



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۷، دوره ۱، شماره ۲

پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری در منطقه ۹ شهرداری مشهد

وحید هزاره^۱

سیدمحمد باخرزی قزالحصار^۲

۲و۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت امور شهری، دانشگاه فردوسی مشهد- دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

گروه جغرافیا. مشهد. ایران

sm.bakharzi@mail.um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۸

چکیده

شهر، دستاورد تمدن بشری، همواره با مخاطرات طبیعی بسیاری روبه‌رو بوده و زندگی ساکنان را تحت تاثیر قرار داده است که گاه خود انسان و توسعه شهرها بر شدت این مخاطرات افزوده است. سیلاب‌های شهری از مهم‌ترین مخاطراتی است که علل و عوامل انسانی و محیطی متعددی موجب بروز آن می‌شود. هدف از این تحقیق تهیه نقشه‌های خطرپذیری سیلاب در منطقه ۹ شهرداری مشهد است تا بتوان بر اساس آن بخشی از مراحل پیش‌گیری و آمادگی یا ترکیب این دو را قبل از وقوع بحران سیلاب در محیط‌های شهری اجرا نمود.

در این تحقیق شش عامل: فاصله از مسیل، ارتفاع، تراکم جمعیتی، شیب، جهت شیب و کاربری اراضی به عنوان عوامل موثر در نظر گرفته شده‌اند که بر اساس متد *AHP* در نرم افزار *Expert choice* وزن دهی شده و در محیط نرم‌افزار *Arc GIS* طبقه‌بندی و با استفاده از توابع مختلف مانند *Euclidean Distance* لایه‌های مورد نظر تهیه شده است. نقشه خطرپذیری نهایی نیز با استفاده از ضرب لایه‌های نرمال سازی شده وزنی *Reclassify* در تابع *Raster calculator* به دست آمده است. طبق آنچه که از نتایج تحقیق به دست آمد، شش عامل در نظر گرفته شده فاصله از ارتفاع، مسیل، تراکم جمعیتی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی موثر بر خطر سیلاب شهری هستند. هم‌چنین بر اساس محاسبات ۷۴٪ از مساحت منطقه در محدوده با خطر کم و خیلی کم قرار دارد و ۲۶٪ نیز در پهنه خطر متوسط تا خیلی زیاد واقع شده است. توزیع جغرافیایی خطر سیلاب بیشتر در جنوب و جنوب غرب منطقه ۹ است، که بافت فرسوده و حاشیه نشین این منطقه نیز در پهنه با خطر متوسط رو به بالا واقع شده است. مدیران شهری در حوزه‌های مربوطه باید با راه‌کارهای مدیریتی مناسب در بخش‌های با ضریب خطر بالای منطقه، در جهت پیش‌گیری و آمادگی مراحل پیش از بحران آمادگی لازم را داشته باشند.

کلمات کلیدی: سیلاب شهری، پهنه‌بندی، خطرپذیری، *AHP GIS*.

مقدمه

روند توسعه شهرنشینی و گسترش شهرهای بزرگ درجه آسیب‌پذیری جوامع شهری را نسبت به مخاطرات محیطی حاصل از توسعه کلان‌شهرها بر روی مناطق پرخطر افزایش داده است (سپهر و کاویان آهنگر، ۱۳۹۳). سیلاب از جمله بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، همراه با زلزله و خشک‌سالی، بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸) که جبران آثار آن به خصوص در مناطقی که مظاهر توسعه انسانی در آنجا به چشم می‌خورد مانند شهرها هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲). برابر آمارها سیلاب‌ها حدود ۴۰ درصد از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده‌اند (فنگ و لو، ۲۰۱۰). امروزه افزایش جمعیت، گسترش تأسیسات صنعتی، کمبود مکان برای ساخت و ساز خصوصاً در کلان‌شهرها، باعث شده تا تغییرات شدیدی در مورفولوژی حوضه‌های آبریز ایجاد شود (سپهر و کاویان، ۱۳۹۳). این مسأله منجر به تشدید خطر سیل‌خیزی و آب‌گرفتگی معابر و افزایش هزینه‌های شهر شده و خسارات جانی و مالی را افزایش داده است؛ بر اساس مطالعات انجام شده، گسترش شهرها در حوضه آبریز، سبب افزایش سطح نفوذناپذیر، افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای و تغییر کیفیت سیلاب می‌گردد (حسین زاده و جهادی طرقی، ۱۳۸۶). عوامل زیادی در وقوع سیلاب دخالت دارند. علاوه بر شرایط محیط طبیعی، فعالیت‌های انسانی و عدم برنامه‌ریزی صحیح نیز باعث ایجاد و افزایش فراوانی و حجم و همچنین خسارات مالی و جانی ناشی از سیلاب می‌شود. بنابراین لازم است قبل از گسترش بی‌رویه شهرها و تغییر کاربری اراضی، تمهیدات لازم برای جلوگیری و یا کاهش خسارات ناشی از سیلاب اندیشیده شود (طاهری بهبهانی، ۱۳۷۵). سیلاب‌ها نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته نیز باعث ایجاد خسارات مالی و جانی می‌شوند و آمارها نیز گویای روند رو به رشد چنین حوادثی می‌باشند (قنواتی، ۱۳۹۲). تجارب مطالعاتی و مدیریتی کشورهای مختلف نشان می‌دهد که اولین گام در جهت کاهش آثار زیان‌بار سیل، شناخت مناطق سیل‌گیر و پهنه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطری سیل‌گیری است تا بتوان بر اساس نتایج به دست آمده با مدیریت یکپارچه و برنامه‌ریزی شهری جامع مانع از آثار زیان‌بار سیلاب‌های شهری تا حد ممکن شد (احمد زاده، ۱۳۹۴). سیلاب‌های شهری از جمله بحران‌هایی با منشأ طبیعی هستند که گاه عوامل انسانی و انسان ساخت بر شدت آن می‌افزاید. پهنه‌بندی سطوح شهری به لحاظ خطرپذیری و وقوع سیلاب شهری را می‌توان جزئی از مراحل پیش‌گیری و آمادگی یا ترکیب این دو در قبل از وقوع بحران سیلاب دانست. شهر مشهد با توجه به موقعیت آن در حوزه کشف رود، اختلاف ارتفاع در نقاط شمال

و جنوب شهر و قرارگیری آن بین آبراهه‌هایی که از کوه های بینالود سرچشمه گرفته و به کشف رود منتهی می‌شوند، در مواجهه با سیلاب در محیط شهری است که دارای ۱۸ مسیل اصلی با جمع طول ۱۲۹۲۹۵ با دبی 1240 SM^3 می‌باشد (آمارنامه مشهد، ۱۳۹۲). در این پژوهش که به طور خاص با هدف ارزیابی خطر سیلاب شهری در منطقه ۹ شهرداری مشهد انجام می‌شود و با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی گردآوری شده در محیط *GIS* و تکنیک *AHP* وزن دهی در نرم افزار اکسپورت چویز انجام شده است و در نهایت نقشه‌های خطر سیلاب شهری تهیه می‌شود تا متناسب با آن راهکارهای مدیریتی مناسب اتخاذ گردد.

پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات متعددی با روش‌های گوناگون در ارتباط با سیلاب، علل، عوامل و اثرات آن در ایران و جهان انجام شده است. در ذیل به آن دسته از تحقیقاتی اشاره می‌شود که در راستای تحقیق حاضر، صرفاً محیط‌های شهری انجام گرفته و اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیلاب شده است. تنها تفاوت پژوهش پیش رو با تحقیقات مشابه، در محدوده مورد بررسی است، که برای نخستین بار خطر سیلاب شهری در آن بررسی می‌شود و دیگر آن که در مقایسه با مطالعات گذشته، مقیاس یک منطقه شهری نیز این تحقیق را متمایز می‌سازد.

تحقیقات خارجی

ساملا^۳ و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله خود با عنوان «ابزار مبتنی بر *GIS* در توصیف مقرون به صرفه مناطق مستعد سیل»، به منظور مشخص کردن خطر سیل در مناطق سیل خیز، در محیط *QGIS* یک روش مبتنی بر *DEM* خودکار را اجرا کرده‌اند که دقت و قابلیت اطمینان بالایی در شناسایی مناطق سیل خیز در چندین مکان آزمایشی واقع در اروپا، ایالات متحده و آفریقا نشان داده است. این ابزار، به نام ابزار *GFA* نقشه برداری سیلاب سریع و مقرون به صرفه را با انجام طبقه‌بندی باینری خطی براساس شاخص *GFI*^۵ ارائه می‌دهد.

لیو^۶ و همکاران (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی خطر سیلاب در سیستم‌های مترو شهری با استفاده از روش مدل‌سازی مبتنی بر *GIS*»، سیستم مترو یک جزء حیاتی از زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی معرفی می‌کند که خدمات اجتماعی و اقتصادی مهمی در مناطق شهری ارائه می‌دهد. و مطالعه مقایسه‌ای در مورد خطر سیل در سیستم‌های مترو با استفاده از روش سلسله مراتبی تحلیلی (*AHP*) در سیستم متروی گوانگژو بر اساس داده‌های ثبت شده مورد ارزیابی قرار

۲. Expert choice

۳. Samela

۴. Geomorphic Flood Area

۵. Glover Geomorphic Storm

۶. Lyu

داده‌اند. نتایج ارزیابی با استفاده از رویداد سیلابی در گوانگژو در ۱۰ مه سال ۲۰۱۶ تایید شده است. بدین منظور خطر سیلاب در محدوده ۵۰۰ متری خط مترو ارزیابی می‌شود نتایج نشان داد که بیش از ۵۰ درصد از خطوط مترو به شدت در معرض خطر سیل قرار دارند.

آرمیکاس و نیرو پاما^۷ (۲۰۱۵) در مقاله خود با عنوان «نقشه‌های ریسک سیلاب شهر تورنتو» ابتدا افزایش میزان بارش موثر بر سیلاب می‌داند که آخرین سیل بر اثر میزان بارش در سال ۲۰۱۳ بیش از دو برابر متوسط منطقه موجب قطع برق بیش از ۳۰۰۰۰۰ نفر از ساکنان شهر شد، که لغو پروازها، مترو و مختل شدن حمل و نقل شهری را به دنبال داشت و ضعف‌های مدیریت سیلاب و وجود استانداردهای نامناسب را آشکار ساخت و خسارت‌های زیادی که به بیمه و تخریب زیر ساخت‌ها وارد شد. برآورد نقشه‌های خطر در این مقاله با تمرکز بر جمعیت شهری، توسعه زیرساخت‌های حیاتی برنامه‌ریزی برای کاهش سیل و آمادگی شهر انجام شده است و شاخص‌های فضایی تعیین خطر بر اساس ویژگی‌های در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS انجام شده است.

اوما و تاتیشی^۸ (۲۰۱۴)، به‌طور موردی به آسیب‌پذیری و نقشه‌برداری ریسک سیلاب با استفاده از AHP و نرم‌افزارهای مبتنی بر GIS در شهر الدورت کشور کنیا پرداخته‌اند، که با در نظر گرفتن عوامل ایجاد کننده سیل مانند توزیع بارندگی، ارتفاع، شیب، شبکه زهکشی، تراکم، کاربری اراضی، پوشش زمین و نوع خاک انجام شده است. نتایج تحقیق پس از تعیین درجه آسیب‌پذیری مناطق شهری در قالب نقشه‌های مناطق در معرض خطر تهیه شده‌اند.

فرناندز و لوتز^۹ (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان «منطقه بندی خطر سیلاب شهری در استان توکمان، آرژانتین، با استفاده از GIS و تحلیل تصمیم‌گیری چند متغیره» خطر سیلاب را در منطقه شهری یرابوینا و توکومان بررسی می‌کنند. بارندگی شدید، توسعه بی‌رویه مسکن، سیستم‌های فرسوده زهکشی از علل اصلی این رویداد و خسارت‌های ناشی از آن معرفی می‌شود. روش تحقیق متمرکز بر تجزیه و تحلیل متغیرهایی است که مسیر آب را کنترل می‌کنند و جریان پیک بالا از ظرفیت سیستم تخلیه خارج می‌شود. این مدل با استفاده از پنج پارامتر: فاصله تا کانال‌های زهکشی، توپوگرافی (ارتفاع و دامنه)، عمق زمین آب زمین و کاربری زمین شهری نقشه‌های پهنه‌بندی خطر را برای مناطق شهری ذکر شده ترسیم می‌کنند.

تحقیقات داخلی

۷ Armenakisac & Nirupama

۸ Ouma, & Tateishi

۹ Fernández & Lutz

موسوی و همکاران (۱۳۹۵)، در مقاله خود با عنوان «ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی تاپسیس مطالعه موردی شهر باغملک» رشد بی‌رویه جمعیت، تسطیح زمین و اشغال حریم رودخانه‌ها را در کنار عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی در شهرها را سبب گسترش سیلاب‌های شهری می‌داند. در این تحقیق با استفاده از مدل فازی تاپسیس نقشه‌هایی خطر پذیری تهیه شده است و عوامل موثر (بارش، ارتفاع، شیب، جهت شیب، سازند، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی) با استفاده از روش کریتیک در محیط Arc GIS وزن‌دهی شده‌اند که نشان می‌دهد ۴۲٫۳۶ درصد از شهر در پهنه‌ای با خطر زیاد و بسیار زیاد قرار داد.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله «پهنه‌بندی خطر سیل و معرفی راه‌کارهای مدیریتی در مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران» با بررسی عوامل موثر بر سیل‌خیزی و شناسایی نقاط آسیب‌پذیر از نظر مخاطرات سیل در مناطق ۱ و ۳ شهرداری، راهکارهای مناسب مدیریتی برای مقابله با این پدیده را بیان می‌کند. در این تحقیق ویژگی‌های انسانی، عوامل هیدرولوژیکی و توپوگرافی ملاک عمل و امتیازدهی در روش AHP قرار گرفته است که پس از آن در GIS پهنه‌بندی شده است که نشان داد ۱۶٫۲۱ کیلومتر مربع از این مناطق دارای خطر بسیار زیاد سیلاب قرار دارد.

صالحی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی تحت عنوان «پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی» با مطالعه موردی شهری تهران، پس از بیان ضرورت مطالعات سیلاب در محیط‌های شهری، بارندگی شدید، رشد و توسعه بی‌رویه شهر و ناکارآمدی شبکه زهکشی را از دلایل اصلی آن ذکر می‌کند. سپس با استفاده از ۵ معیار فاصله از شبکه زهکشی، تجمع جریان، شیب، ارتفاع و اراضی ساخته شده و ساخته نشده بر پایه آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS از روش AHP نقشه خطر نهایی را بدست آورده‌اند که نشان می‌دهد نواحی مرکزی تا جنوب شهر بیش‌ترین پتانسیل را برای سیل‌خیزی دارند.

امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان «ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار شهری» به منظور پیش‌بینی دامنه خسارت ناشی از سیلاب و کنترل آن به بررسی خطرپذیری و ارزیابی خسارت در شهر سبزوار می‌پردازد، شاخص‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش شامل: کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل‌ها طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب رواناب، قدمت ابنیه و فضاهای باز در نظر گرفته شده است که در محیط AHP وزن‌دهی شده و در محیط نرم‌افزار ادریسی^۲ ضرایب نهایی لایه‌ها تعیین شده است و نقشه نهایی خطر پذیری حاکی از این است که ۱۵ درصد از محدوده در پهنه با خطر بسیار زیاد و ۴۵ درصد در محدوده خطر زیاد قرار دارد.

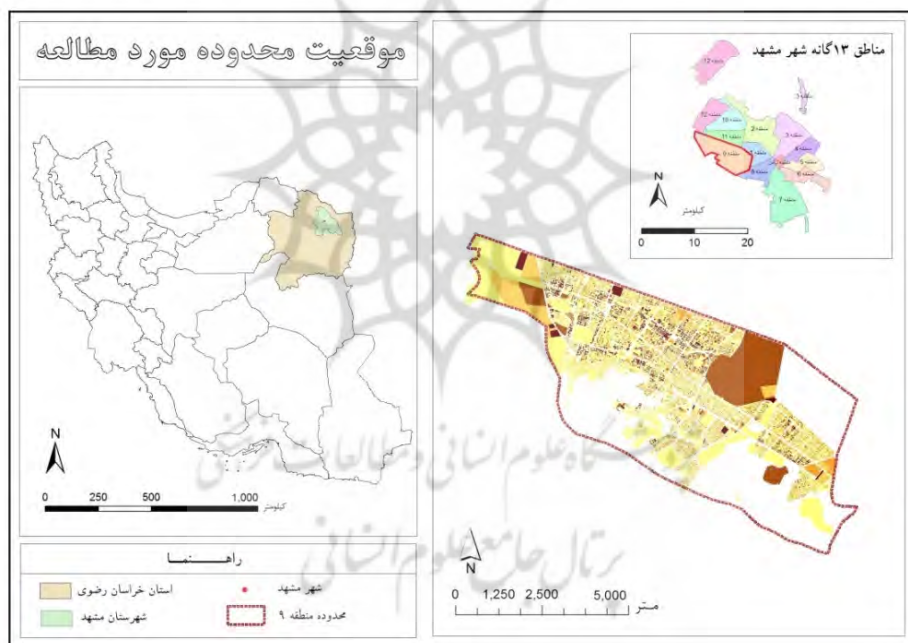
۱. TOPSIS

۱. CRITIC

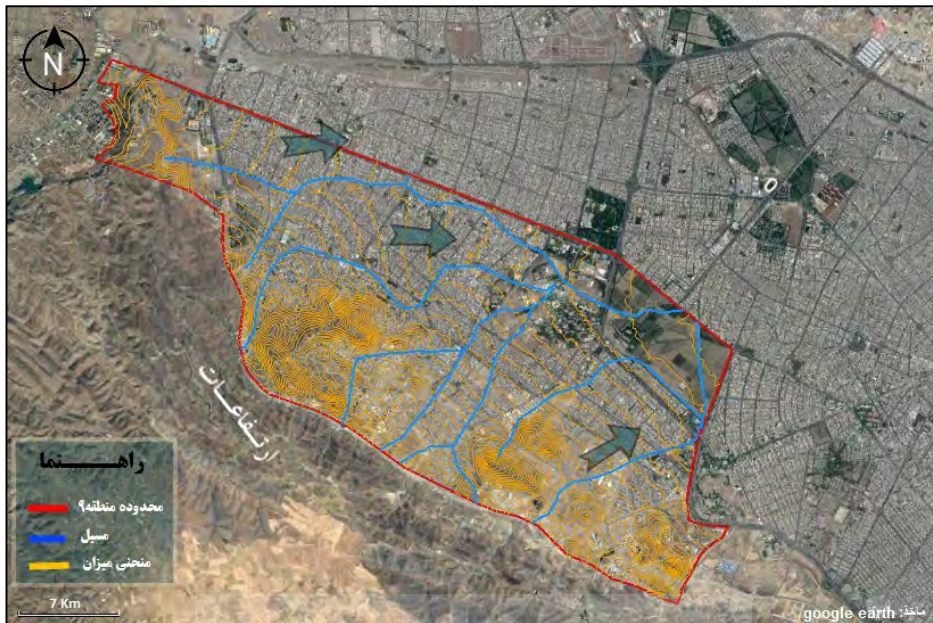
۱. Vdri

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این پژوهش منطقه نه (۹) شهرداری مشهد می‌باشد. این منطقه با وسعت ۴۶۵۲ هکتار مقسم به ۳ ناحیه و ۶ محله، با ارتفاع متوسط ۱۰۹۵ متر، در جنوب غربی شهر مشهد واقع شده است و دارای ۳۲۷۰۶۱ نفر جمعیت بر اساس آمار سال ۱۳۹۵ می‌باشد. منطقه ۹ به علت قرارگرفتن در دامنه ارتفاعات جنوبی شهر مشهد با دامنه تغییرات ارتفاعی ۳۰۰ متر، و نیز وجود مسیل‌های فصلی و عمدتاً دستخوش تغییر شده، حادثه خیزی فراوانی را در طول فصول بارشی تجربه می‌کند. این امر مشکلات متعددی برای شهروندان و مدیریت شهری بوجود می‌آورد از این رو این منطقه به عنوان مورد پژوهی انتخاب شده است. علاوه بر آن این منطقه به مثابه دروازه ورودی سیلاب‌ها به مناطقی از شهر است که در پایین دست قرار دارند. در **Error! Reference source not found.** موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. هم‌چنین، در **Error! Reference source not found.** تصویر هوایی این منطقه و مسیل‌های آن مشخص شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه و مسیل های آن

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری در محیط نرم افزار *Arc GIS* از لایه‌های اطلاعاتی فاصله از مسیل، ارتفاع، تراکم جمعیتی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، استفاده شده است. همچنین برای تعیین ضریب میزان تاثیر هر یک از لایه‌ها بر سیل‌خیزی در مدل *AHP* از نرم افزار اکسپرت چویز و تعیین وزن نهایی و نرمال لایه‌ها، استفاده شده است، که براساس مقایسه دودویی و ضریب اهمیت هر یک فاکتورهای مورد بررسی بدست می‌آید. سپس در *Arc GIS* لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی شده و دوباره طبقه‌بندی گردیده‌اند و نقشه نهایی خطر از برهم نهی این لایه‌ها و محاسبات رستری^۳ تهیه شده است. به طور کلی مراحل تحقیق شامل موارد زیر است:

