرح زیر مورد توجه قرار گیرد:

- تعریف معیارها

اولین قدم در ارزیابی چندمعیاری، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس ارزیابی است. با توجه به موضوع و هدف تحقیق که تعیین مناطق با خطر بسیار بالا تا بسیار کم سیل در شهر ایلام است، انتخاب معیارها بر اساس تجارب مطالعات قبلی و نظرات کارشناسان به شرح زیر صورت گرفته است:

معیار شیب نقش زیادی در هدایت و سکون آب‌های سطحی دارد. بدین‌ترتیب با افزایش و کاهش مقدار شیب در یک محل می‌توان محل جمع شدن یا حرکت رواناب‌ها را تعیین کرد. عامل شیب با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد؛ به‌شکلی که با کاهش مقدار شیب خطر سیلاب افزایش می‌یابد و بالعکس. سازندهای زمین‌شناسی و پهنه‌های خاک با توجه به نفوذپذیر بودن یا نبودنشان در هدایت یا جذب آب‌های سطحی نقشی اساسی دارند. از سوی دیگر، سیل تأثیر اساسی در فرسایش‌پذیری سازندها دارد. عامل ارتفاع با تأثیر روی مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر، تعرق و وضعیت پوشش گیاهی بر روی رواناب تأثیرگذار است. آبراهه‌ها به‌عنوان بستر عبور آب‌های ناشی از بارندگی عامل مهمی هستند که شناسایی تراکم و میزان فاصله آنها از ساخت‌وساز در پیش‌بینی و کاهش خسارات سیلاب‌ها مؤثر است. معیار کاربری اراضی که بیانگر نوع استفاده از سطح زمین است، می‌تواند عاملی تأثیرگذار در کند یا تند کردن شدت سیلاب باشد.

- وزن‌دهی لایه‌ها

با توجه اثر و اهمیت هر یک از عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی سیل‌خیزی، لایه‌های موردنظر بر اساس مدل کمی-کیفی فرآیند سلسله‌مراتبی وزن‌دهی شدند. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی مبتنی بر مقایسه‌های زوجی است که شامل عنصر، هدف، معیارها، مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی است [۲۵]. تحلیل سلسله‌مراتبی ارائه‌دهنده روشی برای طبقه‌بندی گزینه‌ها در آخرین سطح است که این طبقه‌بندی منتج از تعیین ارجحیت بین معیارهاست [۲۶]. این مدل در اجرا از ۳ مرحله یا گام اصلی شامل ایجاد مقایسه‌های زوجی، محاسبه وزن معیارها و تخمین نرخ سازگاری تشکیل شده است. برای انجام مقایسه‌های زوجی در مدل از مقیاس عددی یک تا ۹ استفاده می‌شود. عدد یک نشان‌دهنده اهمیت برابر معیارهای مورد مقایسه و عدد ۹ نشان‌دهنده بالاترین اهمیت است. نرخ سازگاری هم که مقدار آن باید کمتر از ۰/۱ باشد، نشان‌دهنده درستی مقایسه‌های انجام شده است.

- استانداردسازی در مدل فازی

در استانداردسازی کوشش بر این است که مقادیر اندازه‌گیری‌شده از معیارها را که ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری و دامنه‌های متفاوت به ثبت رسیده باشد را با دامنه‌های همسانی ۰ تا ۱ جابه‌جا کنند. تابع عضویت برابر(۱) نشان‌دهنده عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان‌دهنده عضویت نداشتن کامل عنصر در مجموع است. بنابراین قبل از اجرای مدل فازی نیاز است که برای هر یک از لایه‌های اشاره‌شده، در فوق توابع عضویت تعیین شود و ارزش لایه‌ها در بازه‌ای بین ۰ و ۱ قرار گیرد. این سازوکار برای استانداردسازی نقشه‌های زمین‌شناسی، ارتفاع، آبراهه، خاک، شیب و کاربری به‌کارگرفته شده است. برای استانداردسازی لایه‌های موردنظر ابتدا با دادن شماره‌های عددی بین ۰ تا ۱ به لایه‌های برداری، این لایه‌ها را به

لایه‌های رستری تبدیل و سپس با استفاده از مدل فازی با ارزش ۰ تا ۱ فازی می‌شوند. هر چه ارزش لایه اطلاعاتی به یک نزدیک‌تر باشد، ظرفیت بیشتری برای رخداد سیل وجود دارد و همین‌طور برعکس. بعد از تهیه نقشه‌های وزن‌دهی‌شده و تحلیل معیارها، مرحله نهایی مشخص کردن پهنه‌های نهایی سیل‌خیزی در منطقه مورد مطالعه با هم‌پوشانی لایه‌ها به‌دست می‌آید.

- تلفیق و همپوشانی لایه‌ها

در حال حاضر، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) طیف گسترده‌ای از امکانات تحلیل فضایی، تحلیل ناحی‌های و تحلیل شبکه را بر روی لایه‌های موضوعی مختلف فراهم کرده است؛ اما اغلب به منظور رسیدن به پارامترهای مورد نیازی که بر اساس آن تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد، ضروریست که تحلیل فضایی یا سایر محاسبات با مدل‌های خارجی ارتباط یابد[۲۷]. بدین‌منظور در این تحقیق از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی و استانداردسازی توسط مدل فازی استفاده شده و با تلفیق لایه‌های وزن‌دهی‌شده در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی نهایی محدوده سیل‌خیزی از کم‌ترین تا بیش‌ترین مشخص شد.

