پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۰، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۸، از صفحه ۹۱ تا ۱۰۵

سنجش تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری در برابر زلزله با تاکید بر مولفه‌های محیطی (نمونه موردی: منطقه یک شهرداری تهران)

علی عشقی چهاربرج*[۱]، حسین نظم‌فر[۲]، عطا غفاری[۳]

۱ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۲ دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۳ دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

چکیده

افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی منجر به رشد و گسترش شهرها در مکان‌های نامساعد بدون توجه به پارامترهای طبیعی و بوم‌شناختی شده است. روند توسعه فیزیکی بدون برنامه، آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی را تشدید کرده است که هدایت آگاهانه و برنامه‌ریزی اصولی در جهت ایجاد پایداری محیطی را می‌طلبد. از این‌رو پژوهش حاضر درصدد است تا با استفاده از مدل ANP در رویکردی تلفیقی با GIS، میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله را در ارتباط با ۸ معیار اصلی (شیب، جهت‌های شیب، سازندهای زمین‌شناسی، نوع گسل، فاصله از بستر رودخانه‌ها، فاصله از مسیر قنات‌ها، کاربری اراضی و فاصله از اراضی ناپایدار به لحاظ شهرسازی) و ۳۸ زیرمعیار ارزیابی نماید. روش این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی با هدف کاربردی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ۲۷/۲۸ درصد از سطح منطقه (۹۴۶/۶۳ هکتار) از تاب‌آوری خیلی زیاد، ۱۰/۸۶ درصد (۳۷۶/۹۷ هکتار) از تاب‌آوری زیادی، ۲۳/۴۶ درصد (۸۱۳/۸۸ هکتار) از تاب‌آوری متوسط، ۲۵/۰۳ درصد (۸۶۸/۶۰ هکتار) از تاب‌آوری کم و ۱۳/۳۴ درصد (۴۶۳/۰۰ هکتار) از تاب‌آوری خیلی کم در برابر زلزله برخوردار می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان گفت نواحی شهرداری که در غرب منطقه یک شهرداری تهران واقع شده‌اند نسبت به دیگر نواحی منطقه از تاب‌آوری و توان اکولوژی کمتری در برابر زلزله برخوردار می‌باشند.

کلیدواژه: تاب‌آوری، زلزله، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، منطقه یک تهران

*نویسنده مسئول
Email:Aeshghei@gmail.com

سرآغاز

جهان طی ۶ دهه اخیر فرآیند شهرنشینی سریعی را تجربه می‌کند (UN, 2014). به‌طوری‌که در سرتاسر جهان، کشورها به‌طور فزاینده‌ای در حال شهری شدن هستند (Dutta, 2012). مطابق با پیش‌بینی سازمان ملل احتمال می‌رود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (Jha et al., 2012). این میزان برای کشورهای در حال توسعه به خصوص در آسیا شتاب بیشتری را نشان می‌دهد (Population division, 2009). رشد سکونتگاه‌های شهری در کشورهای در حال توسعه پنج برابر کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Lopez et al., 2001). افزایش سریع جمعیت شهرها سبب ظهور ویژگی‌ها و شرایط جدیدی در ساختار و عملکرد شهرها شده است (Achmad et al., 2015). در این میان یکی از مسایلی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به گریبان هستند، مساله حوادث طبیعی است (Gahramani & Godrtabadi, 2013). این مساله به این معنا است که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی بدل خواهند شد (León & March, 2014). احتمال خطر در مراکز شهری جهان سوم به دلیل شهرنشینی بدون برنامه، توسعه شهر در مناطق مخاطره‌آمیز با درجه احتمال خطر بالا، اقدام‌های مدیریتی نارسا در شهر و اقدام‌های ساخت‌وساز نامناسب در شهر، افزایش چشم‌گیری داشته است (Lewis and Mioch, 2005; Quarantelli, 2003;). مخاطرات طبیعی این ظرفیت را دارند که در نبود سیستم‌های کاهش خطر، به سوانحی هولناک و ویران‌کننده برای اجتماعات بشری تبدیل شوند (Zhou et al., 2009). زلزله به‌عنوان یکی از فاجعه‌بارترین و مخرب‌ترین انواع مخاطرات طبیعی؛ به ویژه در کشورهای در حال توسعه از دیر باز مطرح بوده است (Dong & Shan, 2013) که با خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد کرده است (Min et al., 2010). از این‌رو در راستای مقابله با پیامدهای ناشی از زلزله و برای رسیدن به توسعه پایدار، داشتن برنامه‌ریزی با تکیه بر ارزیابی همه‌جانبه محیط طبیعی امری ضروری است (Josie & Hosseini, 2015).

مکان‌گزینی و استقرار مناسب شهرها برای پیشگیری از بحران‌های محیط‌زیست و همچنین استفاده شایسته و پایدار از امکانات یک منطقه از اهمیت به سزایی برخوردار است (Jokersarhangi, 2014). موفقیت‌آمیز شدن پروژه‌های عمرانی و صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی را می‌توان از مهم‌ترین دلایل رویکرد به توان‌سنجی محیطی طی سال‌های اخیر عنوان نمود (Badri & Ghanbari, 2006). بنابراین، ارزیابی توان اکولوژیکی به‌عنوان هسته مطالعات محیط‌زیستی با پیشگیری بحران‌های موجود، بستر مناسبی را برای برنامه‌ریزی محیط‌زیستی فراهم می‌آورد (Azizian et al., 2013).

کشور ایران به مثابه بخشی از کمربند کوه‌زایی آلپ–هیمالیا لرزه‌خیزی زیادی دارد، به‌گونه‌ای که بخش‌های گوناگون کشور بارها با زمین‌لرزه‌های ویرانگر تخریب شده است (Dehghani, 2013). در این میان شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر ایران طبق تقسیمات پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در منطقه‌ای با خطر لرزه‌ای بسیار زیاد قرار دارد (Qaherahmati & Qaneibafaghi, 2012; Regulation 2800, 2006). در بین مناطق ۲۲ گانه تهران نیز منطقه یک شهر تهران به دلیل نزدیکی به گسل‌های لرزه‌خیز مانند گسل مشاء و شمال تهران و همچنین به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد همچون تراکم سازه‌ای بالا، عدم رعایت استانداردها در ساخت‌وسازها، توسعه فیزیکی نامناسب در اراضی ناپایدار و .... با خطر جدی‌تری روبه‌روست. از این‌رو شناخت تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه در برابر زلزله و برنامه‌ریزی صحیح و مناسب برای پیشگیری یا کاهش آثار خطر احتمالی بسیار حیاتی و مهم است. براین اساس پژوهش حاضر با استفاده از مدل ANP در رویکردی تلفیقی با GIS، درصدد است تا میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران را در برابر زلزله مورد ارزیابی قرار دهد تا با شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر، مؤثرترین شیوه تخصیص اعتبارات مقاوم‌سازی منطقه در طرح‌های بهسازی و نوسازی به شمار آید.