۱- جمع‌آوری و آماده سازی داده‌های فضایی، شامل زمین مرجع کردن و تصحیحات توپولوژی

۲- تعیین مرز محدوده منطقه ۹ و برش تمامی لایه‌های مورد نیاز

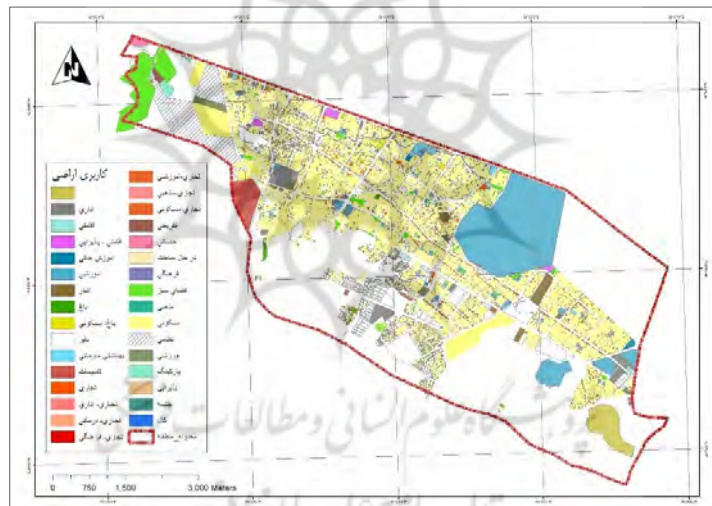
۳- کلاس‌بندی لایه‌ها بر اساس تاثیر هر یک بر سیل‌خیزی

۴- تعیین وزن‌های به دست آمده لایه‌ها در نرم‌افزار اکسپرت چویز

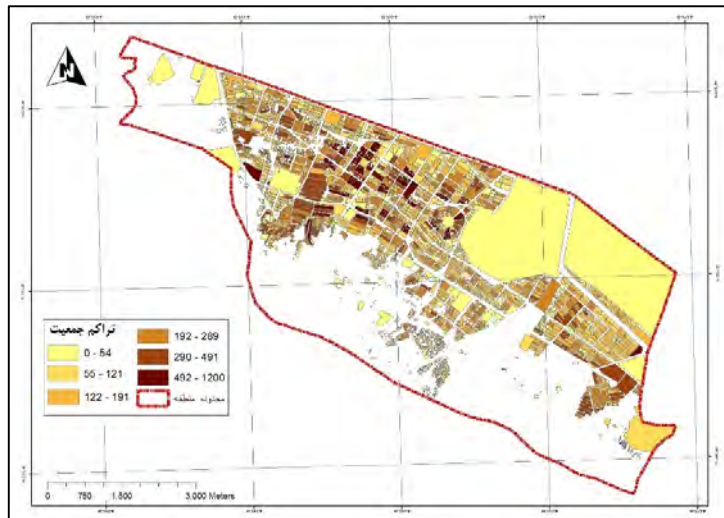
۵- اعمال وزن‌های نرمال شده در *GIS*

۶- تلفیق و برهم نهی لایه‌های نرمال شده جهت تعیین نقشه نهایی خطر سیلاب شهری

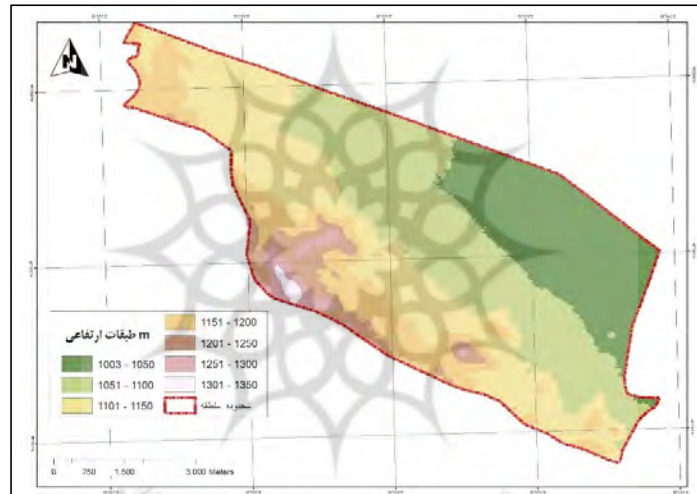
لایه‌های پایه مورد نیاز که از سازمان‌های مربوطه اخذ شده است، در GIS گردآوری شده و بر اساس نیاز تحقیق ترسیم شده‌اند. ابتدا با استفاده از لایه نقاط ارتفاعی برداشت شده از کل منطقه، منحنی‌های میزان با فاصله ۵ متری هم ارتفاع تهیه گردیده است، سپس با استفاده از این دو لایه DEM منطقه و از آن نیز لایه طبقات ارتفاعی به دست آمد که یکی از ملاک‌های ارزیابی خطرپذیری سیلاب در نظر گرفته شده است. سپس از لایه DEM نقشه شیب منطقه به درصد تهیه شد و همچنین نقشه جهت شیب در هر نقطه از محیط مورد پژوهش بدست آمد، این لایه‌ها نیز از فاکتورهای اصلی تحقیق هستند که در ادامه مورد استفاده قرار می‌گیرند. سپس از لایه طرح تفصیلی منطقه ۹ شهرداری مشهد، از نقشه کاربری اراضی خروجی گرفته شد و رنگ کاربری‌ها متناسب با استاندارد هر یک تنظیم گردید. لایه جمعیت نیز که بر اساس میزان جمعیت در هر بلوک ساختمانی است و تراکم جمعیت را به نفع نشان می‌دهد سیمبولوژی گردید. لایه اصلی که همان فاصله از مسیله‌ها به متر است با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی، فاصله از مسیله‌ها به ۸ کلاس در سیستم متریک طبقه‌بندی شده‌اند. در شکل‌های ۳ تا ۸، لایه‌های اصلی تهیه شده قابل مشاهده است.