یافته‌های تحقیق

- وضعیت شیب

در ابتدا لازم به یادآوری است که حداکثر شیب متعادل به منظور توسعه شهری ۱۰ تا ۱۵ درصد است [۲۸]. شیب سطح شهرها به ویژه شیب‌های بحرانی مشکلاتی نظیر دشواری حمل‌ونقل درون شهری، حرکات دامنه‌ای و وقوع سیل را به دنبال دارد [۲۷].

از نظر شیب بستر ایلام در شیب‌های تقریباً بین صفر تا ۱۵ درصد استقرار یافته است.

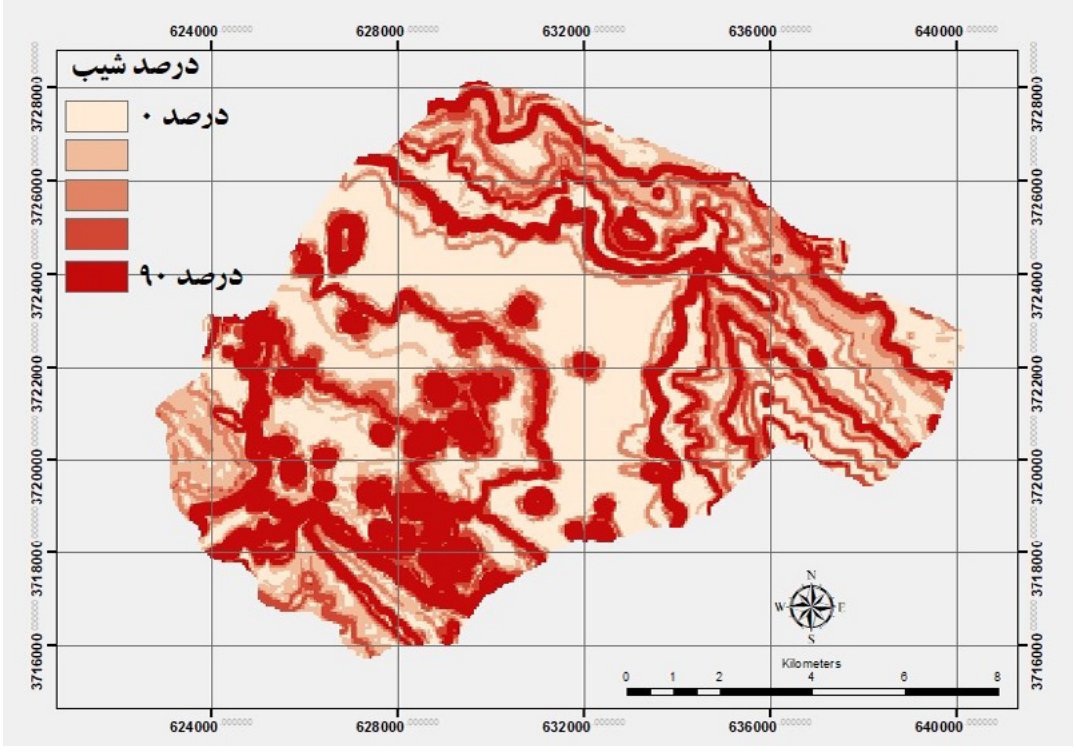
طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در منطقه مورد مطالعه، شیب در تمامی جهات وجود دارد. ولی افزایش شیب در محدوده شهر به سمت شمال و شرق بیشتر از سایر جهات است. هر چه شیب کم‌تر باشد، امتیاز بیشتری دارد و شیب‌های بالای ۱۵ درصد کم‌ترین امتیاز را دارا هستند. میزان اهمیت شیب کمتر از ۵ درصد، ۰/۵۴ و بیش از ۱۵ درصد ۰/۰۲ درصد است.

- ویژگی‌های زمین‌شناسی

ویژگی‌های سنگ و اثرپذیری آن در رخنمون سطحی زمین تغییرات زیادی را به وجود می‌آورد. میزان نفوذپذیری که هر دسته از سنگ‌ها در برابر سیل نشان می‌دهند با یکدیگر متفاوت است. در جدول ۱ سعی شده که مقدار نفوذپذیری سنگ‌ها در منطقه مورد مطالعه وزن‌دهی شوند. همان‌طورکه جدول ۱ نشان می‌دهد، سطح زیادی از سازندهای منطقه در دسته نفوذپذیری زیاد قرار دارند.

جدول ۱: میزان نفوذپذیری آب در سازندهای زمین‌شناسی شهر ایلام

زمین‌شناسی	وزن	ضریب همبستگی
نفوذپذیری کم	۰/۱۵	۰/۰۱
نفوذپذیری متوسط	۰/۲۸	
نفوذپذیری زیاد	۰/۵۷	
مجموع	۱	



شکل ۱: نقشه وزن‌دهی‌شده شیب شهر ایلام

با توجه به اینکه شهر ایلام بر روی منطقه زاگرس چین‌خورده واقع شده، سنگ‌های موجود در آن از نظر زمین‌شناسی شامل آهک، سنگ آهک مارنی، شیل، ذخایر تراسی و مخروطه افکنه‌های کوهپایه‌ای است. به دلیل توسعه فیزیکی شهر بر سازندهای آبرفتی و سست، انتظار فرونشست در مرکز و مناطق جنوبی و جنوب غربی شهر دور از انتظار نیست.

