پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهری در مخاطرات طبیعی با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY-AHP

(مطالعهٔ موردی: منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران)

رعنا نوروزی طیولا[1]، محمدمهدی حسین‌زاده[2]

۱. نویسندهٔ مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Email:ra.norouzi@yahoo.com

۲. دانشیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دریافت: ۹۶/۳/۵ پذیرش:۹۷/۴/۲۴

چکیده

مقدمه: عوامل طبیعی همواره در طول تاریخ و در نقاط مختلف جهان خطرهایی به محیط‌های طبیعی تحمیل کرده‌اند. بروز بحران‌های طبیعی ازجمله زلزله، سیل، طوفان، ریزش و لغزش زمین، موجب بروز خسارت‌های جانی و مالی زیادی شده است. منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران از جمله مناطقی است که به دلیل تغییر کاربری، افزایش جمعیت، شهرسازی، عبور گسل‌های فرعی و اصلی و قرارگیری در مسیر رودخانه‌های شمال تهران پتانسیل بالایی در بروز مخاطرات طبیعی به ویژه زلزله، سیل، رانش و لغزش زمین دارد که به لحاظ مخاطرات شهری برای برنامه‌ریزان نوعی چالش می‌باشد.

روش: در این مطالعه سعی شد با به‌کارگیری داده‌های حاصل از مدل‌سازی، معیارها و لایه‌های مؤثر محیطی با روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فازی به‌دست آید، نتایج نیز با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice تحلیل شود و به کمک تحلیل فضایی بالای سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) میزان آسیب‌پذیری محیطی ناحیه پهنه‌بندی گردد.

یافته‌ها: بنابر نتایج، میزان آسیب‌پذیری منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران با مدل ترکیبی AHP-FUZZY بر مبنای وزن‌های محاسبه‌شده تعیین شد و نواحی ۲ و ۶ و ۸ آسیب‌پذیرترین بخش‌های شهر و نواحی ۳ و ۷ و ۹ کمترین آسیب‌پذیری را در برابر وقوع مخاطرات محیطی داشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از خروجی مدل نشان داد که از وسعت ۲۵۵۸/۲۸ هکتار منطقهٔ دو،۴۹/۳۳ درصد وضعیتی با ریسک کم و ۳۹/۹۳ درصد ریسک متوسط و ۱۰/۷۴ درصد با ریسک زیاد قرار دارد. در واقع در منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران، عواملی چون ساخت‌وساز شهری غیراصولی بدون توجه به شبکهٔ زهکشی باعث افزایش سطوح غیرقابل نفوذ یا با نفوذپذیری کم در بارش‌ها و ازدیاد روان‌آب می‌شود. عوامل دیگری همچون عبور گسل‌های شمال تهران، نیاوران، داوودیه و...، و همینطور تراکم بالای جمعیت، شیب زیاد منطقه و فرسایش، احتمال وقوع زمین‌لغزش را به دلیل وجود بافت ناپایدار در بیشترین مساحت این منطقه بالا می‌برد. البته بخش‌های میانی منطقه، به دلیل وجود فضاهای باز شهری و نبود کاربری خاص، از مطلوبیت بیشتری برخوردارست.

کلمات کلیدی: مخاطرات‌محیطی، آسیب‌پذیری، FUZZY_AHP، منطقهٔ دو تهران

مقدمه

آسیب‌پذیری فرایندی است که پایداری اجتماع را برای رویارویی و برخورد با رخدادها کاهش می‌دهد. به بیان دیگر آن میزان توانایی سیستم اقتصادی-اجتماعی و فیزیکی جوامع و همچنین آمادگی و انعطاف‌پذیری آنها را در برابر فشارهای مخاطرات طبیعی نشان می‌دهد. [۳۰،۱۷،۱۴]

همه‌ساله مخاطرات طبیعی خسارت‌های گسترده‌ای را به‌ویژه در کشورهای رو به توسعه به دنبال دارد. شواهد موجود نیز حاکی از افزایش انواع بحران‌های طبیعی از نظر شدت و فراوانی است. [۱۸] به طوری که از دهۀ ۱۹۷۰ به بعد، تعداد افراد متأثر از حوادث و میزان زیان‌های اقتصادی ناشی از پدیده‌های طبیعی به طور چشمگیر افزایش پیدا کرده است. [۲۹]

کاهش خسارات جبران ناپذیر بحران‌های طبیعی در ایران نیازمند شناخت صحیح علل و راه‌حل‌های کاهش آنهاست. در این ارتباط، امروزه آسیب‌پذیری تعیین‌کنندۀ اصلی بحران معرفی می‌شود. [۱۹]

درحال حاضر نیمی از جمعیت ۶ میلیاردی کرۀ زمین ساکن شهرها هستند و طبق پیش‌بینی در ۳۰ سال آینده، ۴/۲ میلیارد نفر ساکن شهر می‌شوند. [۳۱]

جدا از افزایش مخاطرات طبیعی طی دهه‌های گذشته، افزایش قربانیان به دلیل آسیب‌پذیری جوامع شهری افزایش یافته است. [۳۲]

براساس برآوردها حدود ۹۵ درصد از کل قربانیان مخاطرات طبیعی در جهان از جوامع در حال توسعه جهان هستند و تلفات ناشی از این گونه حوادث در این کشورها دو برابر بیشتر از حوادث مشابه در جوامع توسعه یافته است [۲۲] که کشور ایران به ویژه کلان‌شهر تهران از این قاعده مستثنی نیست. از مهم‌ترین دغدغه‌های شهر تهران در رویارویی با مخاطرات سیل و زلزله و زمین‌لغزش و غیره به دلیل قرار گرفتن گسل‌های فعال در اطراف و درون آن و وجود مسیل‌های شمال تهران است که این شهر را در معرض مخاطرات طبیعی قرار می‌دهد. [۶]

آسیب‌پذیری محیطی مانند بسیاری دیگر از پدیده‌های طبیعی پارامترهای مؤثر گوناگون، غالباً کیفی و پیچیده‌ای دارد که تصمیم‌گیری در مورد آنها را به دلیل نقش متفاوت و میزان اثربخشی هرکدام از پارامترها، کیفی‌بودن برخی و یکسان‌نبودن معیار سنجش با مشکل مواجه می‌سازد. به‌طوری‌که در فرایند مطالعه، تصمیم‌گیری چند معیاره با دو مشکل اصلی روبه‌روست:۱) نبود استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی؛ ۲) نبود واحد برای تبدیل معیارها (اعم از کمّی یا کیفی) به یکدیگر. [۲۰]

برای حل مشکل یا کاهش خطا، روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده‌اند که مزایا و معایبی دارند [۲۵]

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تبدیل معیارهای کیفی به کمّی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP[1]) است که به کمک آن می‌توان درخت سلسله‌مراتبی (هدف، معیارها و گزینه‌ها)، مقایسۀ زوجی معیارهای مختلف، نرمال‌سازی و تلفیق کلی نتایج را انجام داد. [۱۱ و۱۲]

برای نرمال‌سازی واحدهای معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری روش‌های مختلفی ارائه شده است که

[1] Analytic Hierarchy Process

روش طبقه‌بندی فازی از مهم‌ترین و معتبرترین آنهاست.