پیشینه پژوهش

در زمینه سنجش تاب‌آوری شهری در برابر زلزله به پژوهش‌های زیر می‌توان اشاره کرد؛ (Dadashpour & Adel, 2016) پژوهشی با عنوان «سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین» انجام دادند. نتایج یافته‌ها حاکی از آن است که در بین ابعاد مختلف تاب‌آوری، مجموعه شهری قزوین به لحاظ ابعاد نهادی (با ۴۸ درصد فاصله از حد بهینه) و سپس ابعاد

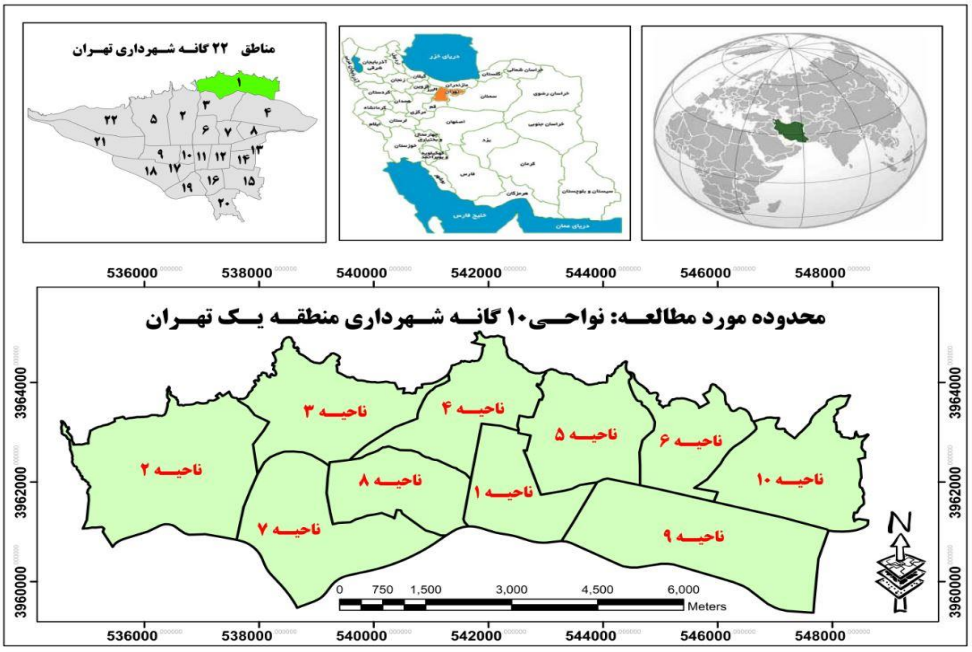
کالبدی- فضایی (با ۴۵ درصد فاصله از حد بهینه) وضعیت نامناسب‌تری دارد. (Moazami & Rahimi, 2016) پژوهشی با عنوان «سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران در بافت قدیم شهری» انجام دادند نتایج تحقیق نشان داد که موقعیت محله تدافعی و در وضعیت متوسطی قرار دارد. (Mohammad & Ahmadinejad, 2016) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله به‌صورت موردی شهر زنجان» را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که با توجه به معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در ۲۵ ناحیه شهری زنجان، بیشتر قسمت‌های شمالی، شرقی و شمال‌شرقی از تاب‌آوری بالایی برخوردار هستند. (Shukrifirouzah, 2017). در پژوهشی با عنوان «تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی» با استفاده از روش پرسشنامه و تحلیل آن با آزمون‌های آماری SPSS به این نتایج دست یافت که در بین ابعاد مختلف تاب‌آوری شهری مناطق ۱۲ گانه شهر بابل، ابعاد کالبدی (با میانگین ۳/۵۴) و سپس اجتماعی (با میانگین ۳/۱۴) وضعیت مناسب‌تری دارند ولی به‌طورکلی حدود ۵۰ درصد مناطق مورد بررسی در شهر بابل دارای عدم تاب‌آوری و تاب‌آوری پایین می‌باشند و تنها ۲۵ درصد از مناطق از لحاظ شاخص‌ها کاملا تاب‌آور هستند (Zanganehshahri et al., 2017) پژوهشی با عنوان «ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FAHP و ویکور» انجام دادند نتایج پژوهش نشان داد در بین شاخص‌های کالبدی مورد بررسی، شاخص‌های نقش شبکه معابر و سطح اشتغال بیشترین تاثیر را بر تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ تهران دارند. همچنین نتایج حاصل از مدل ویکور نشان می‌دهد که نواحی شش‌گانه منطقه ۱۲ تهران از لحاظ میزان تاب‌آوری کالبدی در سطوح متفاوتی قرار دارند به‌طوری‌که نواحی ۶ و ۱ بیشترین میزان تاب‌آوری و پس از آن‌ها به ترتیب نواحی ۲، ۵، ۴ و ۳ دارای کم‌ترین میزان تاب‌آوری بودند. (Hataminejad et al., 2017) در پژوهشی با عنوان «بررسی ابعاد مؤثر بر تاب‌آوری شهری با استفاده از مدل ساختاری تفسیری، نمونه موردی شهر اهواز» به این نتیجه رسیدند که اگر به حوزه اقتصادی و مسایل اقتصادی شهروندان و عدالت در برخورداری از خدمات و درآمد توجه نشود، تمایل مردم در مولفه‌هایی مانند همکاری و مشارکت در برنامه‌های آموزشی و مشارکت در طرح‌های توسعه شهری، حفاظت از زیرساخت‌ها، حفاظت محیط‌زیست کاسته شده و مولفه‌هایی مانند محله‌های فقیرنشین، بافت‌های فرسوده و سکونتگاه‌های فرسوده همچنان بر وسعتشان افزوده می‌شود. زیرا، مردم توانایی و میل مشارکت در برنامه‌های بهبود کیفیت محیط شهری را ندارند.

(Berke & Smith, 2012) در پژوهشی با عنوان «برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری با رویکرد برنامه‌ریزی کاهش خطر و اتخاذ قانون مقابله با حوادث» رویه‌ای در مطالعات مرتبط با تاب‌آوری شهری ارایه می‌دهد که برنامه‌ریزان برای ارتقای مولفه‌های تاب‌آوری موجود، به‌صورت قانونی در شهر رفتار نمایند. (Falco, 2015) پژوهشی با عنوان «تاب‌آوری شهری از طریق تحلیل داده‌ها» انجام داد. ایشان در این پژوهش با رویکرد انسان محوری به ارایه یک مدل جدید برای توسعه استراتژی جامع انعطاف‌پذیر شهری با یکپارچه‌سازی داده‌ها پرداخته است. (Meerow et al., 2016) در پژوهشی با عنوان «تعریف تاب‌آوری شهری» معتقد است که مرزبندی مفهوم تاب‌آوری و استفاده از آن در زمینه‌های مختلف با پاسخ به سوالات زیر محقق می‌شود: تاب‌آوری برای چه؟ کجا؟ کی؟ و چرا؟ (Bastaminia et al., 2016) پژوهشی با عنوان «ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله» انجام دادند. نتایج تحقیق در شهر دهدشت نشان داد که بالاترین رتبه در تاب‌آوری اجتماعی مربوط به زیرشاخص سرمایه اجتماعی، در تاب‌آوری اقتصادی مربوط به زیرشاخص بهبود ظرفیت و در تاب‌آوری نهادی مربوط به زیرشاخص دسترسی سازمانی و دسترسی در تاب‌آوری تکنولوژیکی است. به‌علاوه طبق رتبه‌بندی کارشناسان تاب‌آوری پس از زلزله در مقایسه با بعد زلزله اهمیت کمتری دارد. با مطالعه تحقیق‌های انجام شده پیشین مشخص شد که در ارتباط با سنجش تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری در برابر زلزله تاکنون پژوهشی صورت نگرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر درصدد است با رویکردی جدید و با استفاده از مدلANP در رویکردی تلفیقی با GIS، میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله را مورد ارزیابی قرار دهد و خلا موجود در این زمینه را پر نماید.

محدوده مورد مطالعه

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 (Institute of Geography and

Cartography Geology, 2009). تهران در منطقه‌ای حادثه‌خیز قرار دارد که احتمال وقوع زلزله و بروز خسارت‌های گسترده در نتیجه آن، بسیار زیاد است. گسل‌های تهران از مناطق پرتراکم و یا از نزدیکی آن‌ها عبور می‌کند و در صورت فعال شدن این گسل‌ها امکان وقوع خسارت‌های فراوان بسیار زیاد است. یکی از این مناطق مهم، منطقه یک شهر تهران است که به سبب قرارگیری در دامنه‌های جنوبی البرز و گسل «مشا- فشم» و گسل «شمال تهران»، ساخت‌وساز در ارتفاعات، تمرکز جمعیت و سرمایه، برج‌های بلندمرتبه در ارتفاعات، معابر کم‌عرض، ترافیک سنگین جاده‌ها، رعایت نشدن قوانین ساخت‌وساز در اکثر موارد، نیازمند برنامه‌ریزی به‌منظور پیشگیری از بحران است (Jesuslu et al., 2017). منطقه یک شهرداری تهران، 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 بزرگراه‌های چمران، مدرس، صدر با منطقه ۳ و از جنوب شرقی توسط بزرگراه ازگل با منطقه ۴ شهرداری تهران هم‌مرز است. شهرداری منطقه یک دارای ده ناحیه و ۲۶ محله شهری می‌باشد (Tehran Municipality Website, 2017) (http://region1.tehran.ir). (شکل۱).



