پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی در منطقه یک کلان شهر تهران با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند سلسله مراتبی

رعنا نوروزی طیولا*[۱]، یوسف بینایی[۲]

۱-کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲-کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، شهرداری ایزدشهر

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۸
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۳/۱۲

چکیده

کلانشهرهای امروزی، در نقاط مختلف دنیا به دلایل متعدد همواره در معرض آسیب ناشی از مخاطرات طبیعی قرار دارند، که افزایش خسارات جانی و مالی را نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت و تأسیسات به همراه دارد. این امر نوعی چالش را از لحاظ مخاطرات شهری برای برنامه‌ریزان در پی خواهد داشت. منطقه یک کلان شهر تهران با قرارگیری در معرض دامنه ارتفاعی متفاوت، گسل‌ها و رودخانه‌های شمال تهران و کاربری شهری مستعد و تشدیدکننده خطر، دارای مخاطرات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیک متنوعی است که لازم است به‌منظور کاهش آن اقدامات اولیه‌ای صورت پذیرد. در این مطالعه سعی گردید با بکارگیری از داده‌های حاصل از مدل سازی معیارها و لایه‌های موثر محیطی با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و طبقه‌بندی با روش فازی تحلیل گردد و به کمک تحلیل فضایی بالای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) میزان آسیب پذیری محیطی ناحیه مورد توجه قرار گیرد و پهنه‌بندی گردد. بنابر نتایج حاصل از محاسبات انجام شده میزان آسیب پذیری منطقه دو کلان شهر تهران با مدل ترکیبی AHP-Fuzzy بر مبنای وزن‌های محاسبه شده تعیین شد. نواحی ۳، ۸ و ۴ آسیب پذیرترین بخش‌های شهر در برابر مخاطرات طبیعی است؛ در صورتی‌که نواحی ۱ و ۲ کم‌ترین آسیب پذیری را در برابر وقوع مخاطرات محیطی دارند. نقشه پهنه‌بندی آسیب پذیری نشان می‌دهد که ۲۸/۲۲ درصد از کل منطقه تحت‌تأثیر آسیب پذیری با رده زیاد است که بیشترین مساحت این رده در ناحیه ۳ واقع شده است و محلات گلابدره، دربند و تجریش را بیشتر در بر می‌گیرد این در حالیست که منطقه یک کلان شهر تهران به علت ساخت و ساز شهری غیر اصولی بدون توجه به شبکه زهکشی طبیعی با افزایش سطوح با نفوذ ناپذیر کم و غیر قابل نفوذ باعث کاهش نفوذ آب حاصل از بارش و افزایش رواناب گردیده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی آسیب پذیری، مسیل‌های شمال تهران، منطقه یک تهران، روش فازی.

*- نویسنده مسئول: ۰۹۳۹۳۹۲۵۷۳۷ Email: ra.norouzi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

قبلاً تصور می‌شد وقوع حوادث و بلایای طبیعی در مناطق شهری آثار و پیامدهای کمتری در مقایسه با مناطق روستایی دارد. اما امروزه با توجه به تغییرات مشخص که در ساختار و سازمان شهرها به وجود آمده، آنها را در برابر مخاطرات محیطی ضربه‌پذیر کرده است (عسگری، ۱۳۸۲) و میلیاردها تومان خسارت به اموال انسان وارد می‌کند. مسر (۱۳۸۲) معتقد است در سال ۲۰۲۵ بیش از ۵ میلیارد نفر در نواحی شهری جهان زندگی خواهند کرد که ۸۰ درصد این افراد در شهرهای کشورهای کمتر توسعه یافته سکونت خواهند داشت و افزایش خسارات جانی و مالی را نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت و تأسیسات به همراه دارد. این امر نوعی چالش را از لحاظ مخاطرات شهری برای برنامه‌ریزان در پی خواهد داشت. امروزه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی شهری، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و مکان‌یابی مناسب را برای عملگردهای شهری فراهم می‌آورد. در این میان استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی براساس منطق فازی از انعطاف بیشتری برخوردار می‌باشد؛ بنابراین با شناسایی و پهنه‌بندی مناطق پرمخاطره می‌توان تا حدی از وقوع مخاطرات و خسارات ناشی از آن کاست. منطقه یک کلان شهر تهران با قرارگیری در معرض دامنه ارتفاعی متفاوت، گسل‌ها و رودخانه‌های شمال تهران و کاربری شهری مستعد و تشدیدکننده خطر که دارای مخاطرات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیک متنوعی است، لازم است به‌منظور کاهش آن اقدامات اولیه‌ای صورت پذیرد. در این پژوهش با رویکرد توصیفی-تحلیلی، به ارزیابی آسیب‌پذیری در منطقه یک کلان‌شهر تهران، پرداخته می‌شود و به دنبال پاسخ به این سؤال است که فرایندها و مخاطرات ژئومورفولوژیک محدودکننده‌ی توسعه و امنیت منطقه یک کلان‌شهر تهران کدام هستند؟ هم‌چنین کدام مناطق مستعد آسیب بیشتر در زمان مخاطرات طبیعی و انسانی است. از مهم‌ترین مطالعاتی که در سطح جهان و ایران در زمینه‌ی پهنه‌بندی انجام شده است، می‌توان به این موارد اشاره کرد: اکسوی وارکانگلو (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای برای تشخیص نواحی حساس به زمین‌لغزش در غرب دریای سیاه از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و هم‌چنین منطق فازی برای شناسایی زمین‌لغزش‌های این ناحیه استفاده نموده‌اند. آن‌ها با استفاده از تکنیک جداسازی و هم‌چنین ۱۰ عامل تأثیرگذار همراه با ۷۰ زمین‌لغزش رخ داده به بررسی و ترسیم نقشه‌ی پهنه‌بندی منطقه با کمک ۵ تابع عضویت فازی برای طبقه‌بندی زمین‌لغزش‌های رخ داده بر روی تصویر سنجنده ETM پرداختند. نتایج نشان داد که عملگر فازی از نظر دقت نسبت به سایر توابع عضویت فازی با وضع موجود تطابق بیشتری دارد. چن و همکاران (۱۹۱۸ و ۲۰۱۱) روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخص‌های مساحت تحت‌تأثیر قرارگرفته، تعداد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران شده و میزان خسارت اقتصادی مستقیم را در طبقه‌بندی خطر سیلاب را در ۳۰ استان چین به کار برده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که روش تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه‌بندی خطر سیلاب است. باهاتو و موریاما (۲۰۱۰) به بررسی محرکه‌های رشد شهری در دره‌ی کادماندو و با استفاده از فرایند آنالیز سلسله مراتبی پرداخته که در این روش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP[1]) محرکه‌های فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر توسعه‌ی شهر برای سه ناحیه‌ی هسته، حاشیه و نواحی روستایی مورد بررسی قرار داده‌اند. سینها و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل AHP در رودخانه کوسی، واقع در شرق هندوستان، به تهیه‌ی نقشه خطر سیلاب با