الگوریتم‌های منطق فازی که برای اولین بار پروفسور لطفی‌زاده [۳۴ و ۳۵] آن را معرفی کرد، از جمله مدل‌های هوشمندی است که برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها، شاخص‌ها و سیستم‌های نامشخص و مبهم را صورت‌بندی ریاضی بخشد و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن فراهم آورد. [۲۵]

در مطالعهٔ موجود با توجه به بررسی‌ها و اطلاعات وضع موجود، از روش ارزیابی چند معیاری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای درجه‌بندی میزان اهمیت عوامل‌شناسایی شده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این مدل امکان فرموله‌کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی نیز در مسئله وجود دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیار و زیرمعیارها را دارد. علاوه براین، بر مبنای مقایسهٔ زوجی بنا نهاده شده، قضاوت و محاسبه را تسهیل و مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. بر پایه پژوهش‌ها و مطالعات قبلی می‌توان به کارایی این مدل در آسیب‌پذیری منطقهٔ مورد مطالعه پی برد.

پورموسوی و همکاران در تحقیقی به ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر با مدل Fuzzy AHP و GIS در منطقهٔ ۳ شهرداری تهران پرداخته است، نتایج این پژوهش نشان داد بالاترین میزان آسیب‌پذیری براساس تعداد ساختمان‌ها به ترتیب در نواحی۲،۳،۵،۴،۱و۶ منطقهٔ ۳ وجود دارد و مهم‌ترین دلایل این وضعیت استفاده از مصالح بی‌دوام و کم مقاوم در ساخت‌وسازها، بالابودن عمر ساختمان‌ها، مکان‌یابی ساخت‌وسازها در زمین‌های ناپایدار، عدم رعایت استانداردهای ساخت‌وساز است. [۱]

پژوهش کریمی و همکاران با عنوان ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ترکیبی-FUZZY AHP در راستای توسعه و امنیت شهری در منطقهٔ یک کلان‌شهر تهران نشان داد که مناطق با خطر خیلی زیاد و زیاد بیشتر بر قسمت‌های دامنه‌های شمالی و مرکزی محدوده و مناطق دامنه‌ای مسلط بر منطقهٔ یک منطبق می‌باشند. به‌طور کلی، هرچه از بالادست و شمال حوضه‌ها به سمت پایین‌دست و جنوب آبخیزهای منطقهٔ یک حرکت کنیم، میزان خطر لغزش زمین کاسته می‌شود. [۷]

نسرین نژاد و همکاران پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) را انجام داده است. بر پایه مطالعهٔ فوق حدود ۲۲ درصد محدودهٔ حوضه آبریز مورد مطالعه را پهنه‌های سیل‌خیز خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در برگرفته است و به دلیل اینکه بیشترین نقش را در تولید روان‌آب دارند، عملیات‌های آبخیزداری در این مناطق در اولویت هستند. [۹]

رعنا نوروزی در یک طرح پژوهشی به پهنه‌بندی و تحلیل ریسک تأسیسات آب منطقهٔ یک آب و فاضلاب در مقابل پرداخت. ابتدا زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقهٔ تحقیق، تعریف و به روش FUZZY-AHP وزن‌دهی شدند و در نتیجه میزان تأثیر هر کدام بر آسیب‌پذیری شاخص‌های مورد نظر با به‌کارگیری مدل TOPSIS مدل‌سازی شدند. نتایج نشان داد مسیل‌های شمال تهران عامل اصلی آسیب‌پذیری تأسیسات این منطقه می‌باشد. [۱۰]

سیرینیواس[1] و همکاران برای تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای روشی مرکب از نقشهٔ عوارض خود سازمان یافته و الگوریتم c-mean خوشه‌بندی فازی را به‌کارگرفته و کارایی این روش را در حوضه‌های آبخیز ایالت ایندیانای آمریکا بررسی کردند. با توجه به نتایج، روش تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای با روش‌های مبنی بر تحلیل رگرسیونی و همبستگی چندمتغیره قابل مقایسه است. [۲۸]

سینها[2] و همکاران با استفاده از مدل AHP در رودخانهٔ کوسی، واقع در شرق هندوستان، به تهیهٔ نقشهٔ خطر سیلاب با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، توپوگرافی و تراکم جمعیت اقدام کردند. [۲۷]

با استفاده از رویکرد چندمعیاره به تهیهٔ نقشه ریسک سیل‌خیزی برای رودخانه مولد در آلمان اقدام شد. در این مطالعه از دو قانون تصمیم‌گیری چندمعیاره مختلف و یک رویکرد اضافه وزن‌دار، برای ارزیابی خطر سیل در منطقه استفاده شده است. [۲۳]

باهاتا و همکاران به بررسی محرکه‌های رشد شهری در درهٔ کادمانـدو و با استفاده از فرایند آنالیز سلسله‌مراتبی پرداخته که در این روش با استفاده از مدل AHP محرکه‌های فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر توسعهٔ شهر برای سه ناحیهٔ هسته، حاشیه و نواحی روستایی را بررسی کردند. [۱۶]

کین[3] و همکاران در بزرگراه‌های منطقهٔ فیولینگ چین با توجه به معیارهای زمین‌شناسی، شدت بارش، فراوانی سیلاب، ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی، به پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. [۲۱]

اکسوی و ارکانگلو برای تشخیص نواحی حساس به زمین‌لغزش در غرب دریای سیاه از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و منطق فازی برای شناسایی زمین‌لغزش‌های این ناحیه استفاده کردند. آنها با استفاده از تکنیک جداسازی و ۱۰ عامل تأثیرگذار همراه با ۷۰ زمین‌لغزش رخ‌داده به بررسی و ترسیم نقشهٔ پهنه‌بندی منطقه با کمک ۵ تابع عضویت فازی برای طبقه‌بندی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده روی تصویر سنجنده ETM پرداختند. با توجه به نتایج عملگر فازی از نظر دقت نسبت به سایر توابع عضویت فازی با وضع موجود تطابق بیشتری دارد. [۱۳]

هدف پژوهش حاضر، شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد مخاطره و تعیین مناطق با پتانسیل آسیب‌پذیری در منطقهٔ ۲ کلان‌شهر تهران و اهمیت به‌کارگیری مدل AHP_FUZZY است. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری محیطی با استفاده از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام

[1] Srinivas
[2] Sinha
[3] Qin

می‌شود و تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر برای منطقهٔ دو تهران با استفاده از GIS از طریق ارزش‌گذاری به لایه‌های اطلاعاتی صورت می گیرد.