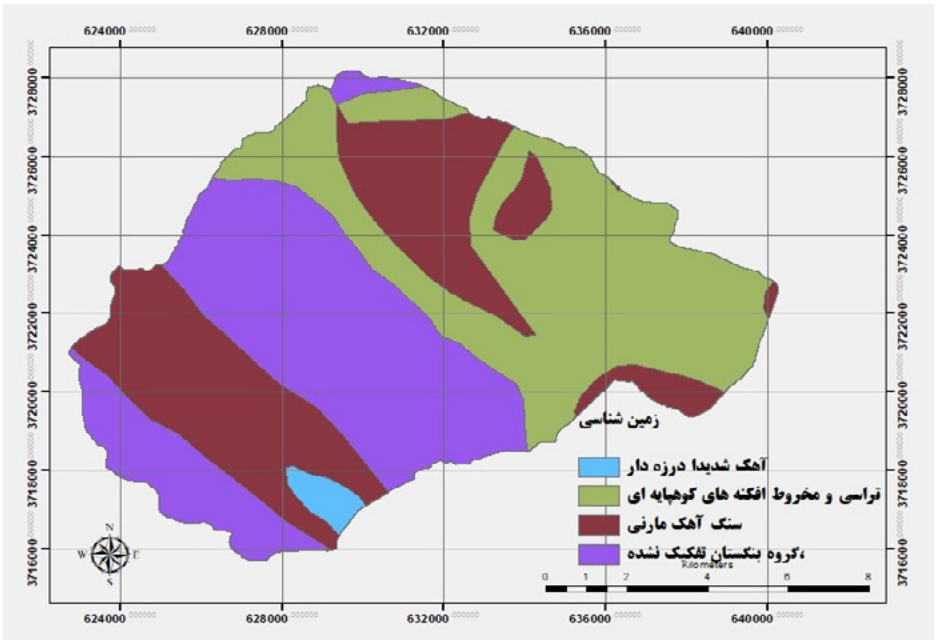
- ویژگی‌های جانگاری

هدف مطالعه ویژگی‌های جانگاری در این بخش تعیین میزان تخلیه آب‌های سطحی است. مطالعات و عکس‌ها نشان می‌دهند که ایلام از همه جهات با ارتفاع محصور شده است. این شهر از نظر سطوح ارتفاعی در محدوده ارتفاعی ۱۲۵۰ متر در جنوب و جنوب غرب تا ۱۵۵۰ متر در شمال و شمال شرق امتداد می‌یابد.

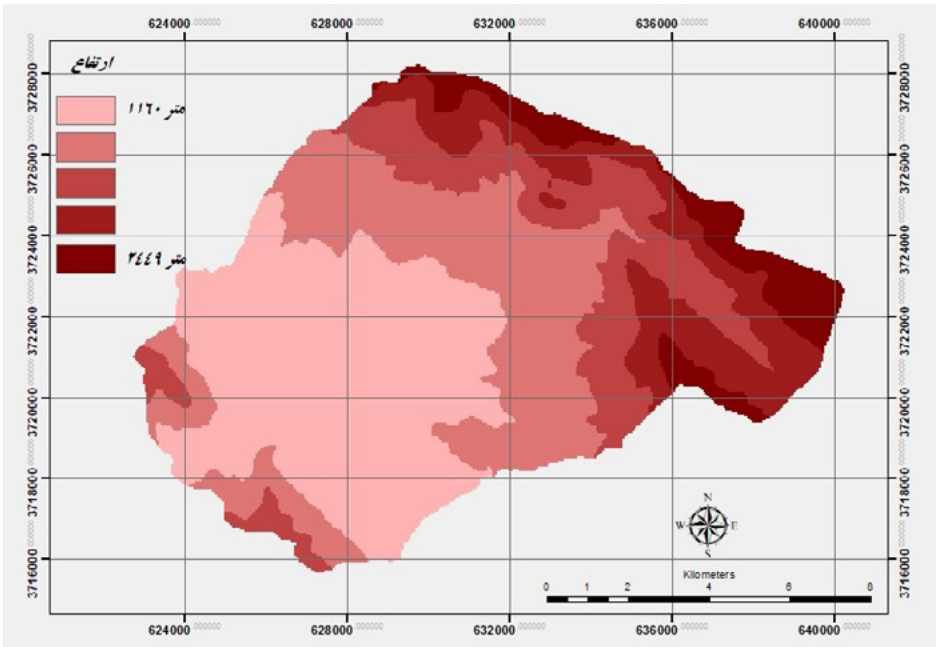
همان‌طورکه نقشه جانگاری نشان می‌دهد، بیشتر اراضی محدوده مورد مطالعه بین سطوح ارتفاعی ۱۵۰۰-۱۱۰۰ متر قرار دارند. با توجه به نیاز تخلیه آب‌های سطحی به‌خصوص در مواقع سیلاب تقسیم‌بندی گروه‌های ارتفاعی انجام و امتیازدهی شده است.