Archive of SID

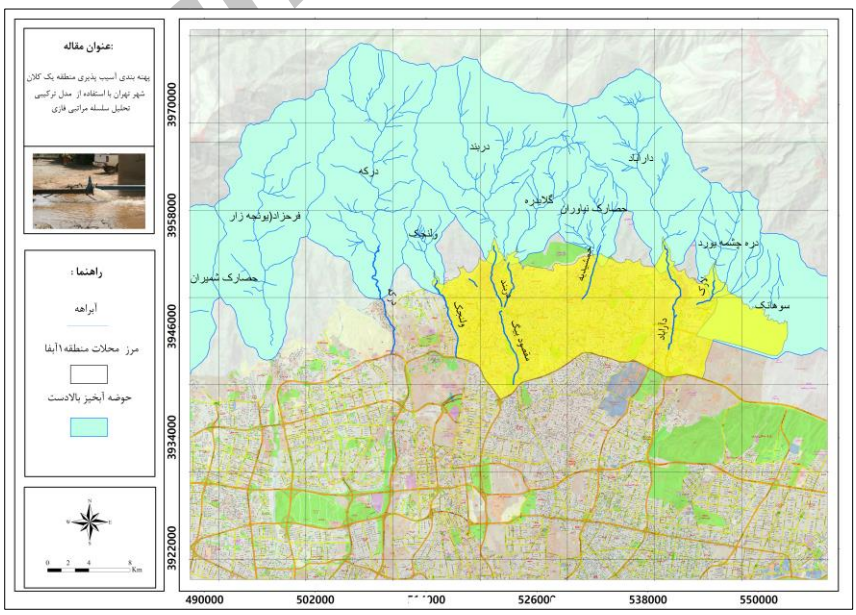
www.SID.ir

استفاده از لایه‌های اطلاعاتی ژئومورفولوژی کاربری اراضی، توپوگرافی و تراکم جمعیت اقدام کردد. سیرینیوس و همکاران (۲۰۰۸) جهت تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای روشی مرکب از نقشه عوارض خود سازمان یافته و الگوریتم c-mean خوشه‌بندی فازی را به کار برده و کارایی این روش را در حوضه‌های آبخیز ایالت ایندیانا در آمریکا مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که روش تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای با روش‌های مبنی بر تحلیل رگرسیونی و هم‌بستگی چند متغیره قابل مقایسه است. گرسوسکی و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از مجموعه‌های فازی محدودیت روش‌های کمی را برطرف ساخته است. موراث و کاندن در سال (۲۰۰۳)، پژوهشی تحت عنوان استفاده از روابط فازی جهت تولید نقشه‌های توانمندی زمین‌لغزش در غرب دریای سیاه (ترکیه) و به این نتیجه رسیده‌اند که به دلیل پیچیده بودن ماهیت پدیده زمین‌لغزش و دخالت عوامل متعدد در رخداد آن، استفاده از روابط فازی در تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش نسبت به سایر روش‌ها بهتر واقعیت رخداد زمین‌لغزش را نشان می‌دهد. ژیانگ و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از مدل‌های فازی (FCA[۲])، (SFC[۳]) و (FSM[۴]) در مالزی به ارزیابی خطر بلایای طبیعی از جمله سیل پرداختند و نشان دادند که استفاده از روش‌های فوق برای ارزیابی آسان و مؤثر خطر سیل می‌تواند مطلوب باشد. تودینی (۱۹۹۹)، برای دست‌یابی به نقشه‌ی پیش‌بینی و مدیریت خطر سیلاب از سیستم عملکردی تصمیم استفاده کرد. جانگ و همکاران (۱۹۹۶) نوعی روش ارزیابی کمی را با استفاده از منطق فازی برای شناسایی و پهنه‌بندی نواحی دارای استعداد زمین‌لغزش به‌کار گرفتند. ویلت و شاردا (۱۹۹۱)، برای بررسی امکان استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در پروژه‌های کنترل سیلاب رودخانه گرند و تار در اکلاهامای آمریکا، مناطق مستعد سیلاب را شناسایی کردند. از جمله کارهایی که در داخل کشور انجام شده، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: نسرین نژاد و همکاران (۱۳۹۳) به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداختند و از آنجایی‌که ۲۲ درصد منطقه در پهنه‌های سیل‌خیزی خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در برگرفته است که بیشترین نقش را در تولید رواناب دارند و عملیات آبخیزداری در این منطقه در اولویت هستند. افتادگان ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) عوامل مؤثر در سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز اخترآباد را شناسایی و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی پتانسیل سیل‌خیزی را در حوزه پهنه‌بندی کردند پور موسوی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر با مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی و GIS در منطقه ۳ تهران پرداختند که مهم‌ترین دلایل این آسیب‌پذیری را استفاده از مصالح بی‌دوام و کم مقاوم در ساخت و سازها، بالا بودن عمر ساختمان‌ها، مکان‌یابی ساخت و سازها بر روی زمین ناپایدار و ... دانستند. صفاری و اخدر (۱۳۹۱)، با استفاده از مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی، ارتباطی مریوان سنندج را مورد پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش قراردادند. به این منظور معیارهای، ارتفاع، شیب، فاصله از گسل، واحدهای سنگ‌شناسی، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از جاده، نوع کاربری اراضی، پوشش گیاهی، خاک و بارش را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج نشان داد که از میان دو روش مورد بحث، استفاده از مدل نسبت فراوانی به دلیل فازی سازی مناسب هر معیار با استناد به

Archive of SID

www.SID.ir

نقشه‌های پراکنش زمین‌لغزش‌های رخ داده و نحوه تفکیک روش مناسب‌تری برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها در این جاده ارتباطی محسوب می‌شود. احد نژاد و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی وضعیت آسیب‌پذیری لرزه‌ای مناطق مختلف شهر زنجان می‌پردازند. در این پژوهش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن‌های هر یک از عامل‌ها در آسیب‌پذیری لرزه‌ای به دست می‌آید. پس از آن با استفاده از تابع آستانه خطی، عامل‌های مورد بررسی به یک مقیاس مشترک تبدیل گردیده‌اند. در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله درشدت‌های مختلف و با استفاده از مدل‌های موجود در زمینه خسارات، به ارزیابی خسارات انسانی، اقتصادی و انسانی شهر زنجان پرداخته است. شمسی‌پور و شیخی (۱۳۸۹) به پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس، با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و مناطق مستعد آسیب را در آن منطقه شناسایی کردند. پور قاسمی و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی بخشی از حوضه آبخیز هراز را مورد ارزیابی خطر زمین‌لغزش قراردادند. آن‌ها در این ارزیابی عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به‌عنوان عوامل مؤثر در خطر زمین‌لغزش مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد ۲۹/۴۲ درصد از منطقه دارای حساسیت زیاد، ۳۲/۱۹ درصد حساسیت زیاد، ۳۰/۳۶ درصد متوسط و ۸/۰۴ درصد حساسیت کمی را از نظر پتانسیل بروز زمین‌لغزش دارند. زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان در برابر زلزله مورد تحلیل قراردادند که مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد، میزان آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان در برابر خطر زلزله بالاست. در ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌های شهری و سنجش آسیب‌پذیری آن‌ها از زلزله با به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری دست‌یافت (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