شکل ۳. کاربری اراضی منطقه ۹ شهرداری مشهد

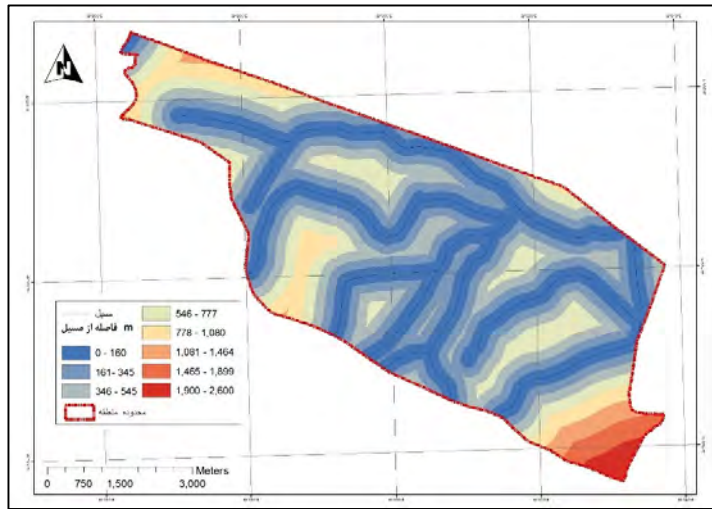


شکل ۴. تراکم جمعیت منطقه ۹ شهرداری مشهد

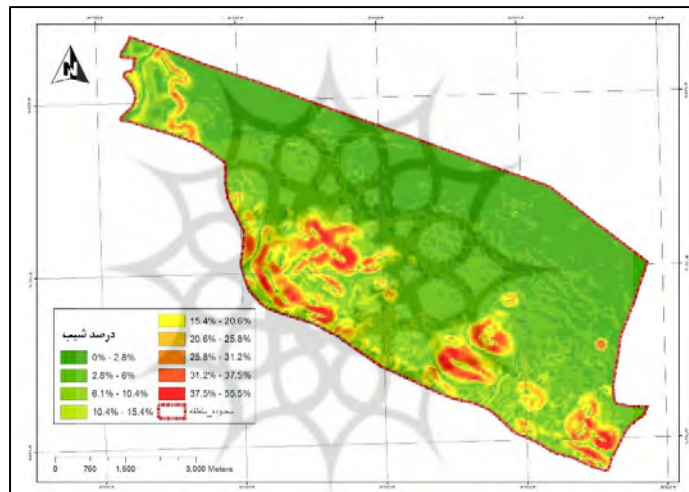


شکل ۵. طبقات ارتفاعی منطقه ۹ شهرداری مشهد

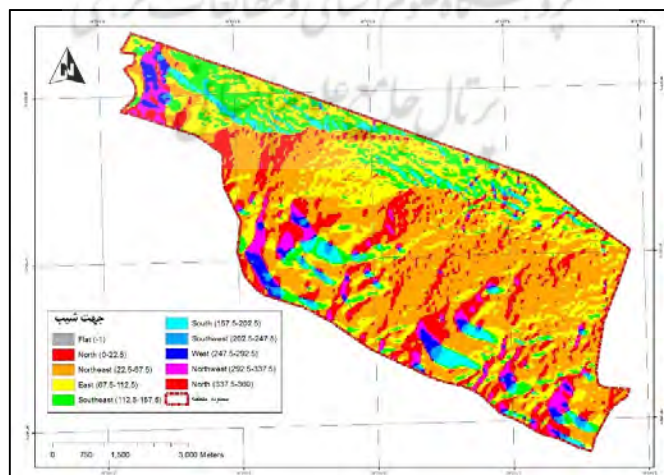
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶. مسیل‌ها و فاصله از آنها در منطقه ۹ شهرداری مشهد



شکل ۷. درصد شیب در منطقه ۹ شهرداری مشهد



شکل ۸. جهت شیب در منطقه ۹ شهرداری مشهد

فرایند تحلیل سلسله مراتبی *AHP*

یکی از روش‌های ارزیابی و وزن‌دهی، روش تحلیل سلسله مراتبی است که به وسیله ساعتی (*Saaty*) در سال ۱۹۸۰ مطرح شد و با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویز این امکان را فراهم می‌سازد تا تصمیمات مستدل و منطقی جهت انتخاب مطلوب برای تصمیم‌گیرندگان فراهم شود (آقای و مازیار، ۱۳۸۶) برای پهنه بندی خطر سیلاب شهری، ابتدا عوامل موثر بر شدت سیل خیزی شناسایی می‌شود، که هر یک از این فاکتورها از میزان اهمیت خاصی برخوردار هستند در این تحقیق فاکتورهای ارتفاع، فاصله از مسیل، تراکم جمعیتی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی به عنوان عوامل تاثیر گذار شناسایی شده‌اند. که برای بررسی اهمیت و درجه تاثیر هر یک بر وقوع سیلاب در محیط‌های شهری از فرآیند سلسله مراتبی *AHP* استفاده شده است، بدین منظور با استفاده از طراحی پرسش‌نامه محقق ساخته برای فاکتورهای در نظر گرفته شده در مقیاس ۱ تا ۹ بر حسب میزان اهمیت بر اساس جدول ۱، از متخصصین نظر سنجی شده است.

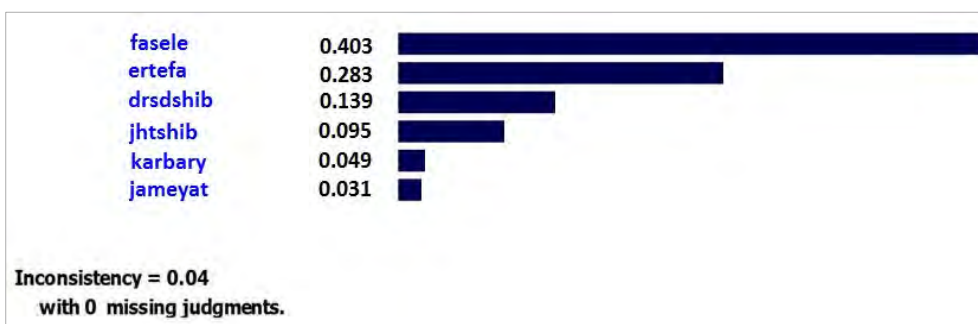
جدول ۱. نمرات مقایسه دودویی

تعریف حدود	شدت اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی	۶
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق العاده قوی	۸
اهمیت فوق العاده قوی	۹

ماخذ: (مالچوفسکی، ۱۳۸۵)

نتایج حاصل از داده‌های پرسش‌نامه‌ای در نرم افزار اکسپرت چویز وزن نهایی و نرمال شده (میزان اهمیت) هر یک از عوامل، در نمودار ۱ قابل مشاهده است. عامل فاصله از مسیل‌ها بیشترین امتیاز را به دست آورده است، و کمترین عامل اثرگذار عامل جمعیتی امتیاز دهی شده است.