روش تحقیق

منطقهٔ دو تهران از شمال به محدودهٔ قانونی شهر در دامنهٔ جنوبی البرز، از جنوب به خیابان آزادی، از شرق به بزرگراه چمران و مسیل درکه و از غرب به بزرگراه محمدعلی جناح، بلوار اشرفی اصفهانی و مسیل فرحزاد محدود می‌گردد. (شکل شمارهٔ ۱) وسعت این منطقه ۴۷۶۳ هکتار بوده که جمعیتی بالغ بر ۶۰۶۷۳۴ نفر را در خود جای داده است. این منطقه دارای ارزش والای محیط طبیعی، زیست، وجود فضاهای سبز و باز مناسب و رود دره‌ها و دامنه‌های کوهستانی است. [۴]

با توجه به موقعیت منطقه در دامنهٔ رشته کوه‌های البرز، حدفاصل رودخانهٔ درکه و ناحیهٔ فرحزاد، تقریباً همه‌ساله جریان‌های سیلابی با شدت و ضعف‌های مختلف در آن رخ می‌دهد. محدودهٔ شمال تهران به دلیل وسعت حوضه‌های بالادست، شیب زیاد و افزایش شدت و حجم بارش نسبت به سایر نواحی تهران، تسطیح زمین و عدم کفایت مسیل‌ها در هدایت جریان آب با مشکل روان‌آب‌های شدیدی در هنگام بارندگی مواجه می‌شود [۹] و به دلیل عبور گسل‌های متعدد یکی از مناطق حساس تهران به شمار می‌رود. [۶]

برای بررسی و مطالعه دقیق‌تر و ارزیابی آسیب‌پذیری در منطقهٔ یک کلان‌شهر تهران، با دیدگاه توصیفی-تحلیلی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی با ترکیب دو مدل AHP و منطق فازی و GIS به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقهٔ دو تهران اقدام شد. مراحل انجام این کار به شرح زیر است:

۱) تعیین معیار و زیر معیارهای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقهٔ یک کلان‌شهر تهران

۲) ارزش‌دهی به معیارها و زیر معیارها

۳) تهیه نقشه استاندارد شده

۴) بهینه‌سازی لایه‌های اطلاعاتی بر اساس منطق فازی (استانداردسازی یا فازی‌سازی)

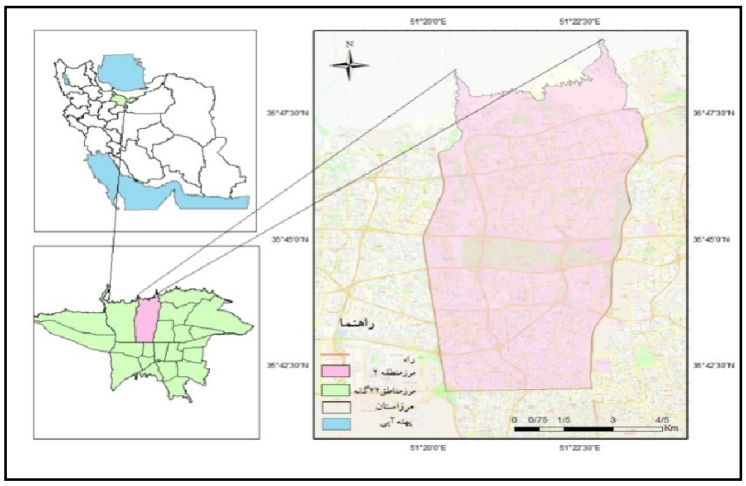
۵) محاسبه نرخ ناسازگاری

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

۷) پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقهٔ یک تهران

تعیین معیار و زیرمعیارهای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری

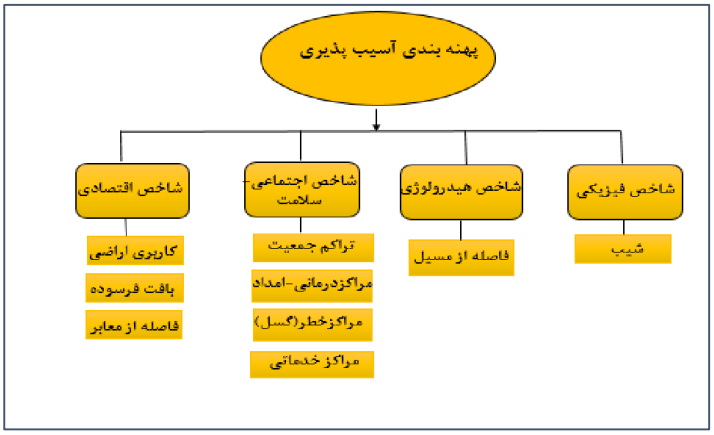
بر اساس مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در مورد خطر، عوامل بسیاری در وقوع خطر نقش دارند. بر اساس نظر کارشناسان با توجه به ویژگی‌های منطقهٔ دو شهرداری تهران، مهم‌ترین عواملی که در بررسی میزان آسیب‌پذیری محیطی منطقه حائز اهمیت است شامل فاصله از گسل، فاصله از مراکز درمانی (مراکز امداد، مدیریت بحران، آتش‌نشانی، بیمارستان)، فاصله از مراکز خدماتی، فاصله از شبکهٔ زهکشی، فاصله از معابر، کاربری، بافت فرسوده، وضعیت شیب زمین و تراکم جمعیت سال ۱۳۸۵ است. (شکل شمارهٔ ۲)



شکل شمارهٔ ۱: منطقهٔ مورد مطالعه

جدول شمارهٔ شمارهٔ ۱: رابطهٔ معیارها و آسیب‌پذیری

معیار	فروض وزن‌دهی	نوع رابطه	نوع تابع فازی‌شده
فاصله از مراکز خطر(گسل)	هرچه فاصله از مراکز خطر بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر	معکوس	linear
فاصله از مراکز درمانی	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 شبکهٔ زهکشی	هرچه فاصله از شبکهٔ زهکشی بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر	معکوس	linear
فاصله از معابر	عرض معابر بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر	مستقیم	linear
کاربری	نوع کاربری براساس نوع نفوذپذیری، مساحت مؤثر در آسیب‌پذیری	مستقیم	linear
بافت فرسوده	بافت مقاوم‌تر آسیب‌پذیری کمتر	مستقیم	linear
تراکم جمعیت	هرچه تراکم جمعیت بیشتر آسیب‌پذیری بیشتر	مستقیم	linear
شیب	هرچه شیب بیشتر آسیب‌پذیری بیشتر	مستقیم	linear



شکل شمارهٔ ۲: فهرست معیار و زیرمعیارهای مؤثر در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری

ارزش‌دهی و اولویت‌بندی به معیارها

این مرحله با تهیه پرسشنامه‌ای برای تعیین معیارها و اولویت‌بندی آن‌ها، با استفاده از روش Fuzzy_AHP طراحی و سپس معیارها توسط کارشناسان (عددی بین ۱ تا ۹) امتیازدهی و اهمیت این معیارها مشخص شد؛ بنابراین برآیند امتیازات و وزن‌های به‌دست‌آمده، ملاک تعیین میزان اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها قرار گرفت.