شهر تهران در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال و ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده است. از جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی شهربانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین و از شمال توسط کوهستان البرز محدود شده است (موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۸۷) منطقه یک شهرداری تهران با مساحت ۳۶۰۴ هکتار، شمالی‌ترین منطقه تهران به شمار می‌رود به‌طوری‌که مرز شمالی آن بر مرز شمال تهران (خطوط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر) منطبق است. این منطقه از غرب توسط رود-دره درکه با منطقه ۲، از جنوب توسط بزرگراه چمران، مدرس و صدر با منطقه ۳ و از جنوب شرقی توسط بزرگراه ازگل با منطقه ۴ شهرداری تهران هم‌مرز است. کاربری عمده در منطقه یک مسکونی است و حضور کاربری‌های فرا منطقه‌ای و فراشهری به‌ویژه کاربری‌های دیپلماتیک و گردشگری در منطقه از اهمیت برخوردار می‌باشد (مهندسین مشاور بافت شهر، ۱۳۸۴). در حال حاضر دارای ۹ ناحیه و ۳۳ محله هست (طرح تفضیلی منطقه یک شهر تهران، ۱۳۸۶) و جمعیت آن همواره در حال افزایش است این منطقه از عوارض طبیعی چون رود دره، تپه و کوه‌هایی برخوردار است که از جهات گوناگون اسباب عدم توسعه و امنیت و یا در مواردی توسعه را فراهم آورده است. از لحاظ زمین‌شناسی بیشتر مساحت این منطقه را سازندهای آبرفتی و خاک لیتوسل نیمه مرطوب که بسیار کم‌عمق هستند، در برگرفته است. آب‌وهوای منطقه یک تهران تا حد زیادی همخوان با اقلیم شهر تهران است. از آنجایی که در مجاورت کوهستان قرار گرفته دارای اقلیمی سرد و نیمه مرطوب و در نواحی مرتفع‌تر آن اقلیمی سرد همراه با زمستان‌های طولانی می‌باشد (درفشی، ۱۳۹۰). به‌طور میانگین شمال تهران ۱۸۴ میلیمتر (حدود ۷۵٪) بیش از مرکز شهر تهران بارندگی دارد. در حال حاضر بخشی از سکونتگاه‌های روستایی شمال تهران و مراکز گردشگری، در طول دره‌های کوهستانی شمال تهران و موازی با آبراهه‌های اصلی استقرار و توسعه یافته‌اند؛ علاوه بر این، حریم توسعه شهری تهران بخشی از ساخت‌وسازها و سکونتگاه‌های شهری را بر روی دامنه‌های کم ارتفاع شمالی توسعه داده است. ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده دامنه‌های کوهستانی و نیز احتمال سیلاب و آب‌گرفتگی سکونتگاه‌ها در محدوده آبراهه‌ها، عمده‌ترین مخاطراتی است که این اراضی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد به لحاظ توپوگرافی، شیب عمومی منطقه شمال به جنوب بوده که هر چه به سمت شمال برویم، میزان شیب افزایش می‌یابد. توپوگرافی منطقه در قسمت‌های شمالی کاملاً کوهستانی و با شیب زیاد است. بالاترین نقطه در این گستره در حدود ۱۸۰۰ متر از سطح دریا و زاویه شیب بین ۳۰ تا ۵۰ درجه است. شمال تهران به‌ویژه منطقه یک شهرداری شامل چندین رود دره هم‌چنین قلل مرتفع می‌شود برخی رود دره‌های کوچک که از شرق به غرب عبارتند از تنگه کهنه دارآباد، دارآباد، دره جمشیدیه، گلاب دره، دربند، ولنجک و درکه در این منطقه قرار دارد؛ که نسبتاً کم‌عمق می‌باشند. این رود دره‌ها به علت صخره‌ای بودن و شیب زیاد نقش مهمی در خروجی رواناب حاصل از بارش و برف و خط القعر بلندی‌ها و ارتفاعات کوه‌های شمال تهران در منطقه یک دارد (نوروزی، ۱۳۹۵). روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و پیمایشی است. جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از

Archive of SID

www.SID.ir

طریق منابع کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی انجام گرفته است. برای دستیابی به ادبیات تئوریک موضوع و تحلیل داده‌های گردآوری شده از منابع کتابخانه‌ای بهره گرفته شده است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات و ارزیابی آنها از روش سلسله مراتبی AHP و منطق فازی و نرم‌افزار GIS استفاده شده است. داده‌ها براساس جدول ۱ در جهت تعیین پهنه‌های آسیب پذیر در برابر مخاطرات محیطی به کار گرفته شدند.

جدول ۱: داده های مورد نیاز

داده مورد نیاز	منبع
شیب	با استفاده از داده‌های رقومی ارتفاعی ۱۰ متر منطقه (DEM)، سازمان نقشه‌برداری کشور
رودخانه	سازمان مدیریت منابع آب، سازمان جهاد سازندگی استان تهران مدیریت آبخیزداری
مراکز خطر(گسل)	سازمان مدیریت منابع آب، شرکت مهندسی آبفا
مراکز خدماتی (خدمات پذیرایی و اقامتی، خدمات مالی و تجاری، حمل و نقل شهری، رفاهی و فراغتی، خدمات اجتماعی)	سازمان مدیریت منابع آب، شرکت مهندسی آبفا
مراکز درمانی - امدادی (پایگاه امداد، آتشنشان، پایگاه مدیریت بحران، مراکز درمانی و بیمارستان)	سازمان مدیریت منابع آب، شرکت مهندسی آبفا
کاربری اراضی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰	سازمان جهاد سازندگی استان تهران مدیریت آبخیزداری
بافت فرسوده	شرکت مهندسی مشاور پارس آیند
معابر	شرکت مهندسی زیستاب و شرکت مهندسی مشاور پارس آیند
تراکم جمعیت سال ۹۰	شرکت مهندسی زیستاب و شرکت مهندسی مشاور پارس آیند

برای بررسی و مطالعه دقیق‌تر و ارزیابی آسیب‌پذیر در منطقه یک کلان شهر تهران، از ترکیب دو مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی ا ستفاده شده ا ست. مراحل این دو مدل به شرح زیر است:

۱-تعیین معیار و زیر معیارهای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقه یک کلان‌شهر تهران

۲-ارزش‌دهی به معیارها و زیر معیارها

۳-تهیه نقشه استاندارد شده

۴-بهینه سازی (ا ستاندارد سازی یا فازی سازی) لایه‌های اطلاعاتی براساس منطق فازی

۵-محاسبه نرخ ناسازگاری

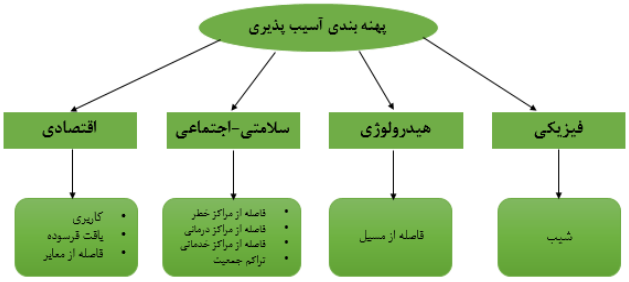
۶-اعمال وزن نهایی به معیارها و ترکیب با لایه‌های فازی شده