شکل (۱): محدوده مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

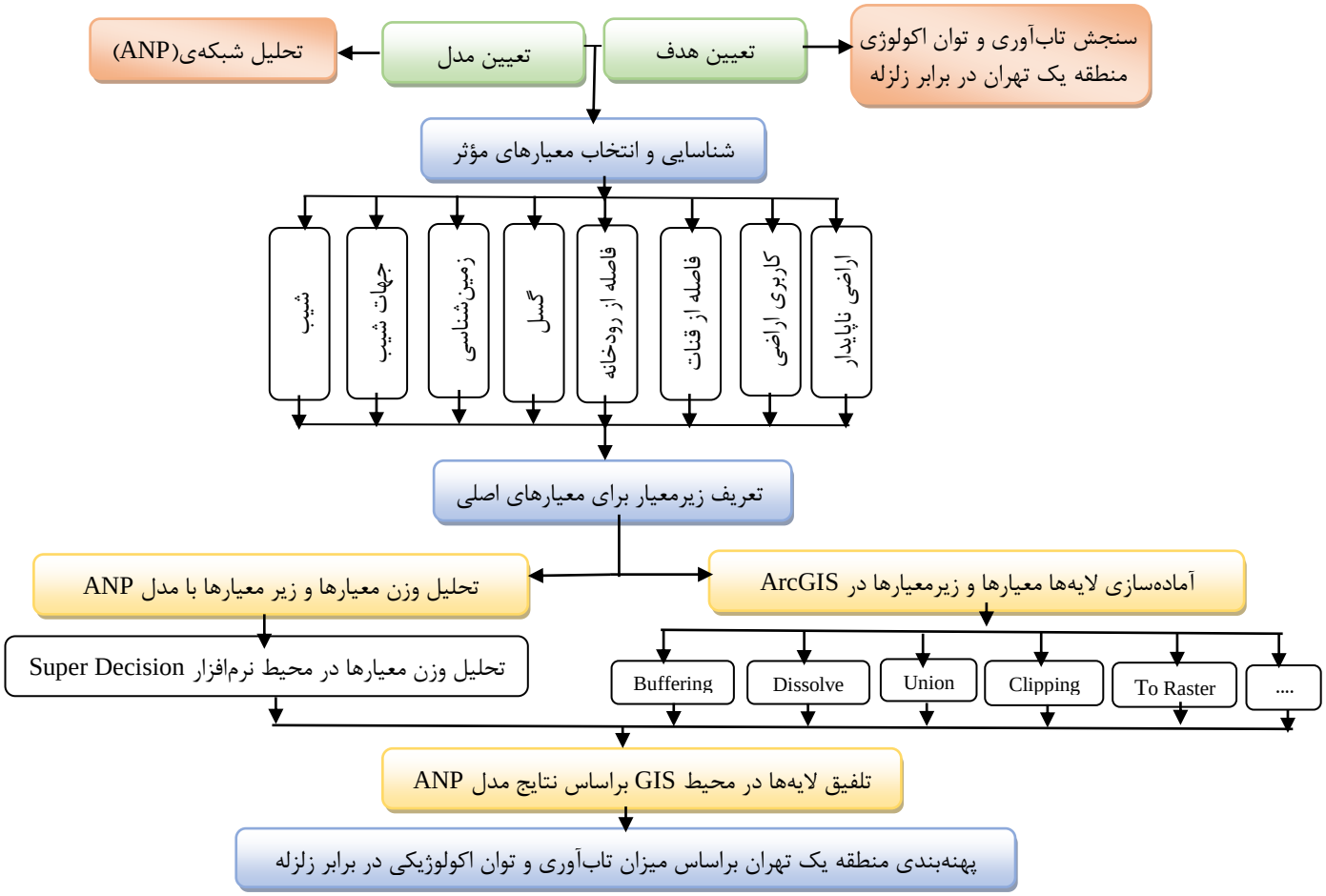
مواد و روش‌ها

روش تحقیق این پژوهش با توجه به ماهیت موضوع و مولفه‌های مورد بررسی از نوع توصیفی- تحلیلی با هدف کاربردی است، در این پژوهش پس از بررسی ادبیات مربوط به موضوع در منابع داخلی و خارجی، مولفه‌های موثر بر تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری در برابر زلزله در قالب ۸ معیار اصلی (شیب، جهت‌های شیب، سازندهای زمین‌شناسی، نوع گسل، فاصله از بستر رودخانه‌ها، فاصله از مسیر قنات‌ها، کاربری اراضی و فاصله از اراضی ناپایدار به لحاظ شهرسازی) و ۳۸ زیرمعیار شناسایی و انتخاب شدند. با توجه به این که معیارهای مورد پژوهش از اهمیت یکسانی برخوردار نبودند پرسشنامه‌ای برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها تنظیم و بین ۵۰ نفر از کارشناسان خبره (شامل ۱۵ نفر از گروه عمران گرایش زلزله، ۱۵ نفر از گروه زمین‌شناسی، ۱۵ نفر از گروه شهرسازی و ۱۰ نفر از گروه برنامه‌ریزی شهری) توزیع شد در نهایت وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارها توسط کارشناسان خبره تعیین شد. وزن‌های اعمال شده به هر یک از معیارها توسط کارشناسان با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ی (ANP) در محیط نرم‌افزار Super Decisions مورد تحلیل قرار گرفتند. در مرحله بعد، لایه‌های مورد استفاده در پژوهش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی فراخوانی شد و نقشه‌های موضوعی معیارهای اصلی براساس نتایج مدل ANP ترسیم گردید سپس نقشه‌های وکتوری به

رستری تبدیل شده و بعد از طبقه‌بندی مجدد هر یک از نقشه‌های ایجاد شده، لایه‌های نهایی در raster calcluter بر وزن‌های به دست آمده از فرایند تحلیل شبکه‌ی (ANP) ضرب شدند و نقشه نهایی میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله استخراج شد. در نقشه نهایی سطح منطقه یک تهران از نظر میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی در برابر زلزله به پنج طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم پهنه‌بندی شد. برای درک بهتر مراحل پژوهش، در شکل شماره (۲) فلوچارت روند پژوهش آورده شده است.

جدول (۱): مؤلفه‌های مؤثر بر تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری در برابر زلزله (ماخذ: مطالعات نگارندگان)