نمودار ۱. مقایسه ضریب نهایی معیارها در اکسپورت چوین

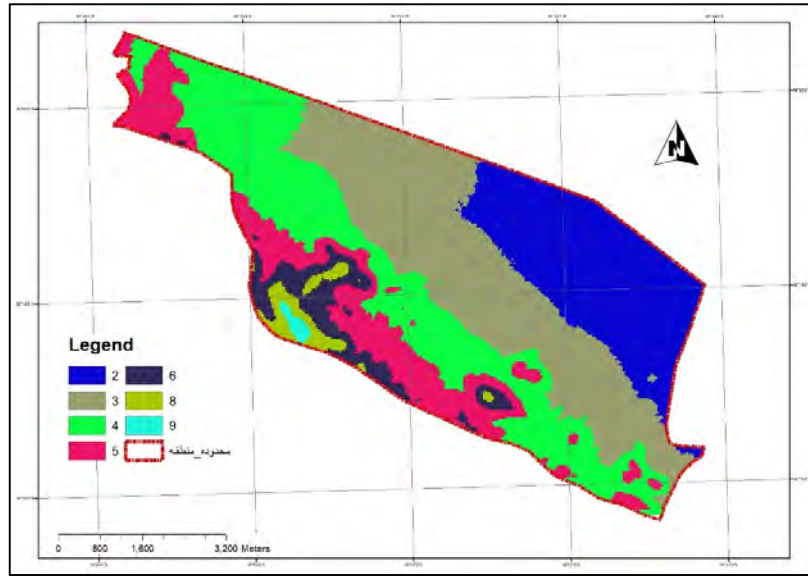


پهنه‌بندی خطر سیل

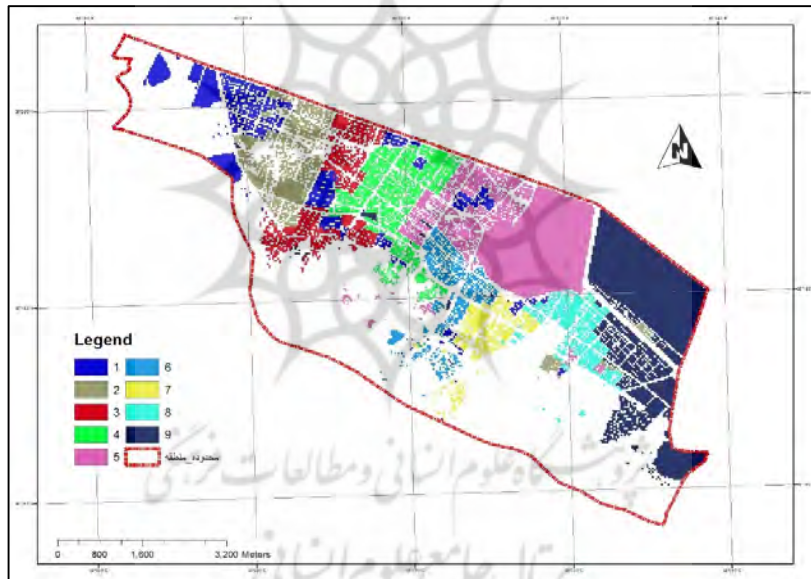
گام بعدی استاندارد سازی لایه‌های اطلاعاتی موثر بر وقع سیلاب است. در این قسمت از تحقیق هر یک از لایه‌ها بر اساس میزان تاثیری که دارند و از نتایج پرسشنامه‌ای در محاسبات نرم افزار اکسپرت‌چوین به دست آمده است با استفاده از دستور طبقه‌بندی مجدد^{۱۰} ارزش‌گذاری می‌شوند. طبقه‌بندی مجدد یا تغییر در ارزش مقدار پیکسل هر رستر^{۱۱} به هر یک از لایه‌های رستری فاکتورهای اصلی ارزش جدیدی در نرم افزار داده می‌شود تا در محاسبات بعدی مورد استفاده قرار گیرد. لایه فاصله از مسیل‌ها اصلی‌ترین لایه در محاسبات است، در کلاس بندی جدید این لایه مشخص می‌گردد که هر قدر فاصله از مسیل‌ها بیشتر شود به تعبیر دقیق‌تر از بستر و حریم سیلاب فاصله بیشتر باشد میزان خطر کاسته می‌شود. در لایه ارتفاع، هر قدر ارتفاع هر نقطه بیشتر شود، ارزش پیکسل‌ها یعنی اثرگذاری بر افزایش سیل‌خیزی بیشتر می‌گردد. در لایه درصد شیب، هر قدر بیشتر باشد قدرت و شدت آب در سیلاب بیشتر خواهد بود. لایه‌های کاربری اراضی و جمعیت برای سنجش اثرگذاری بر فعالیت‌های انسانی در منطقه در نظر گرفته شده است، بدین منظور هر قدر جمعیت بیشتری در نقطه متمرکز باشد میزان خطر و آسیب سیلاب بیشتر است. کاربری اراضی نیز تاثیر محیط‌های انسان ساخت را بر افزایش سیلاب مد نظر قرار می‌دهد، بدین صورت که هر کاربری با توجه به سطح اشغال و نوع استفاده از زمین امتیاز و ارزش خود را دارد. نقشه جهت شیب نیز با محل خروجی سیلاب‌ها را مشخص می‌کند و تجمع هرزآب‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس فراوانی هر جهت جغرافیایی امتیازدهی می‌گردد. نقشه‌های استاندارد سازی خطر در شکل‌های ۱۰ تا ۱۵ مشاهده می‌گردد.

^{۱۰}Reclassify

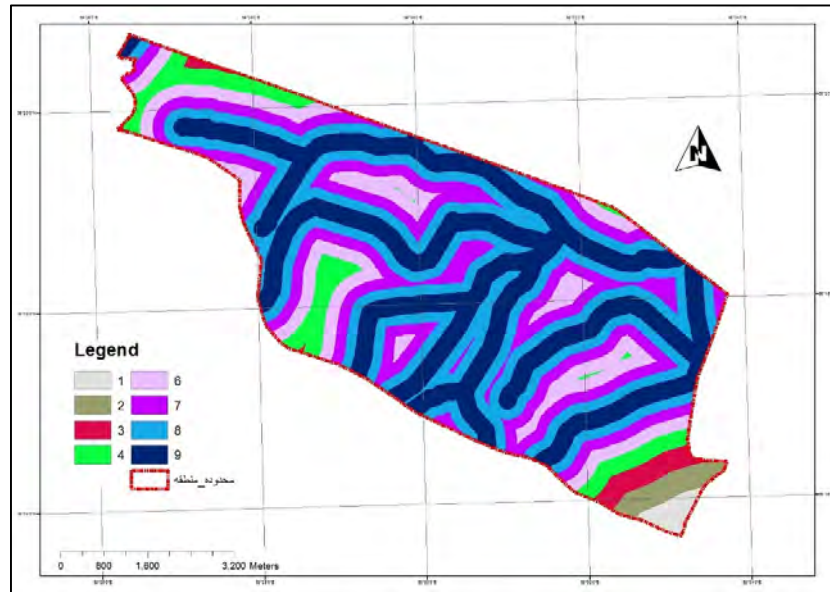
^{۱۱}Changes the values in a raster.