۷-پهنه‌بندی آسیب پذیری در منطقه یک کلان‌شهر تهران

تعیین معیار و زیر معیارهای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری: براساس مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در مورد خطر، عوامل بسیاری در آن نقش دارند براساس نظر کارشناسان با توجه به ویژگی‌های منطقه یک شهرداری تهران مهم‌ترین عواملی که در بررسی میزان آسیب‌پذیری منطقه حائز اهمیت است شامل فاصله از مراکز خطر (گسل)، فاصله از مراکز درمانی (مراکز امداد، مدیریت بحران، آتش‌نشانی، بیمارستان)، فاصله از مراکز خدماتی (خدمات پذیرایی و اقامتی، خدمات مالی و تجاری، حمل و نقل شهری، رفاهی و فراغتی، خدمات اجتماعی)، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از معابر، کاربری، بافت فرسوده، تراکم جمعیت و شیب است (شکل ۲).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: فهرست معیار و زیر معیارهای موثر در پهنه‌بندی آسیب پذیری

ارزش‌دهی و اولویت‌بندی به معیارها

این مرحله با تهیه‌ی پرسشنامه‌ای به‌منظور تعیین معیارها و اولویت‌بندی آن‌ها، با استفاده از روش AHP-FUZZY طراحی شد. جهت بررسی سازگاری مدل با منطقه نیز از نظر کارشناسان سه گروه علمی شامل ژئومورفولوژی، برنامه‌ریزی شهری، عمران (سازه) که شامل ۱۲ نفر بودند، معیارهای موردنظر برحسب اولویت با انتخاب عددی بین ۱-۹ جهت تعیین اهمیت این معیارها تکمیل شد؛ بنابراین برآیند امتیازات و وزن‌های به دست آمده، ملاک تعیین میزان اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها قرار گرفت.

تهیه‌ی نقشه استانداردشده

در فرایند پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق دارای شرایط آسیب‌پذیری در زمان وقوع مخاطرات، استخراج لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز، اولین مرحله از مراحل عملی تحقیق است. اکثر لایه‌ها برای معیارهای موردنیاز پهنه‌بندی آسیب‌پذیری با دستور Distance و لایه‌های پولیگونی آن با دستور Polygon to Raster ارزش‌دهی و رستری شدند.

بهینه‌سازی (استانداردسازی یا فازی سازی) لایه‌های اطلاعاتی براساس منطق فازی

آماده‌سازی داده‌ها و رابطه معیار و آسیب‌پذیری: در این مرحله ۱۰ متغیر تحقیق براساس جدول ۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد:

جدول ۲: رابطه معیارها و آسیب‌پذیری

معیار	فروض وزن دهی	نوع رابطه	نوع تابع فازی شده
فاصله از مراکز خطر	هرچه فاصله از مراکز خطر بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر	**معکوس**	linear
فاصله از مراکز درمانی-امدادی	هرچه فاصله از مراکز درمانی بیشتر، آسیب‌پذیری بیشتر	**مستقیم**	linear
فاصله از مراکز خدماتی	هرچه فاصله از مراکز خدماتی بیشتر، آسیب‌پذیری بیشتر	**مستقیم**	linear
فاصله از شبکه زهکشی	هرچه فاصله از شبکه زهکشی بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر	**معکوس**	linear
فاصله از معابر	فاصله از معابر بیشتر، آسیب‌پذیری بیشتر	**مستقیم**	linear
کاربری	نوع کاربری براساس نوع نفوذپذیری و مساحت در آسیب‌پذیری مؤثر است. (کاربری فضای باز و سبز آسیب پذیری کمتر و کاربری مسکونی و شهری آسیب پذیری بیشتر)	**مستقیم**	linear
بافت فرسوده	بافت مقاوم تر آسیب‌پذیری کمتر	**مستقیم**	linear
تراکم جمعیت	هرچه تراکم جمعیت بیشتر آسیب‌پذیری بیشتر	**مستقیم**	linear
شیب	هرچه شیب بیشتر آسیب‌پذیری بیشتر	**مستقیم**	linear

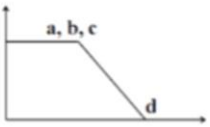
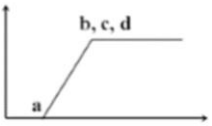
Archive of SID

www.SID.ir

فازی سازی لایه‌ها: فازی سازی لایه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تهیه نقشه‌های فازی، با استفاده از دستور fuzzy membership در نرم‌افزار ArcGIS10 انجام شده است که روابط مورد استفاده برای توابع عضویت فازی، نوع تابع و شکل توابع براساس جدول ۳ حاصل شد.

جدول ۳: روابط استانداردسازی (نرمال سازی) معیارهای قانون تصمیم تحقیق

(a، b، c و d نقاط کنترل توابع فازی می‌باشند (در واقع این نقاط تعیین کننده نقطه عطف در استانداردسازی هستند)

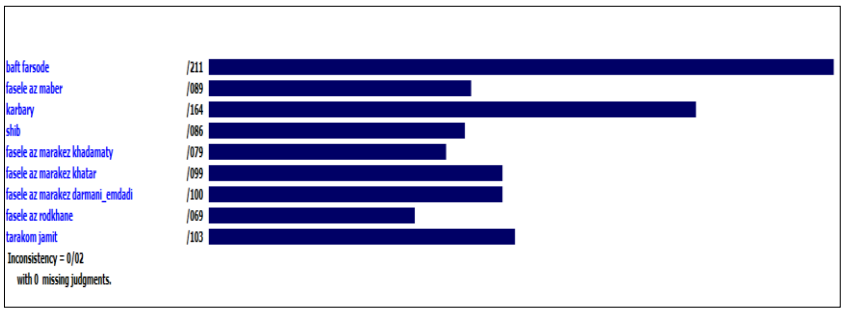
نوع تابع	شکل توابع فازی	روابط تعیین کننده مقدار عددی توابع در هر پیکسل
تابع خطی (linear)		$Xi = (1 - \frac{(Ri - c)}{(d - c)}) \times \text{standardized_range}$
		$Xi = \left(\frac{Ri - a}{b - a}\right) \times \text{standardized_range}$

تعیین وزن هر لایه و محاسبه نرخ ناسازگاری

مرحله‌ی بعد از مقایسه‌ی زوجی پارامترها، محاسبه‌ی وزن زیرمعیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری (۰/۰۲) می‌باشد که در این پژوهش توسط نرم‌افزار Expert choice انجام شد که متغیرهای مؤثر در آسیب پذیری که شامل بافت فرسوده، کاربری، فاصله از مراکز خطر، فاصله از مراکز درمانی-امدادی، تراکم جمعیت، عرض معابر، شیب فاصله از مراکز خدماتی و فاصله از رودخانه است که جهت تعیین وزن کلی، اولویت‌بندی آنها براساس روابط موجود در ماتریسی به ابعاد ۹*۹ برای مقایسه دو به دو متغیرها و تعیین ارجحیت آن‌ها قرار گرفت که در شکل ۳ و جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول۴: مقایسات زوجی به‌دست آمده برای شاخص‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقه یک کلان‌شهر تهران

	baft farsodi	fasele az m	karbary	shib	fasele az m	fasele az m	fasele az m	fasele az r	tarakom jar
baft farsode		3/0	2/0	2/5	2/0	1/5	2/0	3/0	2/0
fasele az maber			1/4	1/1	1/0	1/2	1/2	2/0	1/3
karbary				2/0	3/0	2/0	1/5	3/0	1/5
shib					1/1	1/1	1/2	1/5	1/1
fasele az marakez khadamaty						1/2	1/2	1/1	1/3
fasele az marakez khatar							1/5	1/2	1/2
fasele az marakez darmani_emdadi								2/0	1/1
fasele az rodkhane									1/3
tarakom jamit	Incon: 0/02								