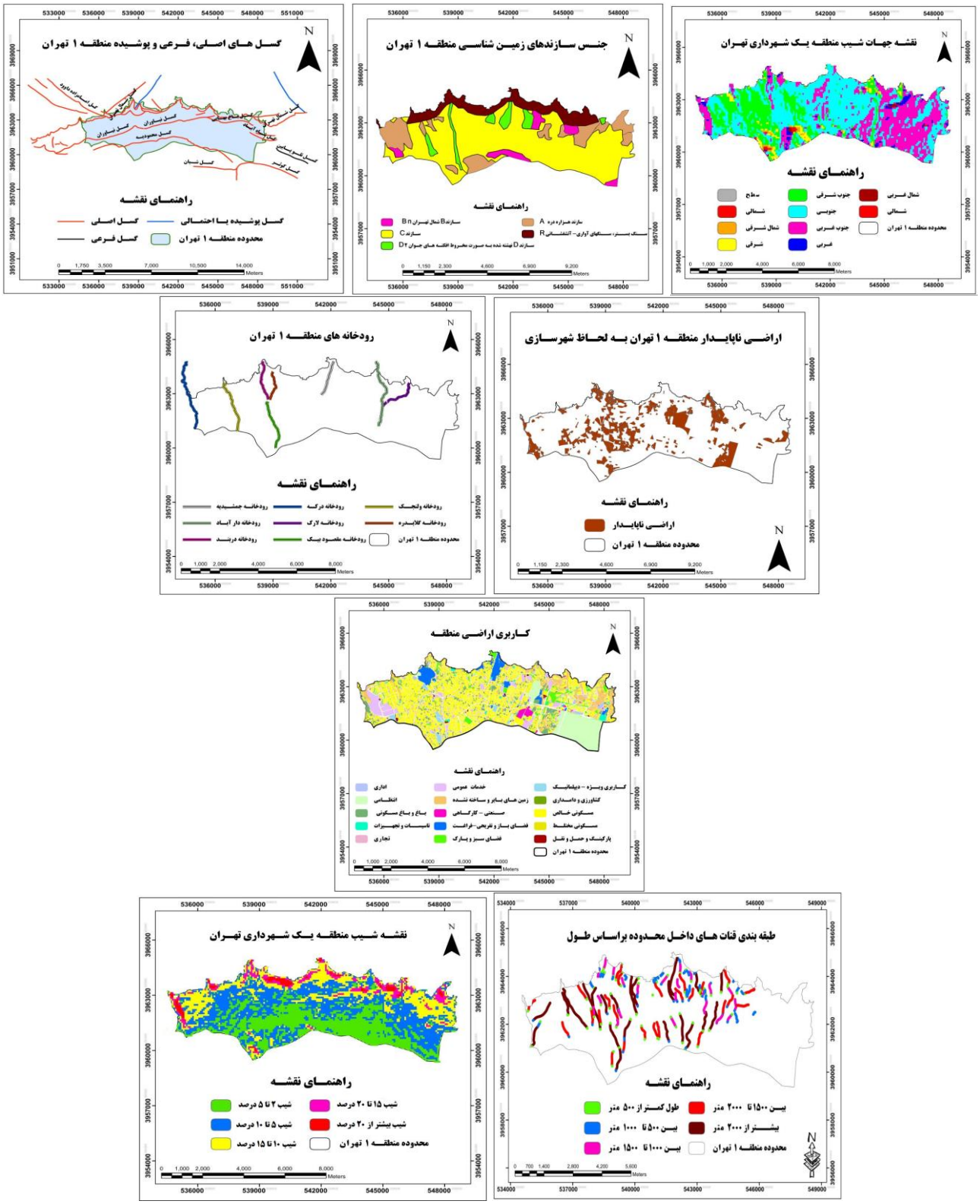
معیار	تحلیل	منبع
درصد شیب	هر چه درصد شیب بیشتر- تاب‌آوری کمتر- آسیب‌پذیری بیشتر	(Amiri et al.,. 2017; Bahrampour, Bamanian, 2012)
جهات شیب	دامنه‌هایی که نور بیشتر و جریان هوای بهتری دارند- تاب آوری بیشتر آسیب‌پذیری کمتر	(Amiri et al.,. 2017)
سازندهای زمین‌شناسی	هر چه سازندهای زمین‌شناسی سست‌تر- تاب‌آوری کمتر- آسیب‌پذیری بیشتر	(Pormosavi et al., 2014; Sadin et al., 2017)
فاصله از گسل و نوع آن	هر چه فاصله از گسل اصلی بیشتر- تاب‌آوری بیشتر- آسیب‌پذیری کمتر	(Amiri et al.,. 2017; Aminiorki, 2015)
فاصله از بستر رودخانه	هر چه فاصله از مسیل‌ها بیشتر- تاب‌آوری بیشتر- آسیب‌پذیری کمتر	(Amiri et al.,. 2017; Aminiorki, 2015)
فاصله از مسیر قنات‌ها	هر چه فاصله از مسیل‌ها بیشتر- تاب‌آوری بیشتر- آسیب‌پذیری کمتر	(Bahrampour, Bamanian, 2012; Pormosavi et al., 2014)
کاربری زمین	هر چه کاربری‌های سازگارتر- تاب‌آوری بیشتر- آسیب‌پذیری کمتر	(Salmaniyehmoghaddam et al., 2014; Mubarak et al., 2016)
فاصله از اراضی ناپایدار	هر چه فاصله از اراضی ناپایدار بیشتر- تاب‌آوری بیشتر- آسیب‌پذیری کمتر	(Sadin et al., 2017)



شکل(۲): فلوچارت روند پژوهش (ماخذ: نگارندگان)

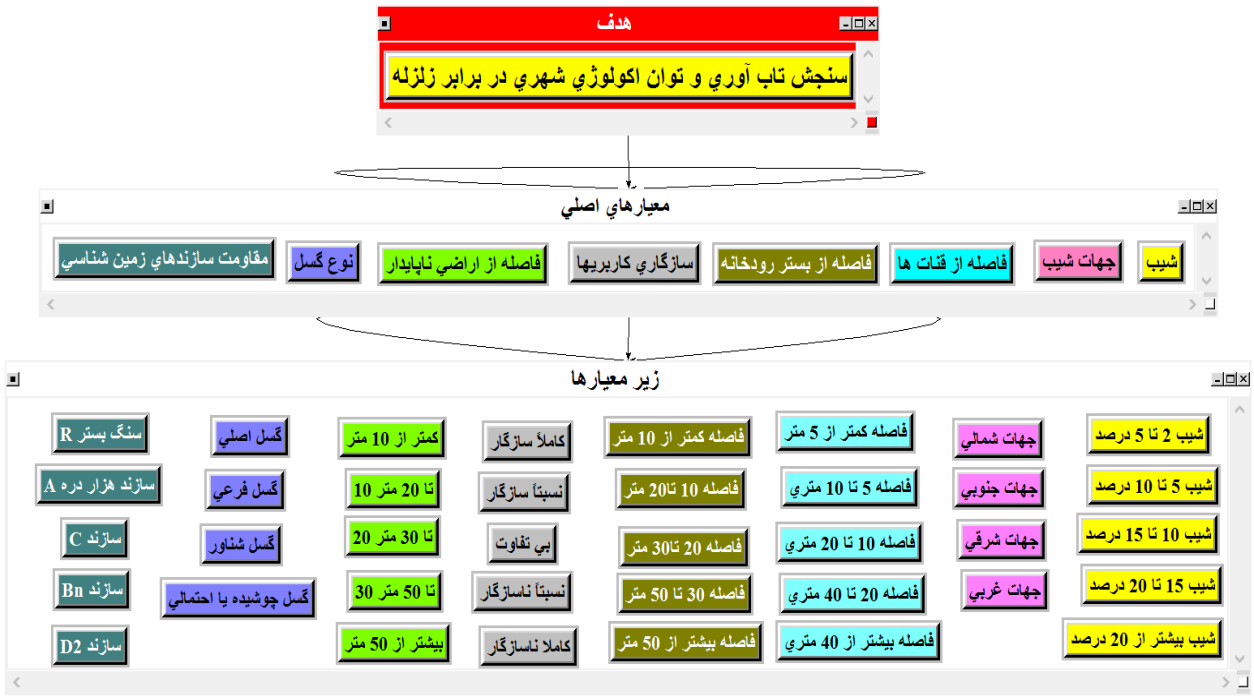
یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر برای سنجش میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله، از هشت معیار اصلی (شیب، جهت‌های شیب، سازندهای زمین‌شناسی، نوع گسل، فاصله از بستر رودخانه‌ها، فاصله از مسیر قنات‌ها، کاربری اراضی و فاصله از اراضی ناپایدار به لحاظ شهرسازی) در قالب ۳۸ زیرمعیار استفاده شده است. برای تحلیل داده‌ها، ابتدا اقدام به لایه‌سازی برای هر یک از معیارها اصلی به همراه زیر معیارهای آن در محیط GIS شد (شکل ۳).