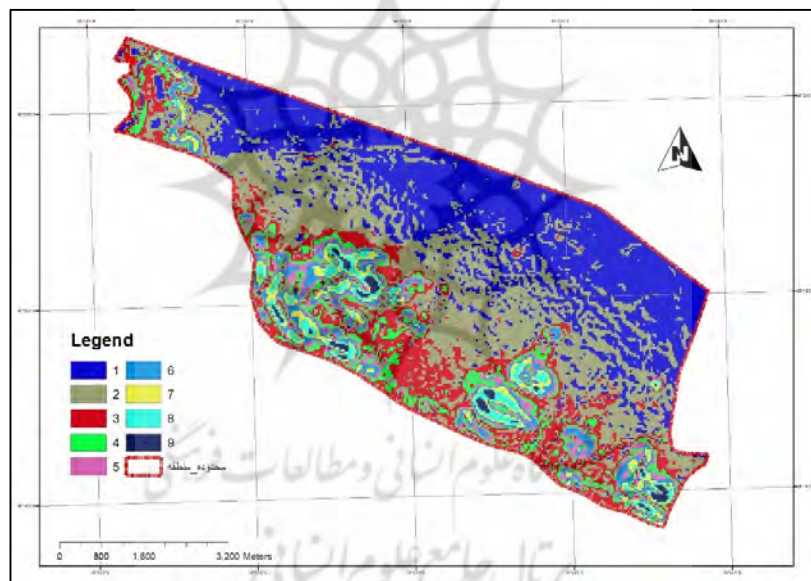
شکل ۹. نقشه استاندارد شیب



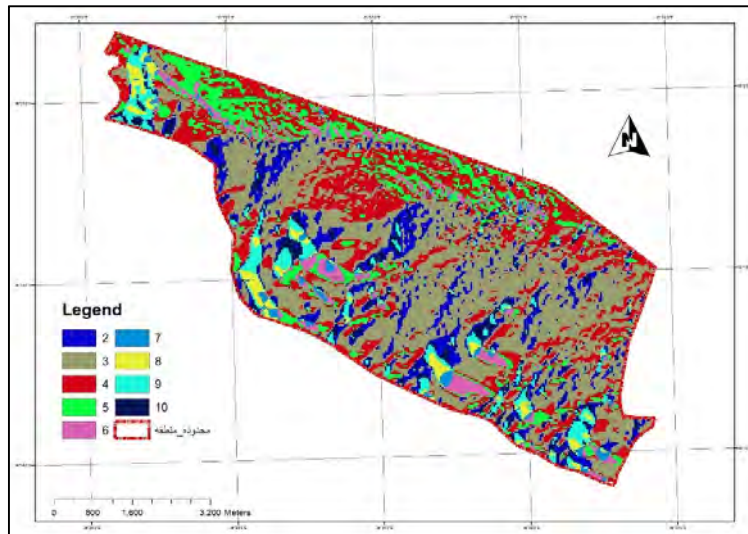
شکل ۱۰. نقشه استاندارد جمعیت



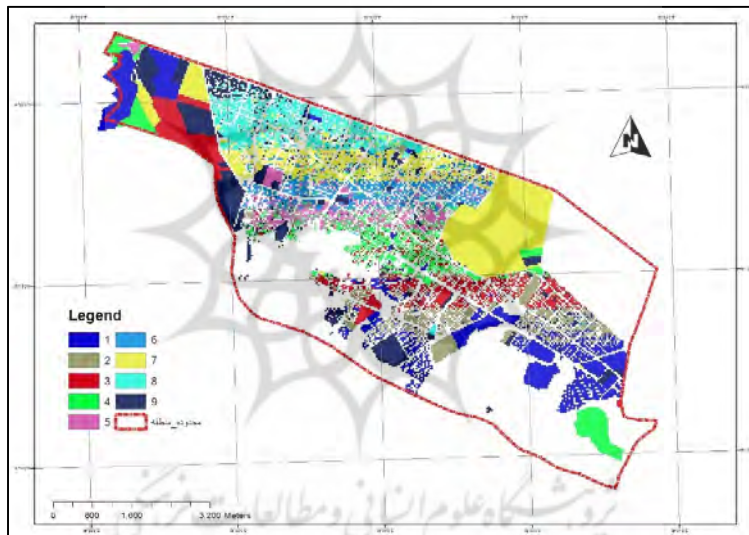
شکل ۱۱. نقشه استاندارد فاصله از مسیر



شکل ۱۲. نقشه استاندارد درصد شیب

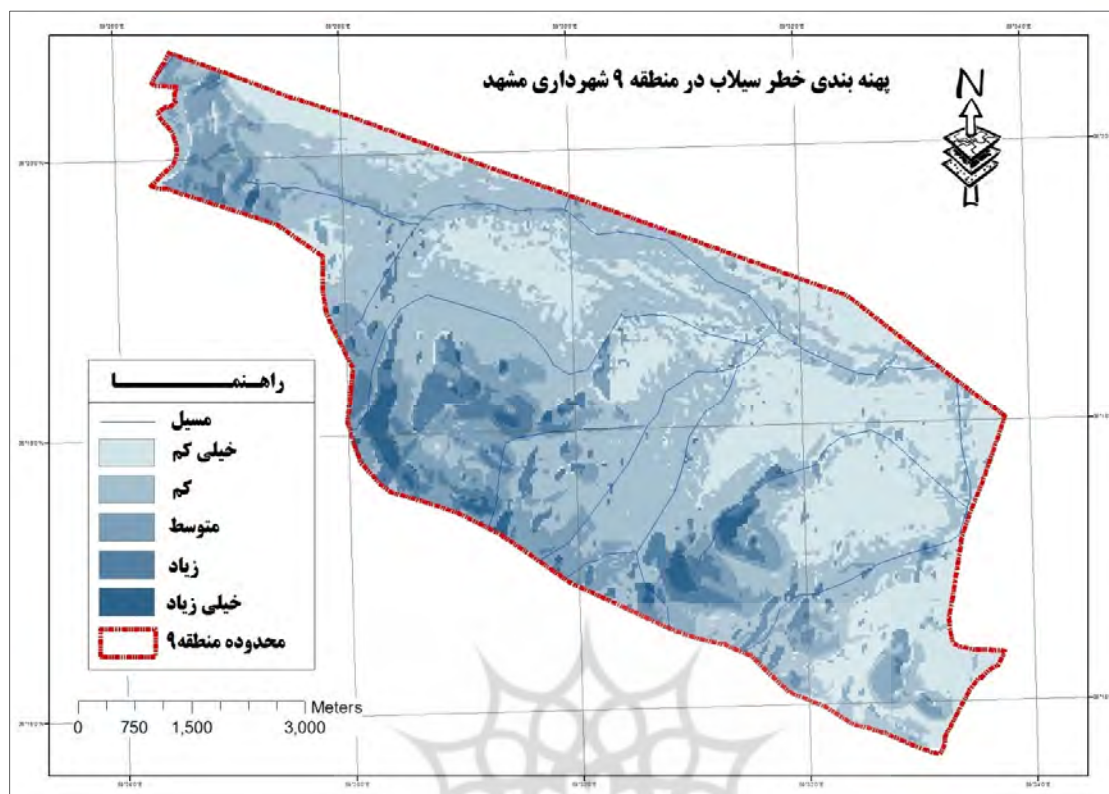


شکل ۱۳. نقشه استاندارد جهت شیب



شکل ۱۴. نقشه استاندارد کاربری اراضی

تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب و محاسبات آن بخش نهایی تحقیق را تشکیل می‌دهد. با استفاده از برهم نهی لایه‌های ریکلاسیفای شده در مرحله قبل، و ضرب وزن تمام لایه‌ها با استفاده از تابع محاسبات رستری نقشه نهایی میزان خطرپذیری منطقه ۹ شهرداری مشهد به دست آمده است. هر نقطه از این نقشه مقدار پیکسلی را نشان می‌دهد که در آن احتمال وقوع خطر سیلاب به چه میزان وجود دارد و خطرپذیری سیلاب شهری را نشان می‌دهد که در ۵ طیف احتمال وقوع خطر آن دسته‌بندی شده است. شکل ۱۶ نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب در منطقه ۹ شهرداری مشهد را نشان می‌دهد.



شکل (۱۵): نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه ۹ شهرداری مشهد

جدول زیر طبقات خطر در نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری را نشان می‌دهد بر اساس محاسبات ۷۴ درصد از مساحت منطقه در محدوده با خطر کم و خیلی کم قرار دارد و ۲۶ درصد نیز در پهنه خطر متوسط تا خیلی زیاد واقع شده است.