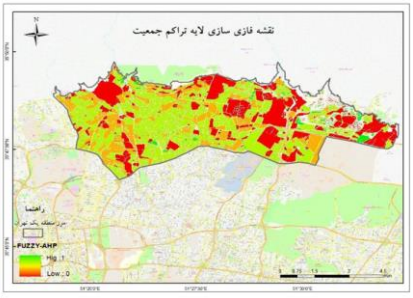


شکل ۳: وزن نهایی به دست آمده برای شاخص‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقه یک کلان‌شهر تهران

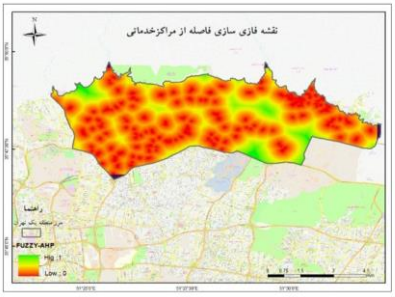
www.SID.ir

بحث و نتایج

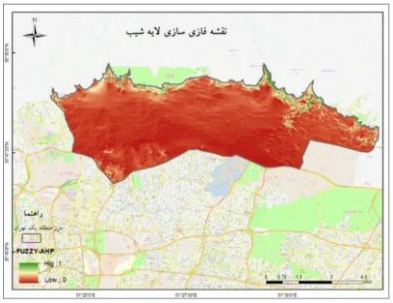
شناخت شرایط طبیعی بسترهای شهری، از جمله زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیمی و زیست محیطی، ضرورت مدیریت شهری است. وجود پرشمار گسله‌ها، به ویژه در زمین‌های آبرفتی، هم-چنین گسترش بی رویه‌ی شهرهای بزرگ و ایجاد سازه‌های سنگین، ناپایداری بسترهای شهری را تشدید می‌کند و تغییراتی در سامانه‌ی طبیعی محیط ایجاد کرده و مورفوژنز شهری را دچار تحول خواهد کرد (شهرام روستایی، ۱۳۹۰). بستر شهر تهران با ضخامت بیش از ۵۰۰ متر از نهشته‌های کواترنری، گسل‌های عمیق، نشست و رانش زمین و سیستم زهکشی نامنظم و ساخت و ساز ناکارآمد و سطوح نفوذناپذیر، مستعد تخریب ناشی از وقوع زمین لرزه و سیلاب است (محمد کاظم جعفری، ۱۳۸۱). از طرفی در شهر تهران زمین‌های با شیب بالای ۱۵ درجه، در معرض حرکت دامنه‌ای هستند، در این جا لازم به ذکر است که با توجه به بررسی-های انجام شده بین حرکات دامنه‌ای، زمین لغزش-ها بیشترین فراوانی را دارند و برای شهرها خسارات جانی و مالی ناگهانی و شدیدی را ایجاد می‌کنند و ریزش‌ها در گروه‌های بعدی قرار دارند. افزایش جمعیت و گسترش تاسیسات انسانی، مطالعه‌ی دقیق پتانسیل تخریب را در مناطق ۲۲ گانه تهران ضروری می‌کند (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به ویژگی‌های منطقه یک شهرداری تهران، مهم‌ترین عواملی که در بروز و آسیب‌رسانی خطر در این منطقه تأثیر دارند شامل کاربری اراضی، فاصله از مراکز خطر، فاصله از مراکز درمانی-امداد، فاصله از مسیل، فاصله از معابر، تراکم جمعیت، بافت فرسوده، شیب زمین است. لایه‌های مرتبط با هر یک از متغیرها در ابتدا به صورت رستری تهیه شدند و در ادامه دامنه ارزش هر پیکسل به روش فازی استانداردسازی شده و مقادیر آنها یکسان سازی و در دامنه صفر تا یک قرار گرفت. شکل (۴-۱۲) نقشه فازی شده متغیرهای موجود در پژوهش حاضر است.



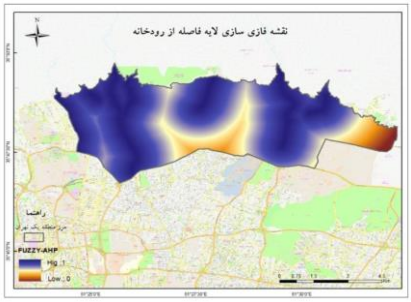
شکل ۴: نقشه فازی سازی لایه فاصله از مراکزخدماتی



شکل ۵: نقشه فازی سازی تراکم جمعیت



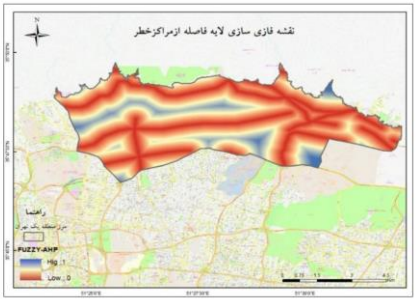
شکل ۶: نقشه فازی سازی لایه شیب



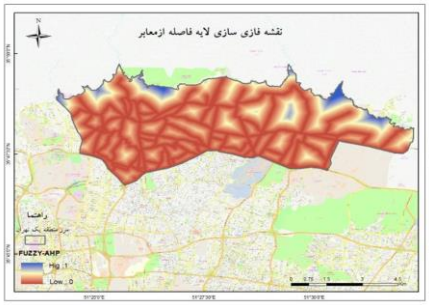
شکل ۷: نقشه فازی سازی لایه فاصله از رودخانه

Archive of SID

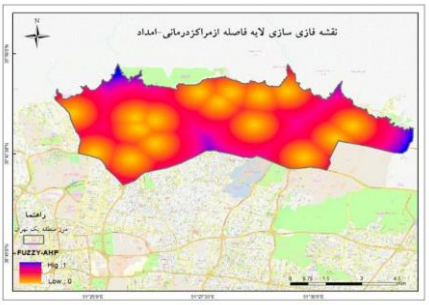
www.SID.ir



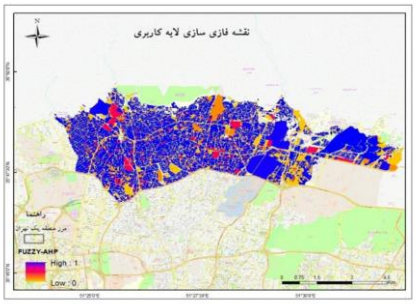
شکل۸: نقشه فازی سازی لایه فاصله از مراکز خطر