شکل (۳): لایه‌های موثر در تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری منطقه یک تهران (ماخذ: نگارندگان)

بعد از مرحله لایه‌سازی معیارهای اصلی و زیرمعیارها، با توجه به اینکه برخی از معیارها از اهمیت زیادی نسبت به دیگر معیارها برخوردارند و نقش تعیین‌کننده‌ای در تاب‌آوری و توان اکولوژیکی شهری در برابر زلزله داشتند، پرسشنامه‌ای برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها تنظیم و در بین ۵۰ نفر از کارشناسان خبره توزیع شد در نهایت وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارها توسط کارشناسان خبره تعیین گردید. وزن‌های اعمال شده به هر یک از معیارها توسط کارشناسان، برای تحلیل با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) وارد نرم‌افزار Super Decisions شد. شکل (۴) نمودار خوشه‌ای معیارهای اصلی و زیر معیارهای موثر در تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله را در محیط نرم‌افزار Super Decisions نشان می‌دهد.



شکل (۴): نمودار خوشه‌ای معیارها اصلی و زیر معیارها موثر در محیط Super Decisions (ماخذ: نگارندگان)

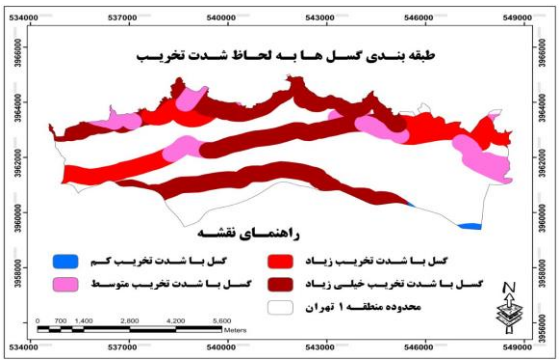
در نمودار خوشه‌ای شکل (۴) اهمیت نسبی هر یک از معیارها با توجه با وزن‌های داده شده توسط کارشناسان خبر، نسبت به میزان تاب‌آوری و توان اکولوژیکی معیارهای موردپژوهش در برابر زلزله در محیط Super Decisions مشخص شد. شکل (۵) وزن هر یک از معیارهای موردپژوهش را نشان می‌دهد.

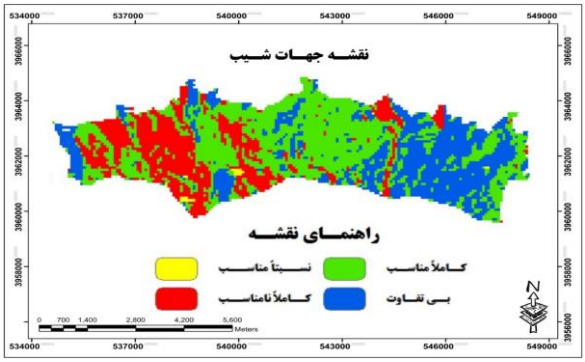
آن چه در محاسبه روشANP دارای اهمیت است بررسی میزان سازگاری (CR) آن است، این مکانیزم نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه و یا اولویت‌های جداول ترکیب اعتماد کرد. چنان چه CR <۰/۱ باشد، وزن معیارها پذیرفته است، ولی چنان چه CR >۰/۱ باشد، می‌بایست با اعمال تغییراتی در ماتریس دوتایی، CR را در حد قابل‌قبول تنظیم نمود به عبارت دیگر ماتریس مقایسه دودویی شاخص‌ها باید دوباره تشکیل شود و سازگاری مقایسه‌ها مورد تدقیق قرار گیرد. در تحقیق حاضر نرخ سازگاری در همه نمودارها کمتر از ۰/۱ می‌باشد که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل اهمیت نسبی معیارها براساس نتایج مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) نشان می‌دهد که در بین شاخص‌های مورد پژوهش، شاخص‌های نوع گسل‌ها و ناپایداری اراضی به لحاظ شهرسازی به ترتیب با کسب امتیاز (۰/۳۱۷ و ۰/۱۹۴) بیشترین اهمیت و شاخص‌های کاربری اراضی و جهت شیب به ترتیب با کسب امتیاز (۰/۰۴۰ و ۰/۰۲۸) کمترین اهمیت را در تاب‌آوری و توان اکولوژی محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله دارند.

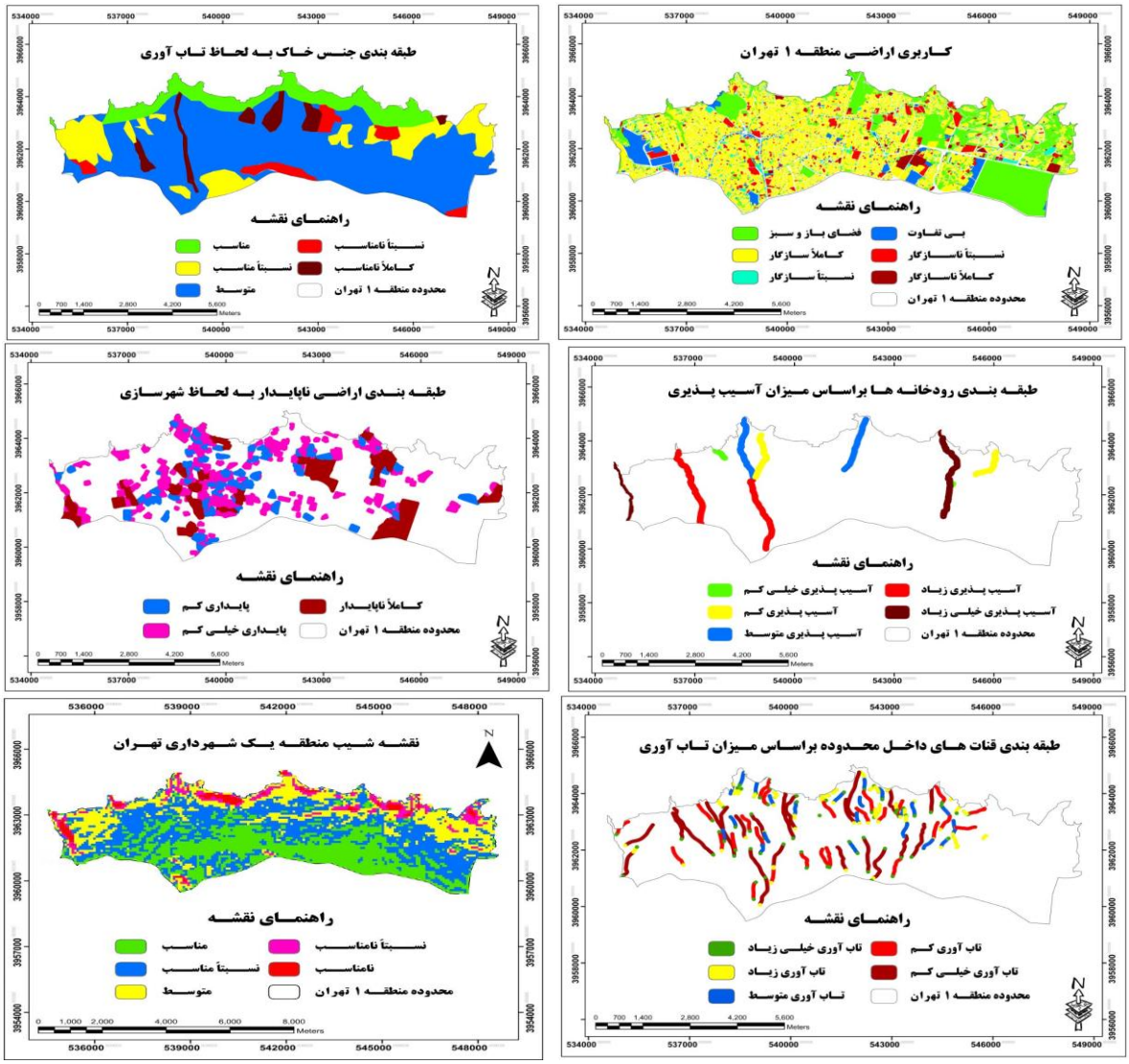
بعد از این که وزن هر یک از زیرمعیارها در تحلیل شبکه‌ی (ANP) مشخص شد، بر روی لایه اصلی خود در محیط GIS اعمال شدند سپس لایه‌های اصلی موردپژوهش با استفاده از اوازن زیرمعیارها که حاصل تحلیل(ANP) بود تهیه شد (شکل ۶).