تهیهٔ نقشه استاندارد شده

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

بهینه‌سازی لایه‌های اطلاعاتی بر اساس منطق فازی (استانداردسازی یا فازی‌سازی)

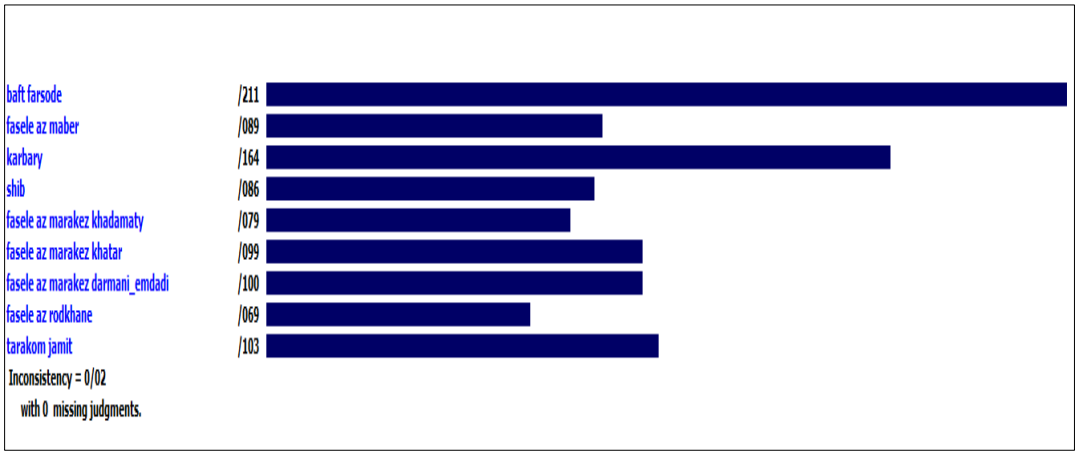
برای بهینه‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، نخست ۱۰ متغیر تحقیق آماده‌سازی و رابطهٔ معیار و آسیب‌پذیری به شرح جدول شمارهٔ ۱ تنظیم شد. در ادامه فازی‌سازی لایه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تهیه نقشه‌های فازی، با استفاده از دستور fuzzy membership در نرم‌افزار ArcGIS10 انجام‌شد.

تعیین وزن هر لایه و محاسبه نرخ ناسازگاری

مرحلهٔ بعد از مقایسهٔ زوجی پارامترها، محاسبهٔ وزن زیرمعیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری (۰/۰۲) است که در این پژوهش توسط نرم‌افزار Expert choice انجام شد. متغیرهای مؤثر در آسیب‌پذیری که شامل بافت فرسوده، کاربری، فاصله از مراکز خطر، فاصله از مراکز درمانی، تراکم جمعیت، فاصله از معابر، شیب، فاصله از مراکز خدماتی و فاصله از مسیل (رودخانه) است که برای تعیین وزن کلی، اولویت‌بندی آنها براساس روابط موجود در ماتریسی به ابعاد ۹×۹ برای مقایسه دو به دو متغیرها انجام و ارجحیت آن‌ها تعیین شد که در شکل شمارهٔ ۳ و جدول شمارهٔ ۲ نشان داده شده است.

جدول شمارهٔ۲: مقایسات زوجی به‌دست‌آمده برای شاخص‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

	baft farsod	fasele az m	karbary	shib	fasele az m	fasele az m	fasele az m	fasele az r	tarakom ja
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								



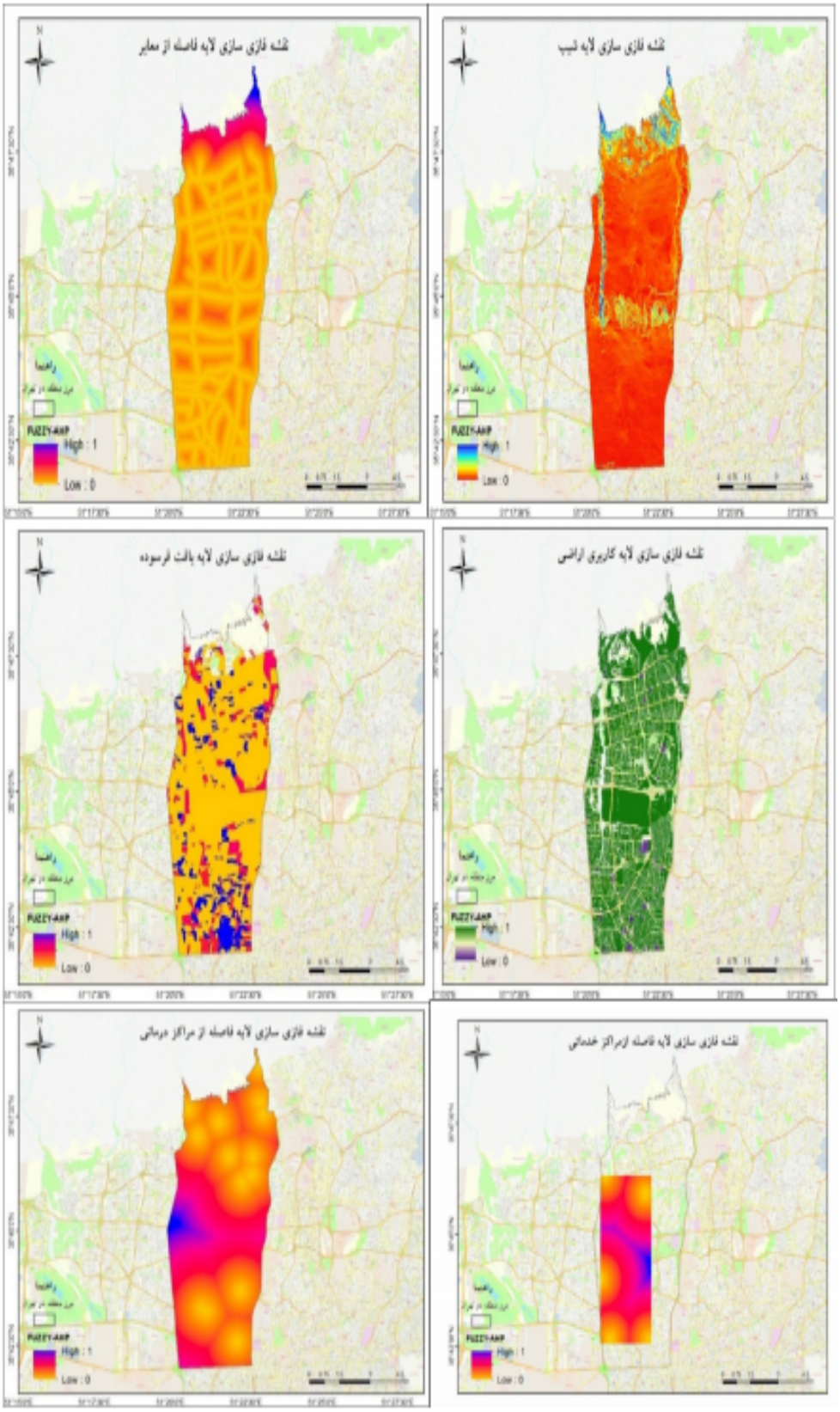
شکل شمارهٔ ۳: وزن نهایی به‌دست‌آمده برای شاخص‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