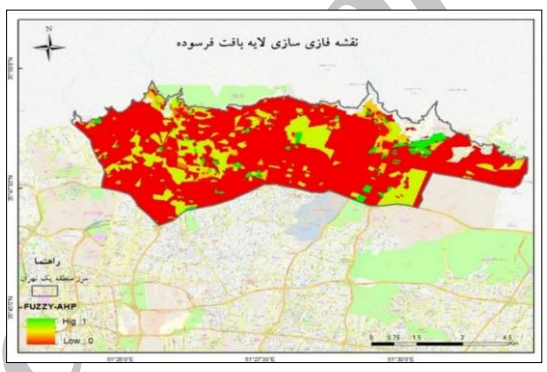
شکل ۹: نقشه فازی سازی لایه فاصله از معابر



شکل ۱۰: نقشه فازی سازی لایه فاصله از مراکز درمانی–امداد



شکل ۱۱: نقشه فازی سازی لایه کاربری

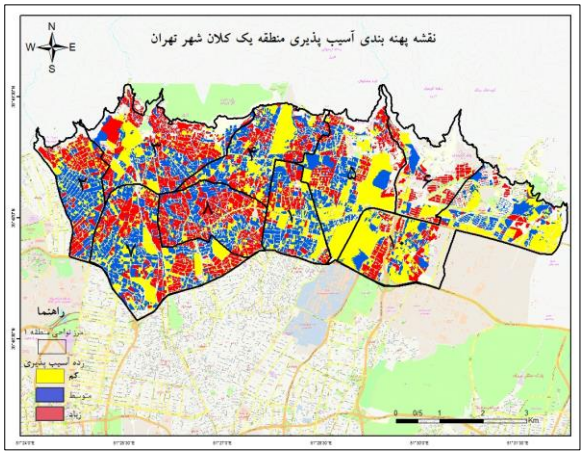


شکل ۱۲: نقشه فازی سازی لایه بافت فرسوده

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تحلیل آن

اعمال وزن نهایی به معیارها و ترکیب با لایه‌های فازی شده: به منظور پهنه‌بندی آسیب پذیری منطقه ۱ تهران، اهمیت محاسبه شده برای هر یک از متغیرها به صورت وزن در لایه فازی شده اعمال گردید و در نهایت عملیات جمع لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از دستور spatial analyze و دستور raster calculator نتایج را محاسبه کردیم. خروجی مراحل فوق نقشه پهنه-بندی آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه است که طیف متفاوتی از خطر را نشان می‌دهد. به منظور رده‌بندی آسیب پذیری، نقشه تهیه شده بر پایه مقادیر به‌دست آمده برای پیکسل‌های موجود در نقشه، عملیات طبقه‌بندی (reclass) صورت گرفت و منطقه ۱ تهران به سه کلاس آسیب پذیری یعنی کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی شد. به این‌ترتیب نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری به دست می‌آید (شکل ۱۳).

www.SID.ir



شکل ۱۳: نقشه پهنه‌بندی آسیب پذیری منطقه یک کلان شهر تهران

نتایج جدول ۵ درصد رده‌های آسیب‌پذیری در مساحت کل منطقه یک تهران براساس نظرات کارشناسان نشان می‌دهد، که رده متوسط با ۵۴/۵۹ درصد بیشترین مساحت منطقه و رده زیاد ۲۸/۲۲ درصد از منطقه را در برگرفته است که در محلات (گلابدره، دربند، زعفرانیه، تجریش، امامزاده قاسم، کاشانک، چیذر، دارآباد، شهرک غرب، باغ فردوس، قیطریه، گلابدره، جماران، ازگل، اراج، حکمت، دزاشیب و حصار بوعلی) مشاهده می‌شود در حالی که رده کم با ۱۷/۲۰ درصد کمترین مساحت منطقه یک کلان‌شهر تهران را در بر گرفته است.

جدول ۵: درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر رده در مساحت کل منطقه یک کلان‌شهر تهران

آسیب‌پذیری	رده کم	رده متوسط	رده زیاد
۱	۲/۱۹	۴/۸۴	۰/۴۵
۲	۱/۰۷	۵/۵۸	۰/۹۰
۳	۲/۴۱	۶/۴۹	۳/۷۴
۴	۳/۶۲	۵/۴۳	۱/۸۶
۵	۴/۶۹	۶/۸۵	۱/۶۳
۶	۰/۷۷	۱/۳۰	۱/۳۴
۷	۴/۳۸	۹/۸۴	۱/۷۸
۸	۰/۹۴	۵/۴۲	۳/۰۲
۱۰	۷/۲۱	۶/۸۳	۱/۷۵

نتایج جدول ۶ درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه در کل منطقه یک کلان شهر تهران براساس نظرات کارشناسان نشان می‌دهد که بیشترین درصد مساحت (۷/۲۱) رده کم نسبت به مساحت کل منطقه در ناحیه ۱۰ و کمترین درصد (۰/۷۷) در ناحیه ۶ منطقه یک است درحالی‌که بیشترین درصد مساحت (۹/۸۴) رده متوسط نسبت به‌کل منطقه در ناحیه‌ی ۷ و کم‌ترین درصد مساحت (۱/۳۰) در ناحیه ۶ واقع شده است و بیشترین درصد مساحت رده زیاد (۳/۷۴) در ناحیه ۳ که محلات گلابدره، دربند و امام زاده قاسم را در برگرفته است و کم‌ترین درصد (۰/۴۵) در ناحیه ۱ است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶: درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه درکل منطقه یک کلان‌شهر تهران

رده آسیب‌پذیری	درصد مساحت
رده کم	۱۷/۲۰
رده متوسط	۵۴/۵۹
رده زیاد	۲۸/۲۲

مدل‌های زیادی جهت تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی (سیل، زلزله، زمین لغزش و غیره) ارائه شده است و تحقیقات مختلفی نیز چه در داخل و چه در خارج کشور صورت گرفته است. در دنیای امروز با توجه به اینکه با عدم قطعیت و اطمینان در زمینه‌های مختلف روبرو هستیم و بسیاری از متغیرهای مربوط به مسایل موجود در دنیای واقعی متغیرهای کیفی و زبانی هستند، بنابراین، در این گونه مسایل بهتر است از مدل‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده گردد. بدون شک آسیب پذیری هر منطقه‌ای در ارتباط با خصوصیات انسانی آن منطقه بوده و انعکاسی از رفتار انسان و شیوه مدیریت انسانی آن منطقه است، چرا که ساخت و ساز و اجرای اصول مهندسی در ساختمان و سازه‌های شهری به نظرات و تفکرات و شیوه مدیریت انسان بستگی دارد، پس در هر تحقیقی بایستی مدل‌های مورد استفاده با شرایط منطقه مورد مطالعه سازگاری داشته باشند، که در این راستا استفاده از نظرات مختلف کارشناسانی که با شهر و ساختمان و مخاطرات در ارتباط هستند و در تعیین معیارها و وزن دهی به آنها می‌توانند موثر بوده و موجب اطمینان نتایج شوند، می‌تواند مفید باشد. با توجه به اینکه در بسیاری از موارد با عدم اطمینان روبه رو هستیم، از مدل فازی در برآورد آسیب پذیری استفاده شده است. جهت بررسی سازگاری مدل با منطقه نیز از نظر کارشناسان سه گروه علمی شامل ژئومورفولوژِی، برنامه‌ریزی شهری، عمران (سازه) در وزندهی به معیارها استفاده گردید. نتایج بدست آمده از مدل FUZZY_AHP نشان داد منطقه مورد مطالعه آسیب پذیر است و با توجه به نتایج حاصل شده از نقشه و جداول آسیب‌پذیری می‌توان گفت که نقشه آسیب‌پذیری می‌تواند بازتاب مناسبی از وضعیت‌های هیدرولوژی، اجتماعی، فیزیکی، اقتصادی نواحی مختلف منطقه ۱ تهران در برابر آسیب‌پذیری منتج از مخاطرات ارائه دهد. میزان آسیب‌پذیری این منطقه بر مبنای وزن‌های محاسبه شده از روش سلسله مراتبی/ فازی با استفاده از تحلیل زونی، آسیب پذیری نواحی مختلف این منطقه را براساس اولویت معیارهای بافت فرسوده، نوع کاربری، فاصله از مراکز خطر(گسل)، تراکم جمعیت بالا و شیب و غیره در برابر سیل و زلزله و زمین لغزش را نشان داد. عامل شیب یکی از پیامدهای طبیعی توپوگرافی این منطقه است. شهرهای کوهستانی، پایکوهی و یا شیب‌دار و یا شهرهای مستقر در دامنه‌های دره‌ای و مخروط افکنه‌ها معمولا و ضمن اینکه شیب عمومی آن‌ها در یک جهت است، در جهات مختلف نیز دارای شیب هستند. وجود این شیب‌ها اگرچه از بعضی جهات مانند زیبایی شهر، جلوگیری از انباشت مواد تخریبی در سطح شهر و یا شستشوی طبیعی معابر توسط رواناب (به هنگام بارندگی) و غیره حائز اهمیت است ولیکن شیب سطح شهرها بالاخص شیب‌های بحرانی و بیش از اندازه می‌تواند مشکلاتی نظیر وقوع سیل، دشواری حمل و نقل درون شهری، اختلال در احداث بناها و تأسیسات، حرکات و