در این مرحله با مدل‌سازی لایه‌ها در محیط ArcGIS و اعمال وزن معیارهای اصلی حاصل از ANP و تلفیق لایه‌ها، نقشه تاب‌آوری و توان اکولوژی شهری منطقه یک شهرداری تهران استخراج می‌شود (شکل ۷ و ۸).

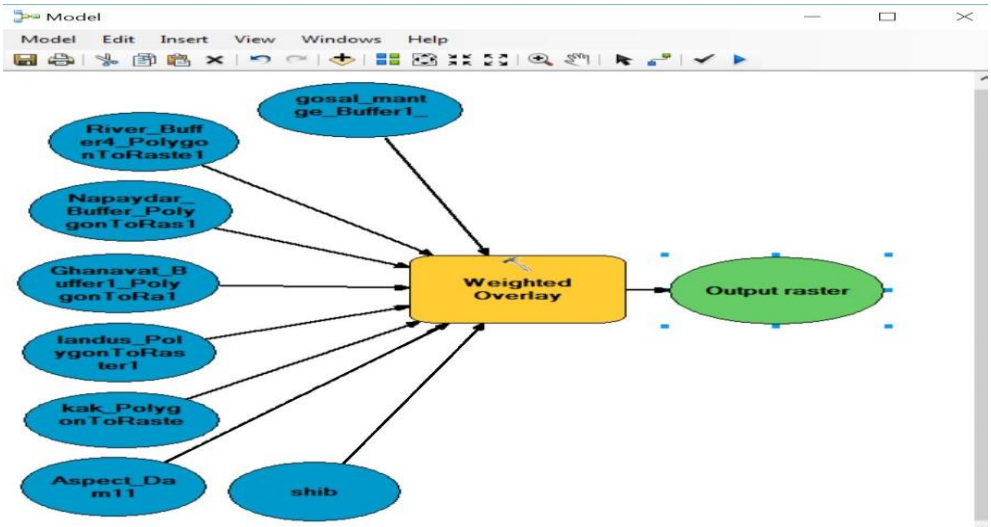
شکل (۵): وزن معیارها و زیر معیارها موثر درANP (ماخذ: نگارندگان)



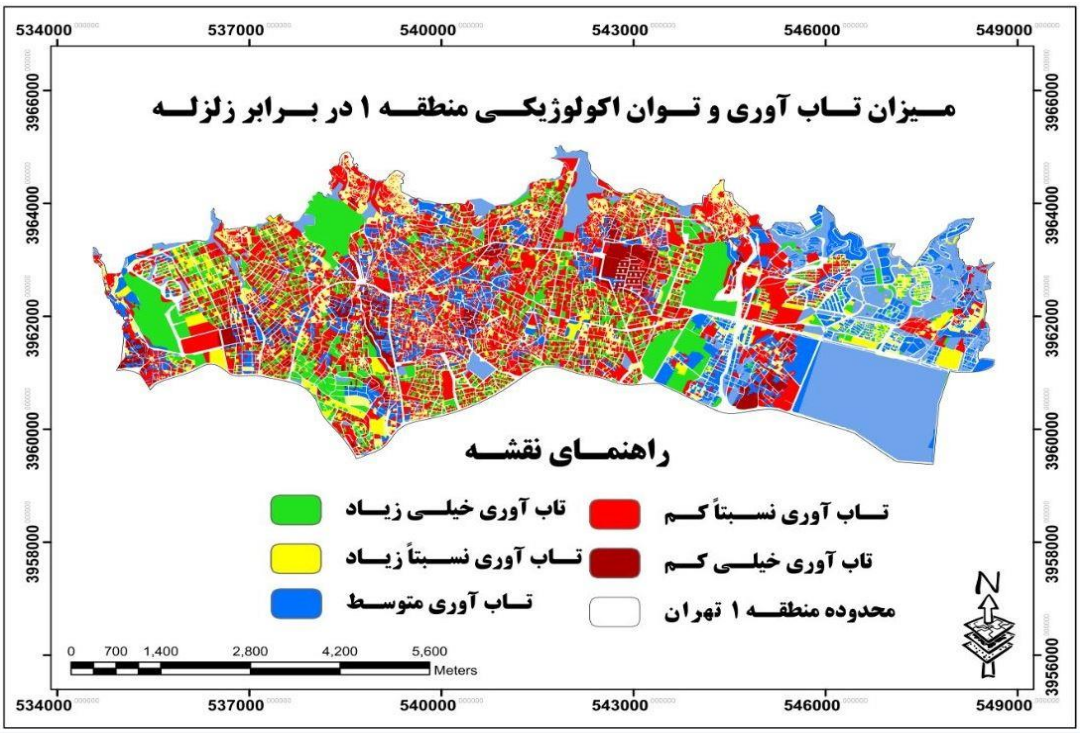




شکل (۶): مجموعه لایه‌های رستری استاندارد شده معیارها و زیرمعیارها براساس نتایج مدل(ANP) (ماخذ: نگارندگان)



شکل (۷): مدل‌سازی و اعمال وزن معیارهای اصلی براساس نتایج مدل (ANP) (ماخذ: نگارندگان)



شکل (۸): نقشه نهایی میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک تهران در برابر زلزله (ماخذ: نگارندگان)

نتایج نقشه میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک تهران در برابر زلزله براساس نتایج تحلیل شبکه (ANP) و تلفیق لایه‌های موثر نشان می‌دهد که ۲۷/۲۸ درصد از سطح منطقه (۹۴۶/۶۳ هکتار) دارای تاب‌آوری و توان عالی در برابر زلزله می‌باشد که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه ۱ شهرداری (محله نوبنیاد)، ناحیه ۲ (محله دانشگاه)، ناحیه ۳ (محله سعدآباد)، ناحیه ۵ (محله اقدسیه) و ناحیه ۷ (محله پل رومی) قرار دارند. ۱۰/۸۶ درصد از سطح منطقه (۳۷۶/۹۷ هکتار) از تاب‌آوری و توان اکولوژی زیادی برخوردار می‌باشد که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه یک (محله فرمانیه) و ناحیه ۷ (محله الهیه) قرار گرفته‌اند. دامنه تاب‌آوری متوسط ۲۳/۴۶ درصد از سطح منطقه (۸۱۳/۸۸ هکتار) را به خود اختصاص داده که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه ۴ (محله نیاوران)، ناحیه ۶ (محله حدیقه)، قسمت‌های شرقی ناحیه ۹ و بیشتر قسمت‌های ناحیه ۱۰ واقع شده‌اند. پهنه‌هایی که در دامنه تاب‌آوری کم قرار گرفته‌اند شامل ۲۵/۰۳ درصد از سطح منطقه (۸۶۸/۶۰ هکتار) است که بیشتر در ناحیه ۱ (محله سامیان)، ناحیه ۲ (محله زعفرانیه)، ناحیه ۳ (محلات امامزاده قاسم و دربند)، ناحیه ۵ (محلات درآباد و اقدسیه) و ناحیه ۹ (محله ازگل به‌ویژه هسته مرکزی روستای ازگل) واقع شده‌اند. آخرین دامنه یعنی تاب‌آوری خیلی کم ۱۳/۳۴ درصد از سطح منطقه (۴۶۳/۰۰ هکتار) را در بر می‌گیرد که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه ۲ (محله اوین)، ناحیه ۵ (محله کاشانک) و ناحیه ۹ (قسمت جنوبی محله ازگل) قرار دارند که به لحاظ تاب‌آوری در برابر زلزله از وضعیت نامساعدی برخوردار می‌باشند (جدول ۲).