جدول (۲): طبقه‌بندی خطر و درصد مساحت هر یک

درصد مساحت	تعداد	دامنه تغییرات وزن‌ها	طبقات خطر
۳۰,۷	۱۰۶۹۱	۷-۳	خیلی کم
۴۳,۹	۱۵۲۹۵	۹-۷,۱	کم
۱۵,۶	۵۴۴۳	۱۱-۹,۱	متوسط
۷,۹	۲۷۴۸	۱۳-۱۱,۱	زیاد
۲	۶۹۹	۱۷-۱۳,۱	خیلی زیاد

(یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶)

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق که با هدف ارزیابی خطر سیلاب شهری در منطقه ۹ شهر داری مشهد با استفاده از روش *AHP* در نرم افزار اکسپرت چویز، و در محیط نرم افزار *Arc GIS* با استفاده از توابع مختلف مانند فاصله اقلیدسی، طبقه بندی مجدد و تابع محاسبات رستری، نقشه پهنه بندی نهایی خطر سیلاب شهری در این منطقه به دست آمده است؛ نشان داد که در میان عوامل موثر: ارتفاع، مسیل، تراکم جمعیتی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، در نظر گرفته شده، عامل فاصله از مسیل با ضریب وزنی ۰,۴، بیشترین میزان تاثیر و عامل تراکم جمعیت با ضریب ۰,۰۳ کمترین میزان تاثیر را داشته اند. هم چنین در نتایج نهایی تهیه نقشه خطرپذیری مشخص گردید که ۳۰,۷ درصد از مساحت منطقه در پهنه با خطر خیلی کم، ۴۳,۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه با خطر کم، ۱۵,۶ درصد از مساحت منطقه در پهنه با خطر متوسط، ۷,۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه با خطر زیاد و ۲ درصد از مساحت منطقه در پهنه با خطر بسیار زیاد قرار گرفته است. به لحاظ توزیع جغرافیایی نیز بیشترین خطر در جنوب و جنوب غرب منطقه ۹ در دامنه ارتفاعات قرار دارد، این در حالی است که بافت فرسوده این منطقه نیز در قسمت با خطر متوسط رو به بالا واقع شده است. مبتنی است راهکارهای مدیریتی مناسبی برای آن بخش از پهنه های شهر که در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارند بایستی اتخاذ گردد؛ مراکز خدماتی امدادی بحران مانند آتش نشانی در نزدیکی مناطق خطر بالا مکان یابی گردند، توسعه شهر در این قسمت ها محدود شده و یا بر اساس ضوابطی باشد تا منتج بر تشدید سیلاب نگردد. فضاهای سبز شهری با کارکرد حفاظت از خاک و جلوگیری از سیلاب های سهمگین احداث شود. در تحقیقات بعدی پیشنهاد می شود قطعات و بلوک های شهری که در حریم مسیل ها هستند شناسایی شود و متناسب با ویژگی های آن ها، منتقل شده، تغییر یابند و سازگاری / ناسازگاری کاربری ها مورد بررسی قرار گیرد.

پروژه: نگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. احمدزاده، حسن؛ سعیدآبادی، سعید؛ نوری، الهه (۱۳۹۴). بررسی و پهنه بندی مناطق مستعد به وقوع سیل با تاکید بر سیلابهای شهری (مطالعه موردی: شهر ماکو). نشریه هیدروژئومورفولوژی، بهار ۱۳۹۴، سال اول، شماره ۱ صص ۲۴-۱
http://hyd.tabrizu.ac.ir/article_3535_560.html
۲. امیراحمدی، ابوالقاسم؛ بهنیا نفر، ابوالفضل؛ ابراهیمی، مجید (۱۳۹۰). ریز پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار شهری. آمایش محیط، دوره ۵، شماره ۱۶، بهار ۱۳۹۱، صص ۲۳-۱۷
<http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=179660>
۳. آقایی، نیما؛ مازیار، محمدرضا (۱۳۸۶). تصمیم گیری منطقی با بهره گیری از نرم افزار *Expert Choice 2000*، انتشارات اردکان دانش، اصفهان، ص ۶.
۴. آمارنامه شهر مشهد (۱۳۹۵)، معاونت برنامه ریزی و توسعه سرمایه انسانی شهرداری مشهد با نظارت مدیریت آمار، تحلیل و ارزیابی عملکرد، تاریخ انتشار: آبان ماه ۱۳۹۶.
۵. بهشتی راد، مسعود؛ فیض نیا، سادات؛ سلاجقه، علی؛ احمدی، حسن (۱۳۸۸). بررسی کارایی مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش فاکتور اطمینان (CF) مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلابه. جغرافیای طبیعی، پاییز ۱۳۸۸، دوره دوم، شماره ۵، صص ۱۹-۲۸.
<http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=123630>
۶. حسین زاده، سیدرضا؛ جهادی طرقي، مهناز (۱۳۸۶). اثرات گستر شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلابهای شهری. پژوهشهای جغرافیایی، پاییز ۱۳۸۶، دوره ۳۹، شماره ۶۱، صص ۱۴۵-۱۵۹
https://jrg.ut.ac.ir/article_18962.html
۷. سپهر، عادل؛ کاویان آهنگر، راحیل (۱۳۹۳). طبقه بندی تحمل پذیری مناطق شهری کلان شهر مشهد به مخاطرات محیطی با استفاده از برنامه ریزی خطی تعامل تناوبی سیموس (SIMUS). جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره نهم، بهار ۱۳۹۳، صص ۱۲۵-۱۴۱
<https://geoeh.um.ac.ir/index.php/geo/article/view/27975>
۸. صالحی، اسماعیل؛ رفیعی، یوسف؛ فرزاد بهتاش، محمدرضا؛ آقابابایی، محمدتقی (۱۳۹۲). پهنه بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی موردی: شهر تهران. محیط شناسی، سال ۳۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، صص ۱۷۹-۱۸۸
https://journals.ut.ac.ir/article_35901.html
۹. طاهری بهبهانی، محمداظهر (۱۳۷۵). سیلابهای شهری، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ص ۵.

۱۰. فنواتی، عزت... (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، جغرافیا و مخاطرات محیطی.

شماره هشتم، زمستان ۱۳۹۲، صص ۱۱۳-۱۳۱

<https://geoeh.um.ac.ir/index.php/geo/article/view/27924>

۱۱. مالچوفسکی، یاجک (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمه: پرهیزگار، اکبر و عطا غفاری، تهران، سمت، ص ۲۹۸.

۱۲. موسوی، سیده معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی مقدم، حیدر؛ حسین‌زاده، سیدمحسن (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه-

بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی *TOPSIS* در محیط *GIS* مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر

باغملک. مجله مخاطرات طبیعی، سال ۵، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۹۵، صص ۷۹-۹۸

http://jneh.usb.ac.ir/article_2960.html

۱۳. یوسفی، حسین؛ نوراللهی، یونس؛ سلطانی، کیوان؛ جوادزاده، زهرا (۱۳۹۳). پهنه‌بندی خطر سیل و معرفی

راه‌کارهای مدیریتی در مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران. اکوهیدرولوژی، دوره ۱، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۸۱-

۱۹۳ https://ije.ut.ac.ir/article_54221.html

۱۴. Armenakisac, C and Nirupama, N (2015), Flood risk mapping for the city of Toronto, Procedia Economics and Finance 18 ,2014, 320 – 326. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00946-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00946-0)
۱۵. Feng L.H, Lu. J., (2010), "The Practical Research on Flood Forecasting Based on Artificial Neural Networks", Expert Syst Appl37: PP. 2974–2977. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.037>
۱۶. Fernández, D.S and Lutz, M.A (2010), Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis, Engineering Geology 111 (2010) 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>
۱۷. Lyu,H. Sun, W. Shen, Sh. Arulrajah, A (2018), Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach, Science of the Total Environment 626 (2018) 1012–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.138>
۱۸. Samela,C. Albano,R. Sole,A. Manfreda,S. (2018). A GIS tool for cost-effective delineation of flood-prone areas, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 70, July 2018, Pages 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.01.013>
۱۹. Yashon O. Ouma, and Ryutaro Tateishi (2014), Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment, Water 2014, 6, 1515-1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>