Archive of SID

www.SID.ir

دینامیک‌های دامنه‌ای مخرب و امثال آن را به بار آورد (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۱) این در حالیست که مهم‌ترین رودخانه‌هایی که سکونتگاه‌های شهر تهران و این منطقه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و همواره یک عامل خطرساز از نظر سیلاب محسوب می‌شوند، رودخانه‌های شمال تهران می‌باشند، این رودخانه‌ها علی‌رغم میانگین دبی کم، از جریانات سیلابی نسبتاً بالایی برخوردار هستند که می‌تواند عامل ایجاد سیلاب‌های شدید در مناطق پایین‌دست گردد طی سال‌های ۱۳۴۸ تا ۱۳۶۱ تعداد ۲۱ سیل در شمال تهران رخ داده که موجب مرگ ۲۵ نفر شده است هم‌چنین در فاصله سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۴ تعداد ۱۲ سیل در این منطقه رخ داده که تلفات جانی نیز به دنبال داشته است (نوروزی و همکاران، ۲۰۱۷). از این‌رو منطقه ۱ تهران که در راستای رودخانه‌های شمال تهران از جمله رودخانه مقصود بیگ که سکونتگاه‌های زیادی در بستر آن قرار گرفته و وقوع سیلاب‌هایی که زمینه خسارات زیادی را فراهم می‌کند، رودخانه‌ی درکه که تقریباً همه‌ساله جریان‌های سیلابی با شدت و ضعف‌های مختلف در آن رخ می‌دهد و رودخانه‌ای فرحزاد و کن و دربند که برآورد شده که ۲۱۵۰ نفر در رویداد سیل عظیم سال ۱۳۳۳ و ۳۰۰ نفر در سیل سال ۱۳۶۶ حوضه آبخیز دربند کشته شدند، از طرفی این منطقه به علت عبور گسل های متعدد اصلی و فرعی یکی از حساس ترین و آسیب پذیرترین مناطق تهران به شمار می‌رود و عواملی چون گسل‌های زلزله خیز، آب، شیب زیاد منطقه و فرسایش از عوامل وقوع یا پتانسیل زمین لغزش در این منطقه به ویژه در هنگام وقوع زلزله می‌باشند که بیشتر منطبق بر قسمت‌های شمالی و مرکزی محدوده و مناطق دامنه‌ای مسلط بر منطقه یک می‌باشند و هرچه از بالادست به شمال به سمت پایین دست و جنوب حوضه‌های آبخیز منطقه یک حرکت کنیم از میزان خطر زمین لغزش کاسته می‌شود هرکدام از موارد فوق تهدید جدی و مهمی برای منطقه ۱ تلقی می‌شود. وجود بافت فرسوده در منطقه که بیشترین مساحت آن را بافت ناپایدار در برگرفته، تراکم جمعیت بالا، فضای سبز ناچیز و درصد بالای کاربری شهری و مسکونی با سطوح نفوذ ناپذیر در این منطقه، آسیب پذیری ناشی از مخاطرات محیطی را در در مواجهه با عوامل محیط طبیعی دوچندان می‌کند (جدول ۷ و ۸).

جدول ۷: مشخصات بافت فرسوده منطقه یک کلان شهر تهران

نوع بافت	مساحت (KM^2)	درصد مساحت
ناپایدار	۶/۱۰	۱۷/۵۴
بدون شرط	۲۵/۳۸	۱۷/۹۴
ناپایدار-ریزدانه	۱/۳۱	۳/۷۷
ریزدانه	۱/۱۴	۳/۲۷
ناپایدار- ریزدانه نفوذناپذیر	۰/۶۲	۱/۷۹
نفوذناپذیر	۰/۰۷	۰/۲۱
ناپایدار-نفوذناپذیر	۰/۱۷	۰/۴۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸: مشخصات کاربری منطقه یک کلان شهر تهران

نوع کاربری	مساحت (KM^2)	درصد مساحت
فضای باز	۲/۲۱	۸/۴۳
آموزشی	۱/۹۶	۷/۴۷
تجهیزات شهری	۲/۵۲	۹/۶۰
درمانی- اجتماعی	۰/۶۰	۲/۲۷
مسکونی- اداری	۱۶/۲۸	۶۲/۰۴
سایر	۲/۶۷	۱۰/۱۹