- خاک

با معرفی و شناسایی پهنه‌های خاکی موجود در منطقه مورد مطالعه می‌توان از میزان نفوذپذیری آب در مواقع سیلابی آگاهی یافت. پهنه‌های موجود در منطقه شامل تیپ کوه‌ها، تپه‌ها،



شکل ۲: نقشه وزن‌دهی‌شده ویژگی‌های زمین‌شناسی شهر ایلام



شکل ۳: نقشه وزن‌دهی‌شده ویژگی‌های جانگاری شهر ایلام

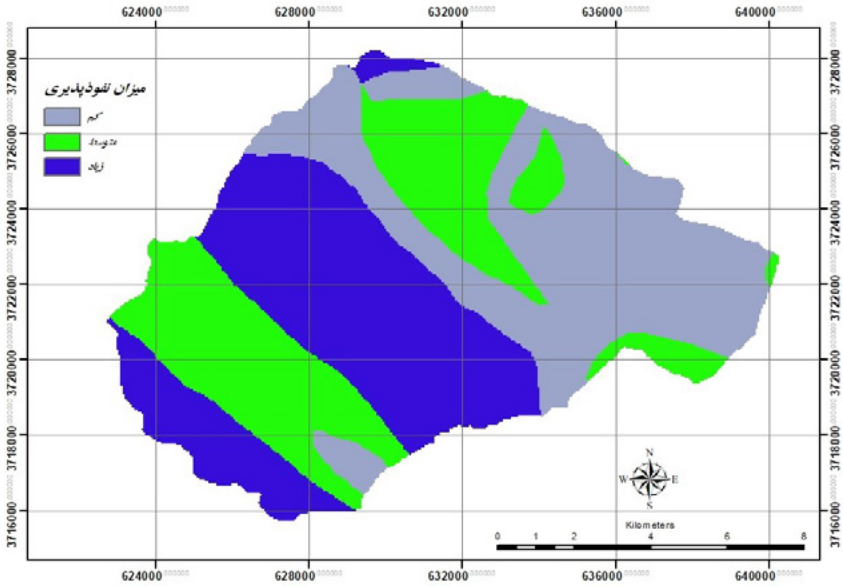
فلات‌ها، تراس‌های بالایی، دشت‌های سیلابی، اراضی پست، واریزه‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار، آبرفت‌های بادبزنی شکل و سنگریزه‌دار است.

جدول ۲: میزان نفوذپذیری آب در پهنه‌های خاک‌شناسی شهر ایلام

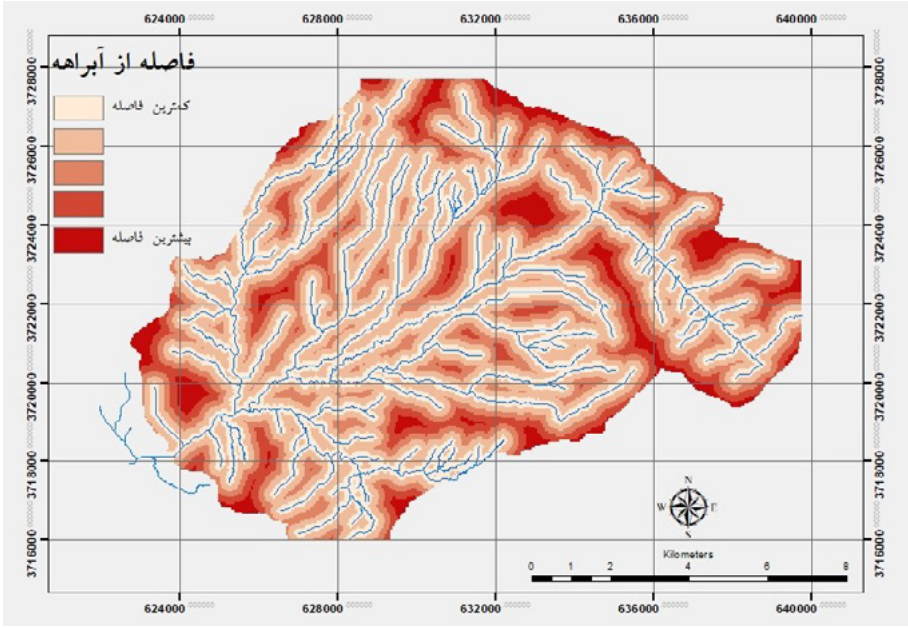
خاک	وزن	ضریب همبستگی
نفوذپذیری بسیار کم	۰/۳۸	۰/۰۲
نفوذپذیری کم	۰/۲۹	
نفوذپذیری متوسط	۰/۱۹	
نفوذپذیری زیاد	۰/۱۴	
مجموع	۱	

- آبراهه

شکل حوزه آبریز منطقه مورد مطالعه تقریباً گرد و ۲ مسیل اصلی آن از ارتفاعات سرچشمه می‌گیرد و از درون شهر عبور می‌کند و در نهایت از سمت جنوب غربی منطقه خارج می‌شود. در صورت هر گونه رگبار و بارش‌های شدید این عوامل منجر به کوتاهی زمان تمرکز شده و به همراه سطوح نفوذناپذیر شهری موجب شکل‌گیری سیلاب و آب گرفتگی مسیل‌های شهری می‌شود. این شرایط به همراه غیرقابل نفوذ بودن زمین‌ها به دلیل سطوح آسفالتی، نابودی پوشش گیاهی و توجه نکردن به شیب مناسب کانال‌های انتقالی دفع آب‌های سطحی به شدت در احتمال سیل‌خیزی تأثیرگذار خواهد بود. با عنایت به موارد گفته‌شده، هر چه فاصله از آبراه‌ها بیش‌تر باشد، شرایط مساعدتری برای شهر خواهد بود و متأسفانه در شهر ایلام این شرایط کم‌تر لحاظ شده است.