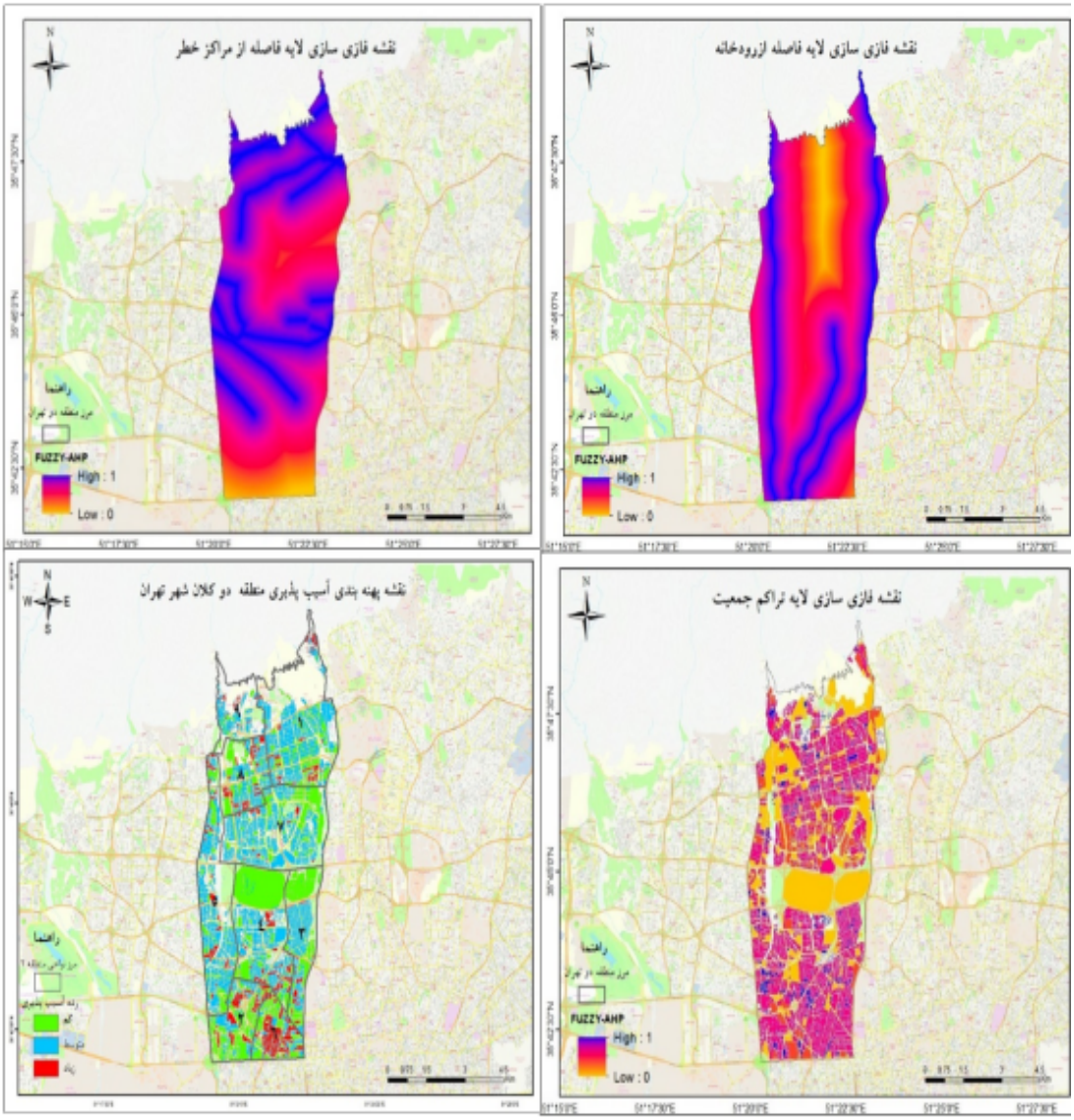
یافته‌ها

شناخت شرایط طبیعی بسترهای شهری از جمله زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیمی و زیست‌محیطی از ضرورت‌های مدیریت شهری است. وجود گسل های به ویژه در زمین‌های آبرفتی و گسترش بی‌رویهٔ شهرهای بزرگ و ایجاد سازه‌های سنگین، ناپایداری بسترهای شهری را تشدید می‌کند و تغییراتی در سامانهٔ طبیعی محیط ایجاد کرده و مورفولوژی شهری را دچار تحول می‌کند. [۳]

بستر شهر تهران با ضخامت بیش از ۵۰۰ متر از نهشته‌های کواترنری، گسل‌های عمیق، نشست و رانش زمین و سیستم زهکشی نامنظم و ساخت‌وساز ناکارآمد و سطوح نفوذناپذیر، مستعد تخریب ناشی از وقوع زمین‌لرزه و سیلاب است. [۲] 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 بررسی‌های انجام شده بین حرکات دامنه‌ای، زمین‌لغزش‌ها 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 تأسیسات انسانی، مطالعهٔ دقیق پتانسیل تخریب را در مناطق ۲۲ گانهٔ تهران ضروری می‌کند. [۵]

با توجه به ویژگی‌های منطقه دو شهرداری تهران، مهمترین عواملی که در بروز و آسیب‌رسانی خطر در این منطقه تأثیردارند شامل کاربری اراضی، فاصله از مراکز خدمات شهری، فاصله از مراکز خطر، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مسیل، عرض معابر، تراکم جمعیت، بافت فرسوده، شیب زمین است. لایه‌های مرتبط با هر یک از متغیرها در ابتدا به صورت رستری تهیه و در ادامه دامنه ارزش هر پیکسل به روش فازی استانداردسازی شده و مقادیر آنها یکسان‌سازی و در دامنه صفر تا یک قرار گرفت. (شکل شمارهٔ ۴)


نقشه فازی سازی لایه فاصله از معابر
نقشه فازی سازی لایه شیب
نقشه فازی سازی لایه بافت فرسوده
نقشه فازی سازی لایه کاربری اراضی
نقشه فازی سازی لایه فاصله از مراکز درمانی
نقشه فازی سازی لایه فاصله ازمراکز خدماتی
FUZZY-AHP
High : 1
Low : 0



شکل شمارهٔ ۴: نقشه های فازی سازی لایه های آسیب پذیری منطقهٔ دو کلان شهر تهران

به منظور پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقهٔ دو تهران، اهمیت محاسبه‌شده برای هر یک از متغیرها به صورت وزن در لایهٔ فازی شده اعمال گردید و در نهایت عملیات جمع لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. خروجی مراحل فوق نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقهٔ مورد مطالعه است که طیف متفاوتی از خطر را نشان می‌دهد. به منظور رده‌بندی آسیب‌پذیری، نقشهٔ تهیه شده بر پایه مقادیر به‌دست آمده برای پیکسل‌های موجود در نقشه، عملیات طبقه‌بندی صورت گرفت و منطقهٔ ۲ تهران به سه رده آسیب‌پذیری (کم، متوسط و زیاد) تقسیم‌بندی شد. نقشه آسیب‌پذیری منطقهٔ دو تهران نشان می‌دهد که ردهٔ متوسط با ۴۹/۳۳ درصد بیشترین مساحت منطقهٔ آسیب‌پذیر و ردهٔ زیاد با ۱۰/۷۴ درصد کمترین مساحت آسیب‌پذیر منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران را دربر گرفته است. (جدول شمارهٔ ۳)

جدول شمارهٔ ۳: درصد رده‌های آسیب‌پذیری در مساحت کل منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

رده آسیب‌پذیری	درصد مساحت
رده کم	۳۹/۹۳
رده متوسط	۴۹/۳۳
رده زیاد	۱۰/۷۴

جدول شمارهٔ ۴: درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه در مساحت آن ناحیه در منطقهٔ دو کلان‌شهر

آسیب‌پذیری	رده کم	رده متوسط	رده زیاد
۱	۴/۲۰	۹/۷۹	۱/۰۹
۲	۴/۹۶	۲/۱۹	۱/۶۹
۳	۵/۶۱	۴/۲۲	۰/۵۱
۴	۱۰/۴۰	۶/۵۷	۱/۲۷
۵	۲/۹۱	۸/۹۳	۱/۲۲
۶	۲/۷۶	۱/۴۰	۲/۸۵
۷	۵/۵۳	۱۰/۵۳	۰/۵۱
۸	۲/۸۱	۳/۶۵	۱/۲۵
۹	۰/۷۵	۲/۰۵	۰/۳۴

نتایج جدول شمارهٔ ۴ درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه در کل منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران را نشان می‌دهد که بیشترین درصد مساحت (۵۷/۳۴) ردهٔ کم در ناحیهٔ ۴ و کمترین درصد (۹/۷۴۶) در ناحیهٔ ۹ منطقهٔ یک است درحالی‌که بیشترین درصد مساحت (۶۸/۳۸) ردهٔ متوسط در ناحیهٔ ۵ و کمترین درصد مساحت (۲۰/۰۳) در ناحیهٔ ۶ واقع شده است و بیشترین درصد مساحت ردهٔ زیاد (۴۰/۶۴) در ناحیهٔ ۶ و کمترین درصد (۳/۰۶) در ناحیهٔ ۷ است.