نتیجه گیری

توجه به اهمیت شناسایی عوامل خطرآفرین و محدودیت ساز در برنامه‌ریزی توسعه کاربردی و اقتصادی منطقه یک کلان‌شهر تهران، روش مطالعه و تحلیل مبانی با نظر کارشناسانه و بهره‌گیری از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی قرار گرفت و باروی هم‌گذاری لایه‌های مختلف، نقشه به دست‌آمده نشان می‌دهد که ۲۸/۲۲ درصد از منطقه در رده آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد که مناطق با آسیب‌پذیری زیاد بیشتر ناحیه ۳ و محلات گلابدره، دربند و امام زاده قاسم را در بر می‌گیرد که در تأکید بر تمرکز شدت آسیب‌پذیری زیاد در این ناحیه، مراجعه به نقشه‌های موضوعی آسیب‌پذیری علل آن را به‌وضوح آشکار می‌کند که در راستای مسیل‌های دربند و گلابدره قرار گرفته که بیشترین بافت منطقه ناپایدار و کاربری مسکونی–اداری با تراکم جمعیت بالا و سطح نفوذپذیر کم که گسل‌های چون گسل شمال تهران از آن گذشته و خالی از کاربری خدماتی و امدادی است. این درحالیست که بیشترین مساحت آن را کاربری مسکونی-اداری در برگرفته است به نحوی که کاربری‌هایی که مرتبط با ساخت و سازهای شهری در منطقه بوده و به علت نفوذپذیری کمتر، نقش بیشتری در تولید رواناب و در نتیجه سیل‌خیزی داشته‌اند از طرفی بیشترین مساحت این ناحیه را بافت ناپایدار با تراکم ساختمان‌هایی که تراکم جمعیت بالایی را در برگرفته است، شامل می‌شود که در مسیر مراکز خطر (گسل شمال تهران) واقع شده است که گسلی لرزه‌خیز است که تجربه مخاطرات زیادی را داشته است و به علت شیب‌های تند و تغییرات شدید توپوگرافی، فعالیت‌های زمین ساختی، گسلش، بارندگی و آب‌های سطحی فراوان، آب‌وهوای سرد و یخبندان‌های زمستانی و تراکم بالای ساختمان‌ها خطر وقوع انواع مختلف زمین‌لغزش‌ها (درکه، ولنجک، دربند، سعدآباد، گلابدره، جمشیدیه، جمشیدیه میانی و پایین، دارآباد، باقلازار و ازگل) بسیار زیاد است. در نهایت با وجود علایم موجود در احتمال وقوع مخاطرات سیل و زلزله و زمین‌لغزش، تمامی این مسائل می‌تواند موجب ایجاد خسارت و تخریب زیرساخت‌ها در منطقه یک کلان‌شهر تهران گردد و می‌تواند به‌عنوان مانع و محدودکننده‌ی توسعه و امنیت، رفاه و آسایش شهروندان گردد. با توجه به نقشه نهایی به دست آمده از پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و در راستای توسعه و امنیت شهری، ضمن شناسایی پهنه‌های خطر باید از ساخت‌وساز در محدوده با خطر زیاد و حریم و مسیل‌ها و رودره‌های متعدد در منطقه یک (درکه، ولنجک، دربند، سعدآباد، گلاب دره، جمشیدیه و ...) و در مسیر گسل‌ها ممانعت به عمل آید و بایستی همه کاربری‌های مختلف شهری از جمله کاربری‌های مسکونی با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مهندسی پایدار شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

پانوشت

1-Analytic Hierarchy Process
2-Fuzzy comprehensive assessment
3-Simple fuzzy classification
4-Fuzzy similarity method

منابع

-احد نژاد، م.، ۱۳۸۹. ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر زنجان)، مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره ۷، ص ۷۱-۹۰.

-پور قاسمی، ح.، محمدی، م.، مرادی، ح. و عقدا، م.، ۱۳۸۶. کاربرد روابط فازی در تحلیل خطر زمین‌لغزش، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشگاه فنی تهران، ص ۴-۵.

-پور موسوی، م.، شماعی، ع.، احد نژاد، ع.، عشقی چهار برج، ع. و خسروی، س.، ۱۳۹۳. ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر با مدل Fuzzy AHP و GIS (مطالعه موردی: منطقه ۳ شهرداری تهران)، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۴، ص ۱۲۱-۱۳۸.

-جعفری، م.، ۱۳۸۱. ریزپهنه بندی لرزه‌ای شمال تهران از دیدگاه شرایط ساختگاه، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران.

-درفشی، خ.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات فضایی سیلاب در کلان‌شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد.

-روستایی، ش.، ۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر گسل تبریز برای کاربری‌های مختلف اراضی شهری، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، ص ۲۷-۴۱.

-زنگی‌آبادی، ع.، صفایی، ه. و قائد رحمتی، ص.، ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: مساکن شهر اصفهان)، جغرافیا و توسعه، ص ۶۱-۷۹.

-شمسی‌پور، ع. و شیخی، م.، ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فرس، با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۱۲، ص ۵۳-۶۸.

-صفاری، ا. و اخدر، آ.، ۱۳۹۱. مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: جاده ارتباطی مریوان - سنندج)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۴، ص ۷۹-۹۶.

-طرح تفضیلی منطقه یک شهر تهران، ۱۳۸۶. ۸ ص.

-قهرودی تالی، م.، پورموسوی، م. و خسروی، س.، ۱۳۹۱. بررسی پتانسیل تخریب لرزه‌خیزی با بکارگیری مدل‌های چند شاخصه (مطالعه موردی: منطقه یک شهر تهران)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۳، ص ۵۷-۶۸.

-ملکیان، آ.، افتادگان خوزانی، ا. و عشور نژاد، غ.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، ص ۱۵۲-۱۳۱.

-مهندسین مشاور و بافت شهر، ۱۳۸۴. (تهیه الگوی توسعه و طرح تفضیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه یک، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران)، ۲ ص.

-نسرین نژاد، ن.، رنگزن، ک.، کلانتری، ن. و صابری، ع.، ۱۳۹۳. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، سنجش از دور و سامانه

Archive of SID

www.SID.ir

اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شـــماره ۴، ص ۱۵-۳۴.

-نوروزی، ر.، ۱۳۹۵. آسیب‌پذیری و تحلیل ریسک سیلاب در شبکه توزیع آب منطقه یک آب و فاضلاب تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

-Aksoy, B. and Ercanoglu, M., 2012. Landslide identification and classification by object-based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Kastamonu, Turkey), Computers & Geosciences, v. 38, p. 92-97.

-Bhata, B., Sarawati, S. and Bandyopadhyay, D., 2010. Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawel, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data, Applied Geography, v. 30, p. 96-111.

-Chang, D., 1996. Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, v. 95, p. 649-655.

-Chen J., Shufang Zhao, Huimin Wang, 2011. "Risk Analysis of Flood Disaster Based on Fuzzy Clustering Method" Energy Procedia, v. 5, p. 1915-1919.

-Egger, S., 2005. Determining a sustainable city model, Environmental Modeling & Software.

-Gorsevski, P.V., Jankowski, P. and Gelssler, P.E., 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, v. 35, p. 1-26.

-Messer, Y., 2003. Impact of Remote Sensing & GIS in Management of Cities Futures, Translated by Email Youssef, Urban Management Quarterly, v. 15, p. 120-134.

-Murat, E. and Candan, G., 2003. Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (west black sea region, turkey), Engineering geology, v. 75, 24 p.

-Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L. and Rath, B., 2008. Flood Risk Analysis in the Kosi River Basin, North Bihar Using Multi-Parametric Approach of Analytical Hierarchy Process (AHP), Journal of Indian of Remote Sensing, v. 36, p. 335-349.

-Srinivas, V.V., Tripathia, Sh., Rao, A.R. and Govindaraju, R.S., 2008. "Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering" Journal of Hydrology, v. 348, p. 148-166.

-Todini, E., 1999. An Operational Decision Support System for Flood Risk Mapping, Forecasting and Management, Journal of Urban Water, v. 1, p. 131-143.

-United Nations settlements program me (UN-HABITAT), 2003. the challenge of slums: global report on human settlements, London: Earth sca.

-Willett, K. and Sharda, R., 1991. Using the Analytic Hierarchy Process in Water Resources Planning: Selection of Flood Control Projects, Journal of Socio-Economic Planning Sciences, v. 25, p. 103-112.

Archive of SID

www.SID.ir