شکل ۴: نقشه وزن‌دهی‌شده میزان نفوذپذیری پهنه‌های خاکی شهر ایلام



شکل ۵: نقشه وزن‌دهی‌شده فاصله از آبراهه برای شهر ایلام

نوع شکل آبراهه‌ها و جهت آن در شهر ایلام به همراه نبود سامانه کارآمد در هدایت آب‌های سطحی و مسیل اصلی شهر، بی‌توجهی به مسائل دفع آب‌های سطحی در گذشته و حال به همراه توجه نداشتن به حریم و مسیر آبراهه‌های فصلی در مرزهای آبخیز و مسدود شدن آنها در اثر ساخت‌وسازهای نادرست و ... سبب شده که آبراهه‌ها در مواقع سیل کارایی مؤثری را ایجاد نکند.

- کاربری اراضی

مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر شهر ایلام و نوع کاربری آن‌ها نقش اساسی را در تولید سیلاب و به تبع آن خطر بروز سیلاب ایفا می‌کنند. احتمال بروز سیلاب در منطقه شهری به دلیل بالا بودن سطح مناطق نفوذناپذیر در سطح شهر و همچنین به دلیل نابودی مناطق نفوذپذیر بر اثر توسعه شهری بیش‌تر شده است. بدین‌منظور برای تعیین مناطق نفوذپذیر و ناپذیر لازم است که اطلاعات کاربری شهر ایلام و نقشه مربوطه آن تهیه شود.

بر اساس بررسی صورت گرفته، نتایج حاکی از آن است بیشترین درصد تیپ اراضی مختص به تیپ بایر و کشاورزی است.

جدول ۳: وزن‌بندی انواع کاربری‌های شهر ایلام

کاربری اراضی	وزن	ضریب همبستگی
جنگلی زراعی	۰/۰۶	۰/۰۳
زراعی	۰/۳۱	
بایر	۰/۰۴	
جنگل انبوه	۰/۲۸	
جنگل پراکنده	۰/۱۹	
درختچه‌ای	۰/۰۹	
مسکونی	۰/۰۳	
مجموع	۱	

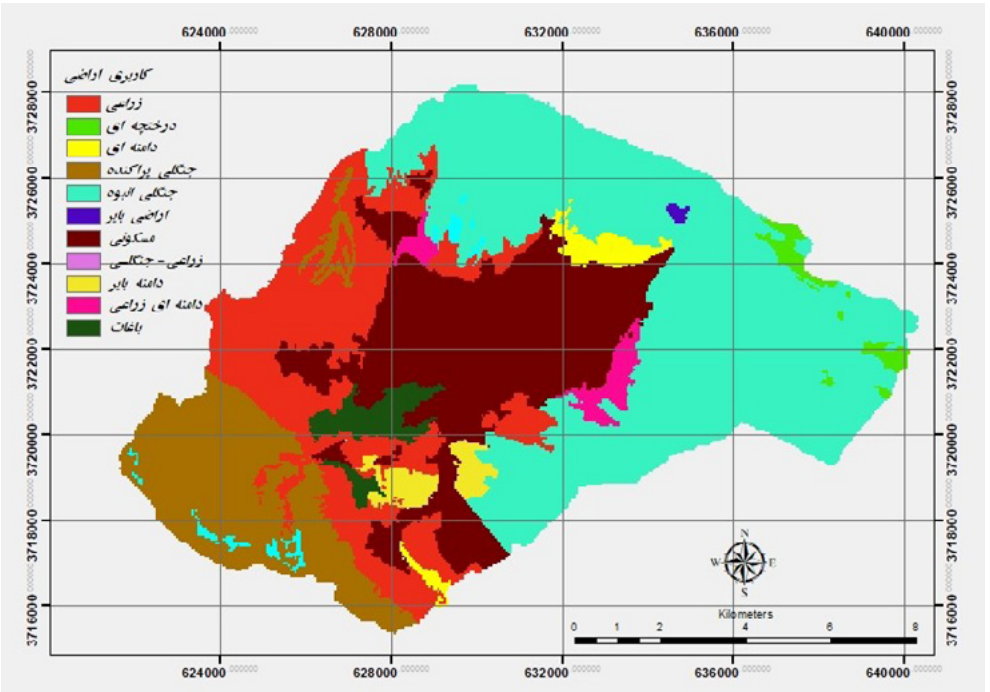
بنابراین حفظ این اراضی در مواقع سیل با اتخاذ تصمیمات درست بسیار ضروری خواهد بود.