جدول (۲): مساحت و درصد میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک تهران در برابر زلزله (ماخذ: نگارندگان)

میزان تاب‌آوری	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
تاب‌آوری خیلی زیاد	۹۴۶/۶۳	۲۷/۲۸
تاب‌آوری زیاد	۳۷۶/۹۷	۱۰/۸۶
تاب‌آوری متوسط	۸۱۳/۸۸	۲۳/۴۶
تاب‌آوری کم	۸۶۸/۶۰	۲۵/۰۳
تاب‌آوری خیلی کم	۴۶۳/۰۰	۱۳/۳۴

یافته‌های این پژوهش، نتایج پژوهش (Amiri et al., 2017) تحت عنوان «ارزیابی تاب‌آوری ساختاری- طبیعی کاربری اراضی شهرها (نمونه موردی: منطقه ۱ تهران)» مبنی بر این که بیشتر پهنه‌های منطقه یک شهرداری تهران (با میانگین ۰/۷۸) در برابر بحران زلزله از تاب‌آوری متوسط و متوسط به بالایی برخوردار است را مورد تایید قرار می‌دهد. یافته‌های پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که ۶۱/۶ درصد پهنه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله از تاب‌آوری متوسط به بالایی برخوردار است. همچنین یافته‌های این دو پژوهش نشان می‌دهد که میزان تاب‌آوری در برابر زلزله در بین نواحی منطقه متفاوت است. نتایج یافته‌های این پژوهش مبنی بر متفاوت بودن میزان تاب‌آوری در برابر زلزله بین نواحی مختلف شهر توسط نتایج پژوهش‌های محققانی همچون (Salmaniyehmoghaddam et al., 2014) مبنی بر «کاربرد برنامه‌ریزی کاربری اراضی در افزایش تاب‌آوری شهری در برابر زمین‌لرزه با استفاده از اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی شهر سبزوار»، (Mubarak et al., 2016) مبنی بر «بررسی وضعیت مناطق چهارگانه شهر کرمان به لحاظ برخورداری از مولفه‌ها و شاخص‌های تاب‌آوری»، (Mohammad & Ahmadinejad, 2016) مبنی بر «ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله، مورد مطالعه: شهر زنجان»، (Zargham et al., 2017) مبنی بر «سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری محله‌های شهری در برابر زلزله، بخش مرکزی شهر زنجان» و (Zanganehshahri et al., 2017) مبنی بر «ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدلFAHP و ویکور» نیز مورد تایید می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

طی چند دهه اخیر رشد روزافزون شهرها متاثر از رشد جمعیت و مهاجرت، منجر به ساخت‌وسازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختارهای فضایی به‌ویژه توسعه فیزیکی شهر در مکان‌های نامساعد طبیعی گشته است، توسعه فیزیکی در این شهرها به طور معمول بدون توجه به پارامترهای طبیعی و بوم‌شناختی صورت گرفته است که به‌نوبه خود چالش‌های ناگواری را به لحاظ مخاطرات محیطی برای شهرها در پی داشته و خواهد داشت. برای مقابله با چنین چالش‌هایی برنامه‌ریزی در راستای بهسازی و ساماندهی محیط شهری ضروری است؛ برنامه‌ریزی که ساختار شهرها را منطبق بر اصول توسعه پایدار شهری پیش برد. براساس مطالعه‌های صورت گرفته در منطقه یک شهرداری تهران به لحاظ مخاطرات محیطی و به‌ویژه زلزله مشخص شد که رشد نامنظم و کنترل نشده و شکل‌گیری ساختمان‌های شهری بدون برنامه ساخت‌وساز بر روی گسل‌ها با شدت لرزه‌خیزی بالا .... از مهم‌ترین پیامدهای نبود توجه کافی به قابلیت‌ها و محدودیت‌های محیط زیستی پیش از گسترش منطقه بوده است. از این‌رو در راستای کاهش اثرات و پیامدهای منفی، پژوهش حاضر با هدف سنجش میزان تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله صورت گرفته است. در این پژوهش به‌منظور سنجش تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک تهران در برابر زلزله، از ۸ معیار اصلی در قالب ۳۸ زیرمعیار با استفاده از مدل ANP در رویکرد تلفیقی با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل شبکه (ANP) حکایت از آن دارد که در بین شاخص‌های مورد پژوهش، شاخص‌های نوع گسل‌ها و ناپایداری اراضی به لحاظ شهرسازی به ترتیب با کسب امتیاز (۰/۳۱۷ و ۰/۱۹۴) بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک تهران در برابر زلزله دارند. نتایج حاصل از تلفیق لایه‌های اصلی در GIS، نشان می‌دهد که ۲۷/۲۸ درصد از سطح منطقه (۹۴۶/۶۳ هکتار) دارای تاب‌آوری و توان عالی در برابر زلزله می‌باشد که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه ۱ شهرداری (محله نوبنیاد)، ناحیه ۲ (محله دانشگاه)، ناحیه ۳ (محله سعدآباد)، ناحیه ۵ (محله اقدسیه) و ناحیه ۷ (محله پل رومی) قرار دارند. در مقابل ۱۳/۳۴ درصد از سطح منطقه (۴۶۳/۰۰ هکتار) با تاب‌آوری خیلی کم در برابر زلزله مواجه می‌باشد که بیشتر این پهنه‌ها در ناحیه ۲ (محله اوین)، ناحیه ۵ (محله کاشانک) و ناحیه ۹ (قسمت جنوبی محله ازگل) قرار دارند. به‌طورکلی می‌توان گفت نواحی شهرداری که در غرب منطقه یک شهرداری تهران واقع شده‌اند نسبت به دیگر نواحی منطقه از تاب‌آوری و توان اکولوژی کمتری در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. در راستای یافته‌های پژوهش، اجرای پیشنهادهای زیر می‌تواند در افزایش تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله موثر واقع شوند:

- ایجاد ساختمان‌های نوساز و مقاوم در برابر زلزله در بافت‌های روستـــایی منطقه از جمله، ده تجریش، ده دربند، ده امـامزاده

قاسم و به‌ویژه ده دارآباد و ازگل.
- جلوگیری از توسعه افقی منطقه در ارتفاعات و اراضی ناپایدار به‌ویژه در قسمت‌های شمالی که در صورت وقوع زلزله با خطر بالای زمین‌لغزش مواجه است.
- ملزم کردن طرح‌های بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده و روستایی به انجام فرآیند کارآمد و مورد تایید کارشناسان بـرای سنجش تاب‌آوری و توان اکولوژی منطقه در چارچوب کاهش اثرات مخرب زلزله‌های آتی؛
- توسعه منطقه بر مبنای الگوهای شهر فشرده، رشد هوشمند و شهر پایدار در اراضی بلااستفاده درون محدوده با تاب‌آوری و توان اکولوژی بالا.

فهرست منابع

Achmad, A.; Hasyim, S.; Dahlan, B. & N.Aulia, D. 2015. Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia, Applied geography, NO 62.

Aminiorki, S.; Modiri, M.; Shamsaizafarghandi, F. & Ghanbarinasab, A. 2015. Identification of Governing Perspectives on Vulnerability of Cities to Environmental Hazards and Extraction of its Components Using QI Method, Two Crisis Management Journal, Journal of Passive Defense Weekly: 5-18. (in persian).

Amiri, M.S.; Sepehrzad, B.; Marab, Y. & Salehi, A. 2017. Evaluation of physical resilience of earthquake zone 12 in Tehran using FAHP and Vikor model, Journal of Geographical Research, 32 (1): 147-138. (in persian).

Azizian, MS.; Nagdi, F. & Malazadeh, M. 2013. Evaluation of ecological potential of Tabriz suburbs for sustainable urban development with MCE approach, Journal of Urban Research and Planning. 4 (13): 113 - 128. (in persian).

Badri, A. & Ghanbari, JS. 2006. Evaluation of Environmental Capacity in Rural Civilization (Case Study: Ajabshir River Castle chye), Journal of Geographical Research. (4): 173- 185. (in persian).