جدول شمارهٔ ۵: درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه در کل منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

ناحیه	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد
۱	۲۷/۸۶	۶۴/۸۹	۷/۲۵
۲	۵۶/۱۴	۲۴/۷۳	۱۹/۱۴
۳	۵۴/۲۷	۴۰/۸۳	۴/۹۰
۴	۵۷/۳۴	۳۶	۶/۹۶
۵	۲۲/۲۶	۶۸/۳۸	۹/۳۶
۶	۳۹/۳۳	۲۰/۰۳	۴۰/۶۴
۷	۳۳/۳۶	۶۳/۵۸	۳/۰۶
۸	۳۶/۴۱	۴۷/۳۲	۱۶/۲۷
۹	۹/۷۴	۲۶/۶۷	۴/۴۷

نتایج جدول شمارهٔ ۵ درصد رده‌های آسیب‌پذیری هر ناحیه در کل منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران را نشان می‌دهد که بیشترین درصد مساحت (۵/۶۱) ردهٔ کم نسبت به مساحت کل منطقه در ناحیهٔ ۳ و کمترین درصد (۰/۷۵) در ناحیهٔ ۹ منطقهٔ یک است درحالی‌که بیشترین درصد مساحت (۱۰/۵۳) ردهٔ متوسط نسبت به‌کل منطقه در ناحیهٔ ۷ و کمترین درصد مساحت (۱/۴۰) در ناحیهٔ ۶ واقع‌شده است و بیشترین درصد مساحت ردهٔ زیاد (۲/۸۵) در ناحیهٔ ۶ و کمترین درصد (۰/۳۴) در ناحیهٔ ۹ است.

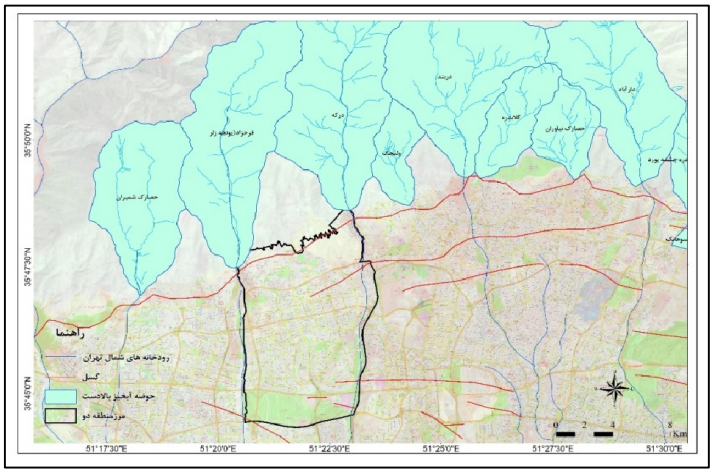
جدول شمارهٔ ۶: مشخصات بافت منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

نوع بافت	مساحت	مساحت به درصد
بدون شرط	۳۳/۹۴	۵۷/۲۷
ریزدانه	۴/۲۶	۹/۴۴
ناپایدار	۴/۵۳	۱۰/۰۵
ناپایدار–ریزدانه	۱/۸۷	۴/۱۵
ناپایدار–نفوذناپذیر	۰/۱۳	۰/۲۹
ناپایدار–نفوذناپذیر–ریزدانه	۰/۲۴	۰/۵۳
نفوذناپذیر	۰/۱۲	۰/۲۷

جدول شمارهٔ ۷: مشخصات کاربری منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران

نوع کاربری	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
تأسیسات شهری	۳/۹۱	۱۲/۵۲
تجاری	۱/۰۸	۳/۴۶
صنعتی	۰/۱۴	۰/۴۶
فضای سبز	۷/۱۴	۲۲/۸۶
مسکونی	۱۴/۸۱	۴۷/۴۳
معادن	۳/۸۶	۱۲/۳۷
نظامی	۰/۰۱	۰/۰۴
حمل و نقل	۰/۲۶	۰/۸۳

شکل شماره۵: حوضهٔ زهکشی بالادست و عبور گسل‌های فرعی و اصلی از منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران



در منطقهٔ ۲ تهران، رودخانه‌های شمال تهران از نظر سیلاب همواره عامل خطرساز محسوب می‌شوند و سکونتگاه‌های شهری و شریان‌های حیاتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این رودخانه‌ها علی‌رغم میانگین دبی کم، از جریان‌های سیلابی نسبتاً بالایی برخوردارند که می‌تواند عامل ایجاد سیلاب‌های شدید در مناطق پایین‌دست گردد. این رودخانه‌ها، از جمله درکه و فرحزاد که سکونتگاه‌های زیادی در بستر آن قرارگرفته تقریباً همه‌ساله جریان‌های سیلابی با شدت و ضعف‌های مختلف در آن رخ می‌دهد. گزارش‌های تاریخی نیز گویای وقوع سیلاب‌های بزرگ در گذشته در این رودخانه بوده است. طی سال‌های ۱۳۴۸ تا ۱۳۶۱، ۲۱ سیل در شمال تهران رخ داده که موجب مرگ ۲۵ نفر شده

است همچنین در فاصله سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۲،۱۳۷۴ سیل در این منطقه رخ داده که تلفات جانی به دنبال داشته است. [۲۴]

مخاطرهٔ طبیعی دیگر، خطر وقوع حرکات توده‌ای است که متأثر از عامل شیب یکی از پیامدهای طبیعی توپوگرافی این منطقه است. شهرهای کوهستانی، پایکوهی یا شیب‌دار یاشهرهای مستقر در دامنه‌های دره‌ای و مخروط‌افکنه‌ها معمولا و ضمن اینکه شیب عمومی آنها در یک جهت است، در جهات مختلف نیز شیب دارند. 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 دینامیک‌های دامنه ای مخرب و امثال آن را به بار آورد. [۵]

منطقهٔ دو به علت عبور گسل‌های متعدد اصلی و فرعی از حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین مناطق تهران است و همچنین همجواری قسمت شمالی منطقه با نواحی کوهپایه‌ای جنوب البرز، باعث به‌وجودآمدن حرکات دامنه‌ای، به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها در شمال منطقه شده است که همین امر آسیب‌پذیری منطقه را در مواجهه با عوامل محیط طبیعی دوچندان می‌کند. (شکل شمارهٔ ۵)