- پهنه‌بندی نهایی سیل شهر ایلام

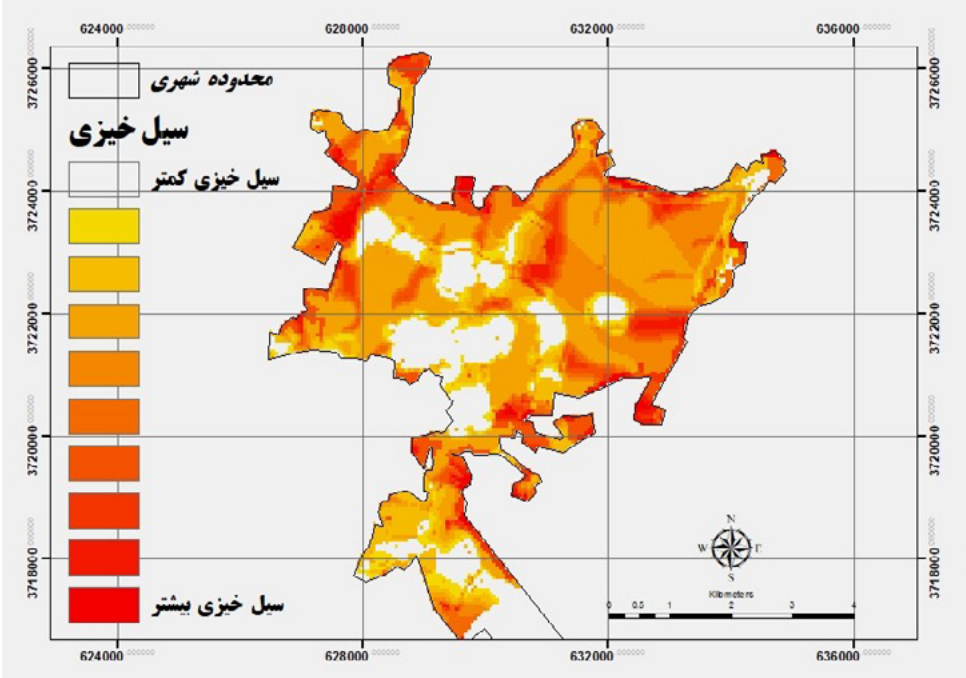
وزن نهایی معیارهای مورد بررسی در جدول زیر آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده همان‌گونه که در نقشه نهایی هم پیداست، محدوده شهری مورد نظر از نظر آسیب‌پذیری از کم‌ترین تا بیش‌ترین مورد تقسیم‌بندی واقع شده است. از کل مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۷۶ هزار و ۶۵۹ مترمربع (۰/۶ درصد از کل مساحت منطقه) در طبقه آسیب‌پذیری بسیار بالا، یک میلیون و ۸۵۱ هزار و ۳۸۰ مترمربع (۶/۲۹ درصد از کل مساحت منطقه) در طبقه آسیب‌پذیری بالا، ۶ میلیون و ۱۵۵ هزار و ۶۱۵۵ مترمربع (۲۰/۹۲ درصد از کل مساحت منطقه) در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۴ میلیون و ۷۷۶ هزار و ۴۵۵ مترمربع (۵۰/۲۳ درصد از کل مساحت منطقه) در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۶ میلیون و ۴۵۷ هزار و ۳۱۸ مترمربع (۲۱/۹۵ درصد از کل مساحت منطقه) در طبقه آسیب‌پذیری بسیار کم قرار دارند.

جدول۴: وزن نهایی معیارهای مورد بررسی شهر ایلام

معیار	وزن
شیب	۰/۱۹
فاصله از آبراهه	۰/۲۸
کاربری اراضی	۰/۱۳
ارتفاع	۰/۱۸
زمین‌شناسی	۰/۰۴
خاک	۰/۱۸
مجموع	۱



شکل ۶: نقشه وزن‌دهی‌شده کاربری اراضی شهر ایلام



شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی شهر ایلام بر اساس تلقیق لایه‌ها

همان‌طورکه نقشه و بررسی‌ها نشان می‌دهد بیش‌ترین مساحت منطقه را نواحی با خطر متوسط و کم در برابر پدیده سیل‌خیزی تشکیل داده است؛ اما نواحی با خطر بسیار بالا و بالا هم مساحت قابل توجهی از منطقه را تشکیل داده‌اند.

جدول ۵: مساحت و درصد طبقات آسیب‌پذیر شهر ایلام

طبقه آسیب‌پذیری	شرح	مساحت به متر مربع	درصد از مساحت کل
۱	بسیار بالا	۱۷۶۶۵۹	۰/۶۰
۲	بالا	۱۸۵۱۳۸۰	۶/۲۹
۳	متوسط	۶۱۵۵۱۳۹	۲۰/۹۲
۴	کم	۱۴۷۷۶۴۵۵	۵۰/۲۳
۵	بسیار کم	۶۴۵۷۳۱۸	۲۱/۹۵
جمع		۲۹۴۱۶۹۵۱	۱۰۰/۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

سیل یکی از بلایای طبیعی است که اغلب مناطق کشور را تحت‌تأثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارات جانی و مالی می‌شود؛ بنابراین شناسایی مناطق با ظرفیت سیل‌خیزی از جمله اقدامات بسیار مهم در کاهش خسارات است. بدین‌منظور در این مقاله با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل فازی و به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی و ارزیابی پهنه‌های سیل‌خیزی و طبقات آسیب‌پذیری محدوده مورد بررسی پرداخته شد. جهت تعیین پهنه‌های سیل‌خیز و طیف آسیب‌پذیری منطقه معیارهایی همچون شیب، آبراهه، ویژگی‌های زمین‌شناسی، خاک، کاربری اراضی و جانگاری به‌کارگرفته شد. با عنایت به اینکه ایلام در داخل دشتی میان‌کوهی قرار گرفته که از اطراف با ارتفاعات محصور شده و با توسعه فضایی به سمت ارتفاعات در اثر نبودن زمین کافی درست در تقابل با شرایط زمین‌ریخت‌شناسانه خود هم قرار دارد، لایه‌های اطلاعاتی معیارها تهیه و تجزیه‌وتحلیل آنها با هم‌پوشانی در محیط GIS صورت گرفت. بر اساس جدول وزن‌بندی و نقشه نهایی پهنه‌های ظرفیت سیل‌خیزی می‌توان اشاره داشت که با وجود اینکه بیش‌ترین مساحت منطقه را نواحی با خطر متوسط و کم در برابر پدیده سیل‌خیزی تشکیل داده، اما نواحی با خطر بسیار بالا و بالا هم مساحت قابل توجهی از منطقه را تشکیل داده‌اند. یعنی با تعیین مقدار مناطق آسیب‌پذیر بسیار بالا، بالا، متوسط بسیار کم و کم در منطقه مورد مطالعه مشخص می‌شود که شهر ایلام مستعد بروز سیلاب است. نتایج تحلیل ناحی‌های که حاصل هم‌پوشانی نقشه نهایی با نقشه‌های مربوط به هر یک از عوامل مورد بررسی بر سیلاب است، نشان می‌دهد که پهنه در عین پراکنده بودن محدوده‌های در معرض سیل، نواحی شمال و شمال غرب محدوده مورد بررسی در مقایسه با جهات دیگر بیش‌تر در معرض خطر سیل‌خیزی قرار دارند؛ زیرا این نواحی مستعد سیل‌خیزی دارای بیشترین درصد شیب و سطوح بالای نفوذناپذیری به لحاظ زمین‌شناسی و نوع کاربری بوده و در شرایط خاص ارتفاعی و فاصله کم از آبراه‌ها قرار دارند.