Bahrampour, M.Bamanian, MR. 2012. Explaining the Locating Pattern of Crisis Management Bases Using GIS (Case Study of Tehran District 3), Two Quarterly Journal of Crisis Management, (1): 59-51. (in persian).

Bastaminia, A.; Rezaie, MR.; Tazesh, Y. & Dastoorpoor, M. 2016. Evaluation of Urban Resilience to Earthquake a Case Study: Dehdasht City, International Journal of Ecology & Development, Volume 31, Issue Number4

Berke, P.; Smith, G. & Lyles, W. 2012. Planning for Resiliency: Evaluation of State Hazard Mitigation Plans under the Disaster Mitigation Act. Nat. Hazards Rev. PP: 139-149.

Berke, Ph.; Godschalk, D. & Edward, K. 2006. Urban landuse planning. 5th Edition. Chicago: University of Illinois Press.

Buffett City Consulting Engineers. 2006. Preparation of Development Model and Detailed Plan of the Region and Cooperation with Municipality of Region 1 (Development Model of Region 1), Tehran Center for Urban Studies and Planning. (in persian).

Dadashpour, A. & Adel, Z. 2016. Measuring Resilience Capacities in Qazvin Urban Complex, Two Crisis Management Research Quarterly. (8): 73 - 84. (in persian).

Dehghani, H.; Mirzaei, N. & Eskandarighadi, M. 2013. Seismicity Study of Isfahan Region, Journal of Earth and Space Physics. 38 (4): 1 - 22. (in persian).

Dong, L. & Jie, S. 2013. A comprehensive review of earthquake induced building damage detection with remote sensing techniques, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 84 (2013), PP 85–99,www.elsevier.com/locate/isprsjprs

Dutta, V. 2012. War on the Dream, How Land use Dynamics and Peri-urban Growth Characteristics of a Sprawling City Devour the Master Plan and Urban Suitability, A Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach, proceeded In 13th Global Development Conference "Urbanisation and Development: Delving Deeper into the Nexus",Budapest,hungary

Falco, G. J. 2015. City Resilience through Data Analytics: A Human-centric Approach. Procedia Engineering, 118, 1008-1014. Retrieved from: www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S1877705815021979.

Gahramani, A.A. & Godrtabadi, L. 2013. T The Role of GIS in Risk and Disaster Risk Analysis of Districts 3 and 6 of Tehran Municipality, Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge. 2 (4): 311 - 321. (in persian).

Hataminejad, H.; Farhadi Khah, H.; Arvin, M. & Rahimpour, N. 2017. Investigating the Effective Dimensions of Urban Resilience Using Interpretive Structural Model (Case Study of Ahvaz City), Journal of Crisis Prevention and Management Knowledge, 7 (1): 45-35. (in persian).

Institute of Geography and Cartography Geology. 2009. History of Tehran, Second Edition: Tehran. (in persian).

Jesuslu, S.; Latifi, G.R. & Goodarzi, V. 2017. Assessment of Physical Tissue Vulnerability of Area One of Tehran City to Possible Earthquake Using IHWP Method and GIS System, Journal of Geographical Information (Sepehr). 25 (100): 73 - 87. (in persian).

Jha, K.; Miner, W. & Geddes, S. 2012. Building urban resilience: principles, tools, and practice, the world Bank , pp. 155.

Jokersarhangi, E. 2014. Comparative Assessment of the Location and Development of Urban Centers in Mazandaran Province with Ecological, Geographical and Development Approach. (33): 97 -112. (in persian).

Josie, A. & Hosseini, Z. 2015. Evaluation of Yasuj Ecological Capacity to Deploy Urban Development, Environmental Studies. 41 (3): 589–612. (in persian).

León, J. & March, A. 2014. Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile, Habitat International, Volume 43, PP 250–262.

Lewis, Dan. & Jaana Mioch. 2005. Urban vulnerability, good government, Journal of contingencies and crisis management.

Lopez, E.; Bocco, G.; Mendoza, M. & Duhau, E. 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe, A case in Morelia city, Mexico, Landscape and urban planning, NO 55.

Meerow, S.; Newell, J.P. & Stults, M. 2016. Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning, 147, 38-49. Retrieved from: www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S0169204615002418.

Min Xu, C.; Hao Zhang, J.; Kaneyuki, N.; Qisheng, J.; Chaoyi Chang, Y.; & Mengxu Gao, X. 2010. Change Detection of an Earthquake Induced Barrier Lake Based on Remote Sensing Image Classification, International Journal of Remote Sensing. 31 (13), pp3521-3534.

Moazami, B. & Rahimi, M. 2016. Evaluation and formulation of crisis resilience strategies in ancient urban context (Case study: Feizabad neighborhood of Kermanshah), Geography and Environmental Studies. 5 (18): 23-34. (in persian).

Mohammad, M. & Ahmadinejad, M. 2016. Evaluation of Urban Physical Resilience to Earthquake Hazard Study: Zanjan, Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards. 3 (1): 103 - 114. (in persian).

Mubarak, A.; Lalehpour, M. & Afzaligroup, Z. 2016. Investigating the Status of the Four Areas of Kerman for Resilience Components and Indicators, Urban Areas Studies Journal of Shahid Bahonar University of Kerman, 2 (5): 159-139. (in persian).

Population Division, United Nations. 2009. World population prospects. UN.

Pormosavi, M.; Shamsai, A.; Ahmadinejad, M.; Aeshgheichaharborj, A. & Khosravi, S. 2014. Vulnerability Assessment of City Buildings Using Fuzzy AHP and GIS Model (Case Study: District 3 of Tehran Municipality), Geography and Development, (34): 131-112. (in persian).

Qaherahmati, S. & Qaneibafaghi, R. 2012. Analysis of the Impact of Spatial Expansion of Tehran on Increasing Earthquake Vulnerability (Time Period: Physical Expansion of 200 Years), Geographical Research. 27 (2): 18218- 18240. (in persian).

Quarantelli, E L. 2003. Urban vulnerability to disasters in developing countries:Managing risks. In building safer cities. Washington.

Regulation 2800. 2006. Design of buildings against earthquake-rites, Iranian Institute of Standards and Industrial Research, Third revision. (in persian).

Sadin, H.; Mirzaali, M. & Kowsarisafa, M. 2017. Risk and Damage Analysis of Rural Earthquakes Using AHP and GIS Methods (Case Study: Damavand Abarshive Village), Two Quarterly Journal of Crisis Management, (11): 104-93. (in persian).

Salmaniyehmoghaddam, M.; Amir Ahmadi, A. & Kaviani, F. 2014. Application of Land Use Planning to Increase Urban Resilience to Earthquakes Using Geographic Information GIS, Case Study of Sabzevar City, Geographical Studies of Dry Areas, 5 (17): 17-34. (in persian).

Shukrifirouzah, P. 2017. Spatial Analysis of Resilience of Babol Regions to Environmental Hazards, Journal of Physical Development Planning Research, 2 (2): 27-44. (in persian).

Tehran Municipality Website. 2017. http://region1.tehran.ir. (in persian).

Usamah, M.; Handmer, J.; Mitchell, D. & Ahmed, I. 2014. Can the vulnerable be resilient? Co-existence of vulnerability and disaster resilience: Informal settlements in the Philippines, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 10, Part A, Pages 178–189.

Zanganehshahri, S.; Ziyari, K. & Purakarma, M. 2017. Seismicity Study of Isfahan Region, Journal of Earth and Space Physics. 38 (4): 1 - 22. (in persian).

Zargham, S.; Teimouri, A.; Mohammedian, H. & Shamaee, A. 2017. Measuring and Evaluating the Resilience of Urban Neighborhoods against Earthquake, (Central Section of Zanjan), Journal of Urban Research and Planning, 7 (27): 92-77. (in persian).

Zhou, H.; wang, J.; Wan, J. & Jia, H. 2009. Resilience to natural hazards: A geographic perspective, Nat Hazards.