گسل‌های زلزله‌خیز، آب، شیب زیاد منطقه و فرسایش از عوامل وقوع یا پتانسیل زمین‌لغزش در این منطقه است که با توجه به بررسی‌های انجام شده در منطقهٔ دو، بلندی‌های سعادت آباد، طرشت پونک، فرونشست اوین، تجریش، نیاوران، مناطق مستعد زمین‌لغزش به‌ویژه در هنگام وقوع زلزله هستند که هر یک از موارد فوق تهدید جدّی برای منطقهٔ دو تلقی می‌شود. وجود بافت فرسوده در منطقه که بیشترین مساحت آن را بافت ناپایدار دربرگرفته، تراکم جمعیت بالا، فضای سبز ناچیز و درصد بالای کاربری شهری و مسکونی با سطوح نفوذ ناپذیر در این منطقه، آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی را در قسمت‌های شمالی و جنوبی منطقه بیشتر کرده است. (جدول شمارهٔ ۶ و۷)

نتیجه‌گیری

برای تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی (سیل، زلزله، زمین‌لغزش و غیره) مدل‌های زیادی ارائه شده است. تحقیقات مختلفی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. در دنیای امروز با توجه به اینکه با عدم قطعیت و اطمینان در زمینه‌های مختلف روبه‌رو هستیم و بسیاری از متغیرهای مربوط به مسایل موجود در دنیای واقعی متغیرهای کیفی و زبانی هستند، بنابراین، در این گونه مسائل بهتر است از مدل های تصمیم‌گیری فازی استفاده شود. بی‌شک آسیب‌پذیری هر منطقه انعکاسی از رفتار انسان و شیوهٔ مدیریت انسانی آن منطقه است، چرا که ساخت‌وساز و اجرای اصول مهندسی در ساختمان و سازه‌های شهری به نظرها و تفکرات و شیوهٔ مدیریت انسان بستگی دارد، پس در هر تحقیقی باید مدل‌های مورد استفاده با شرایط منطقهٔ مورد مطالعه سازگاری داشته

باشند. در این خصوص استفاده از نظر کارشناسان مختلفی که با شهر و ساختمان و مخاطرات در ارتباط هستند و در تعیین معیارها و وزن‌دهی به آنها مؤثر می‌باشند می‌تواند مفید و موجب اطمینان نتایج شوند. با توجه به اینکه در بسیاری از موارد با عدم اطمینان روبه‌رو هستیم، از مدل فازی در برآورد آسیب‌پذیری استفاده شده است. برای بررسی سازگاری مدل با منطقه نیز از نظر کارشناسان سه گروه علمی شامل ژئومورفولوژی، برنامه‌ریزی شهری، عمران (سازه) در وزن‌دهی به معیارها استفاده شد. نتایج مدل FUZZY_AHP نشان داد منطقهٔ مورد مطالعه آسیب‌پذیر است. نتایج حاصل از خروجی مدل نشان‌دهندهٔ آن است که از وسعت ۲۵۵۸/۲۸ هکتار منطقهٔ دو، ۴۹/۳۳ درصد دارای وضعیتی با ریسک کم، ۳۹/۹۳ درصد با ریسک متوسط و ۱۰/۷۴ درصد با ریسک زیاد است که بیشترین پهنه‌های آسیب‌پذیر مربوط به نواحی ۶، ۲ و ۸ است که در فاصلهٔ زیادی از مراکز درمانی واقع شده‌اند و همچنین بررسی‌های صورت گرفته در مورد لایه‌های استاندارد شده نشان می‌دهد که در منطقهٔ دو کلان‌شهر تهران، ساخت‌وساز شهری غیراصولی بدون توجه به شبکهٔ زهکشی طبیعی با افزایش سطوح با نفوذناپذیری کم و غیرقابل نفوذ باعث کاهش نفوذ آب حاصل از بارش و افزایش روان‌آب شده است. این درحالیست که بیشترین مساحت این منطقه را (۴۷/۴۳ درصد) کاربری مسکونی در برگرفته است. به ویژه مناطق ۶ و ۲، فضای سبز ناچیزی در آن مشاهده می‌شود و در راستای مسیل‌ها واقع شده است که با وجود شیب مناطق بالادست، شمال منطقه و روند جریان‌ها و حوضه‌های بالادست (درکه، فرحزاد) که به سمت جنوب است، در این منطقه احتمال آب‌گرفتگی‌ها و سیلاب‌هایی را در هنگام وقوع رگبارهای شدید به همراه خواهد داشت. همچنین عبور گسل‌هایی چون گسل شمال تهران، نیاوران، داوودیه و شیب زیاد منطقه و فرسایش ناشی از این عوامل از عوامل وقوع یا پتانسیل زمین‌لغزش در این منطقه دانست که با وجود بافت ناپایدار که بیشترین مساحت این منطقه را در برگرفته است و تراکم جمعیت بالا در هنگام وقوع مخاطره، خطر بالقوه زیادی را به همراه خواهد داشت. بخش‌های میانی منطقه، به دلیل وجود فضاهای باز شهری و نبود کاربری‌های خاص از مطلوبیت بشتری برخوردارند.