نتایج حاصل نشان‌دهنده قابلیت و کارایی این مدل‌ها در پهنه‌بندی سیلاب است. تاکنون از روش‌های بسیاری برای پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است؛ اما بیش‌تر آن‌ها تلاش کرده‌اند که از مدل‌هایی همچون فازی، بولین و تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین نقاط سیلاب‌خیز استفاده کنند. بنابراین در این تحقیق برای کسب مزایای بیش‌تر کوشیده شده که تحلیل سلسله‌مراتبی همراه با منطق فازی در ارتباط با محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌کارگرفته شوند. افزایش قابلیت و کارایی بیشتر این مدل و تحلیل در شناسایی پهنه‌های سیل‌خیزی

مشخص و واضح است. سادگی در اجرا از دیگر مزیت‌های به‌کارگیری همزمان این مدل و تحلیل سلسله‌مراتبی است.

تعیین مناطق با خطر سیل‌خیزی زیاد این کمک را به ما می‌کند تا با انجام اقدامات لازم همچون آبخیزداری در این مناطق مقدار رواناب ناشی از بارش را کاهش داد. ایجاد شیب‌شکن‌ها موجب کاهش سرعت آب و افزایش نفوذپذیری شده که نتیجه آن در کاهش میزان تولید رواناب قابل مشاهده خواهد بود. از تغییر کاربری و تخریب مراتع در این مناطق باید جلوگیری شود؛ زیرا باعث افزایش حجم رواناب خواهد شد. از اقدامات مؤثر دیگر در این زمینه تقویت پوشش گیاهی است. در نهایت اینکه اجرایی‌شدن تمامی این راه‌حل‌ها نیازمند اقدامات مدیریتی مؤثر در این زمینه خواهد بود؛ در غیر این صورت برنامه کاهش خطر سیل‌خیزی به سرانجام نخواهد رسید.

منابع

[۱] نسرین‌نژاد، نعمت‌اله؛ رنگزن، کاظم؛ کلانتری، نصراله و صابری، عظیم (۱۳۹۳). پهنه‌بندی ظرفیت سیل‌خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) . *(مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در مناطق طبیعی)*، سال پنجم، شماره چهارم، صص ۳۳ - ۱۵.

[۲] آزاده، سیدرضا و زارع، ملیحه (۱۳۹۵). تحلیل توان‌ها و محدودیت‌های محیطی با تحلیلی بر لرزه‌خیزی و نحوه استقرار مراکز جمعیتی استان زنجان. *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، سال یازدهم، شماره ۳۵، صص ۱۴۱- ۱۳۱.

[3] Chang, L. F., Lin, CH., Su, M. D. (2008). Application of geographic weighted regression to establish flood-dam age functions reflecting spatial variation. *Water SA*, 34 (2): 209-216.

[4] Guo E.L., Zhang Z.Q. and Ren X.H., et al.(2014). Integrated risk assessment of flood disaster based on improved set pair analysis and the variable fuzzy set theory in central Liaoning Province. China. Nat. *Hazards Journal*, 74: 947–965.

[۵] طبیبی، فریال (۱۳۸۴). تحلیل توان سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسانه با استفاده از GIS و مدل‌های مفهومی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز ششتمد. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

[۶] بهنیافر، ابوالفضل؛ قنبرزاده، هادی؛ پاد، سکینه و اسدی، مجتبی (۱۳۹۵). پهنه‌بندی مناطق حساس ریسک سیل‌گیری با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP با تأکید بر زمین‌ریخت‌شناسی شهری، مطالعه موردی: آبخیز شهر شاندیز. *چهارمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی*، معماری و شهرسازی.

[7] Mayaja, N. A and C.V. Srinivasa (2016). Flood Hazard Zoning Using Analytic Hier*archy Process: A Case Study for Pamp*a River Basin, Kerala, India, *Journal of Geomatics*, Vol, 10, No. 1.

[۸] قلی زاده، آیلا؛ قنواتی، عزت‌اله؛ افشار منش، حمیده و امان‌اله‌پور، حجت (۱۳۹۶).کارایی مدل فازی در ظرفیت سیل‌خیزی حوضه زنگمار. *فصل‌نامه علمی و پژوهشی فضای جغرافیایی*، سال ۷، شماره ۶۰، صص ۲۴۵- ۲۲۷.

[9] Chen, Jain, A. Hill, Arleen, D. Urban, Lensy1 (2009). AGIS-based Model for Urban Flood Ideation. *journal of Hydrology*, Vol. 373, PP 184- 192.

[۱۰] برومندنسب، سعید (۱۳۸۱). *هیدرولوژی رگبار در محدوده‌های شهری اهواز. انتشارات دانشگاه چمران*، اهواز.

[۱۱] رهنمایی، محمدتقی (۱۳۸۲). مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی (جغرافیا). چاپ اول، *انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران*، تهران.

[۱۲] فرجی، امین و قرخلو، مهدی (۱۳۸۹). زلزله و مدیریت بحران شهری، مطالعه موردی: شهر بابل. *فصل‌نامه علمی و پژوهشی انجمن جغرافیای ایران*، سال ۸، شماره ۲۵، صص ۱۶۴- ۱۴۰.

[۱۳] شیعه، اسماعیل(۱۳۸۵). *مقدمه‌ای بر مبنای برنامه‌ریزی شهری*. انتشارات دانشگاه علم و صنعت، تهران.

[۱۴] قنواتی، عزت‌اله؛ قلمی، شبنم و عبدلی، اصغر (۱۳۸۸). توانمندسازی مدیریت بحران شهری در جهت کاهش بلایای طبیعی(زلزله)، نمونه موردی: شهر خرم‌آباد. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال اول، شماره ۴، صص ۲۴- ۱۵.

[۱۵] زنگی‌آبادی، علی؛ صفایی، همایون؛ محمدی، جمال و قائدرحمتی، صفر(۱۳۸۷). تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله، نمونه موردی: مساکن شهر اصفهان. *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۲، صص ۷۹- ۶۱.

[۱۶] رضایی، محمدرضا؛ حسینی، سیدمصطفی و حکیمی، هادی(۱۳۹۱). برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت بحران در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از SWOT. *دوفصل‌نامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، شماره اول، صص ۴۴- ۳۵.

[17] Kuhlicke, C (2011). Perspectives on Social Capacity Building for Natural Hazards: Outlining an Emerging Field of Science & Policy 14, pp 804- 814, Available at www.Sciencedirect. Co*m.*

[18] Kaewkitipong L., Chen C. and Ractham P (2012). Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: a case study of 2011 Thailand flooding disaster. *In: Proceedings of the 33th International Conference on Information Systems (ICIS),* Orlando, USA, 1–17. URL: http://aisel. aisnet.org/icis2012/proceedings/ProjectManagement/8/.

[19] Immitzer M. , Atzberger C. and Koukal T (2012). Tree species classification with random forest using very high spatial resolution 8-band worldview-2 satellite data. *Remote Sens Journal*, 4: 2661–2693.

[۲۰] شایان، سیاوش، پرهیزگار، اکبر و مرتضی سلیمانی (۱۳۸۸). تحلیل امکانات و محدودیت‌های زمین‌ریخت‌شناسانه در انتخاب محورهای توسعه شهری، نمونه موردی: شهر داراب. فصل‌نامه مدرس، دوره سیزدهم، شماره ۳، صص ۵۳- ۳۱.

[۲۱] حجازی‌زاده، زهرا؛ خسروی، فرامرز و ناصرزاده، محمدحسین (۱۳۹۱). مدیریت بحران در شهر جدید بهارستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، با تکیه بر سیل و تعیین مسیرهای زهکشی شهری مناسب برای دفع آب‌های سطحی. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، جلد ۱۷، شماره ۲۰، صص ۵۰-۳۱.

[۲۲] رضایی، پرویز و استاد ملک‌رودی، پروانه (۱۳۸۹). محدودیت‌های زمین‌ریخت‌شناسانه توسعه فیزیکی شهر رودبار. *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*، سال سوم، شماره ۷، صص ۵۲- ۴۱.
[۲۳] قنبری، یوسف و زهرا، فتاحی(۱۳۹۱)، بررسی جاذبه‌های گردشگری بالقوه اکوتوریسم و توریستی استان ایلام، *نخستین همایش ملی گردشگری و طبیعت‌گردی ایران‌زمین*، ۱۳۹۱.
[۲۴] موسوی، سیده‌معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی‌مقدم، حیدر و حسین‌زاده، سیدمحسن(۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی Topsis در محیط GIS، مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغ‌ملک. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، سال پنجم، شماره دهم، صص ۹۸- ۷۹.
[۲۵] زبردست، اسفندیار(۱۳۸۰).کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. *هنرهای زیبا*، شماره ۱۰، ۱۳- ۱۲.
[26] Satty T.L, PeniwatiKirti and Shang S.Jen (2007), *The Analytic Hierarchy Process and human resource allocation: Half the story*. Mathematical and Computey-Modelling.
[۲۷] شیخی، حجت (۱۳۹۵). تحلیل توان‌های محیطی برای توسعه شهری، مطالعه موردی: شهر ایلام. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دوره ۵۰، شماره ۱، صص ۱۴۴- ۱۲۷.
[۲۸] شیعه، اسماعیل(۱۳۷۹). *کارگاه برنامه‌ریزی شهری (رشته جغرافیا)*. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.