باتوجه به اینکه تاکنون مطالعات جامع و دقیقی در مورد حساسیت و آسیب‌پذیری منطقهٔ مورد مطالعه انجام نشده و اطلاعات دقیقی نیر در مورد وضعیت سیل‌خیزی، رانش و ریزش زمین یا میزان تخریب و پتانسیل آسیب‌پذیری نطقه در برابر زلزله وجود ندارد، لازم است تا با داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی با مقیاس دقیق‌تر، به بررسی آسیب‌پذیری یا خطرهای مختلف طبیعی و انسانی یا ترکیبی از آنها پرداخته شود. بسیاری از آسیب‌ها به‌طور غیرمستقیم نتیجهٔ عملکرد انسان در طبیعت هستند، به طوری که در چرخه‌ای بسته، آسیب‌ها و زیان‌های آن به خود انسان می‌رسد. در این ناحیه مهم‌ترین مثال آشفتگی در ساختار و سازمان فضایی که ناشی از تغییر کاربری فضای سبز به کاربری مسکونی که زمینهٔ تشدید و ایجاد ریسک را به‌دنبال داشته است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی «آسیب پذیری و تحلیل ریسک سیلاب در شبکهٔ توزیع آب منطقهٔ یک آب و فاضلاب تهران» و با حمایت مالی این سازمان انجام شده است که بدین‌وسیله از این مجموعه قدردانی سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Pourmousavi M, Shamie A, Ahadnejad A; Eshgh A, Khosravi; S. Vulnerability evaluation of city buildings with fuzzy AHP model and GIS (case study: district 3 of Tehran Municipality), Geography and Development,2014,No.34,pp.138-121. [In Persian]
2. Jafari M., Seismic micro zoning in north of Tehran in terms of site conditions, International Institute of Seismology & Earthquake Engineering, Tehran, 2002. [In Persian]
3. Roustaee, Sh. Tabriz fault risk zoning for different land uses, Geography and Development, 2011, No.21, pp. 27-41[In Persian]
4. Detailed map of Tehran 2nd District, Saravand Consultant Engineers, p.1[In Persian]
5. Ghoruodi Tali, M., Pourmousavi M., Khosravi, S. Investigation of seismic destruction potential using multi-index models (case study: district 1 of Tehran), Quantitative geomorphology researches, 2012, No.3, pp.1 57-68[In Persian]
6. Karimi Moghaddam. The role of geographical foundations in the physical development of the city (case study: district 2 of Tehran), Geographic Information Magazine, 2012, No.81, pp. 47-51
7. Karimi, M., Najafi, A. Landslide hazard assessment using Fuzzy AHP model for urban development and security (case study: district 1 of Tehran), Scientific-Research Journal of Environmental erosion, 2012, No. 8, p. 95-77. [In Persian]
8. Meshkini, A., Rahmati, S., and Shabanzadeh Naminini R. Analysis of urban tissue vulnerability to earthquake (case study: district 2 of Tehran), Human Geography Research, 2014, No. 4, pp. 856-843[In Persian]
9. Nasrin Nejad, N; Rangzan; K; Kalantari; N; Saberi; AS. The zoning of the flood potential of Baghan watershed using Fuzzy AHP model (FAHP), Measurement and Geographic Information System in Natural Resources, 2014, p. 34-15. [In Persian]
10. Nowrouzi, R. Vulnerability, and Flood Risk Analysis in Tehran water and sewage distribution network. Shahid Beheshti University., 2016, pp. 1-23[In Persian]
11. Ahmadi, H., Role of Urbanization in Reduce of City Vulnerability, Settlement and Revolution, Expertism journal of settlement organization, Tehran. 1997[In Persian]
12. Ahmadi, H., Mohammdkhan, Sh., Feiznia, C., Ghoddousi, J, Regional Modeling of Mass Movements Risk Using AHP, Case Study: Taleghan Basin Catchment, Iranian Ecology Journal, 2005, No.58, pp.3-14. [In Persian]
13. Aksoy, B., Ercanoglu, M. Landslide identification and classification by object-based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Kastamonu, Turkey), Computers & Geosciences, 2012;Vol 38, 92-97
14. Alcantara-Ayala I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries; Geomorphology, 2002, 47 107-124
15. Al-Mohseen, K.A.A., Drought Index Assessment for Fatha Region Using Fuzzy Logic Approach, Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held 23-27 at University of Georgia. Athens, Georgia. 2009
16. Bhata, B., Sarawati, S., & Bandyopadhyay, D. Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawel, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. Applied Geography; 2010; 30, 96-111
17. Birkmann J., Wisner B. Measuring un-immeasurable: The challenge of Vulnerability; UNU Institute for Environment and Human Security (UNUEHS); 2006, No.5, p-60
18. Charvériat, C. Natural disasters in Latin America and the Caribbean: An overview of risk; Inter-American development Bank); Research Department Working Papers Series, 2000, 434.
19. Eftekhari, A.r., Ghadiri, M., Parhizkar, A., Shayan, S. Analysis of theoretical viewpoints of social vulnerability toward

natural treatments, Magazine of Moddares human science, 2008, 13(1); 29-62 [In Persian]
20. Ghodsi Pour, S. H., 2002. Analytical Hierarchy Process (AHP), Amirkabir University, Tehran, 220 p.
21. Qin Q-m, Tang H-m, Chen Hk.. Zoning of highway flood-triggering environment for highway in Fuling District, Chongqing. In: 2011 International Conference on Photonics, 3D- imaging, and Visualization. International Society for Optics and Photonics, 2011; pp 38.
22. Lantada, N., Pujades, L., and Barbat, A. Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, Nat Hazards 51, 2008.
23. Meyer, V, Scheuer, S, and Haase D, A. Multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde River, Germany. Natural Hazards. 2009; vol.48 (1), p. 17-39
24. Norouzi,R ., Ghohroudi Tully,M., Derafshi.K. Urban sewage vulnerability against floods (case Study: Tehran Metropolis region 2). 3rd International Conference on Innovation in Science and Technology Germany, Berlin. 2017 [In Persian]
25. Peteri, M., and Tapio, F. Fuzzy classifier for star-galaxy separation, the American Astronomical Society. 2000; 541, pp. 261-263.
26. Saaty, T.A. Scaling method for priorities in hierarchial structures, Journal of Mathematical Psychology, 1997; V.15, pp. 234-281
27. Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L. & Rath, B. Flood risk analysis in the kosi river basin, north bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). Journal of Indian Soc. Remote Sens., 2008; No. 36, PP. 335-349.
28. Srinivas, V. V. , Shivam Tripathia, A. Ramachandra Rao, Rao S. Govindaraju. Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering. Journal of Hydrology, 2008; Vol.348: 148-166
29. Thomalla F., Downing T., Spanger-Siegfried E., Han G., Rockström J. Reducing hazard vulnerability: Towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation, Disasters,2006;30 (1); 39-48.
30. Thomas G, Anderson M, Crozier M. J. Landslide Hazard, and risk; John Wiley & Sons Ltd, 2005; pp.245
31. UNDP, Reducing Disaster Risk, a Challenge for Development, 2004
32. Van Westen, C. Geoinformation Sciene Earth Observation for municipal risk management; The SLARLM project, International Institute for Geo information Science and Earth Observation, ITC, The Netherlands. 2006.
33. Zadeh, Lotfi A. Fuzzy Sets, Information and Control, 1965;Vol. 8, pp. 338-353.
34. Zadeh, Lotfi A. Fuzzy Sets, Information and Control, 1965; Vol. 8, pp. 338-353.
35. Zadeh, K. S. Fu, K. Tanaka, & M.. In Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes, ed. L. Shimura (London: Academic) WGA1975

Zoning the vulnerability of urban areas against natural hazards by using the hybrid FUZZY-AHP model

(case study: region two of Tehran metropolis)

Corresponding author: Rana Norouzi Tiula, MA, Faculty of Earth Sciences, University Shahid Beheshti, Tehran, Iran
Email: Ra.norouzi@yahoo.com
Mohammad Mahdi Husseinzadeh, Associate Professor, Faculty of Earth Sciences, University Shahid Beheshti, Tehran, Iran

Accepted: May 26, 2017 **Received:** October 2, 2018

Abstract

Background: Natural factors have always imposed damages and risks on natural environments throughout history in different parts of the world. The occurrence of natural disasters such as earthquakes, floods, storms, and landslides has caused many casualties and financial losses. The region two of Tehran metropolis is a challenge for planners due to urban hazards and one of the areas with high potential for natural hazards in terms of the change user, increase in population, urbanization, passage of main and minor faults, and the presence of north rivers of Tehran.

Method: In this study, data studied and analyzed by modeling of environmental criteria and layers using Analytical Hierarchy Process (AHP) and fuzzy classification also the results were analyzed using Expert Choice software. Finally, the environmental vulnerability of the area was zoned by using GIS spatial analysis.

Findings: The findings represented that the vulnerability of region two was determined based on the combination of FUZZY-AHP models. The regions of two, six, and eight were the most vulnerable parts while regions three, seven and nine of Tehran were the least vulnerable to environmental hazards.

Conclusion: The results showed that of Tehran region two with an area of 2558.28 hectare 49.33% is at low risk, 39.93% in moderate risk, and 10.74% is at high risk. In fact, in this region, factors such as unconventional urban construction regardless of drainage network increase runoff and levels of impenetrable or low permeability in precipitation. In addition, other factors such as passing faults such as north of Tehran, Niavaran, Davoodiyeh and etc., as well as high population density, the high slope of the area and the erosion raise the risk of landslides due to the unsteady texture in the largest area of the region. However, the middle parts of the region are more desirable based on the open urban spaces and the lack of specific use.

Keywords: environmental hazards, vulnerability, FUZZY-AHP, region two of Tehran