فصلنامه پژوهش‌های حفاظتی ـ امنیتی دانشگاه جامع امام حسین(علیه‌السلام)
سال هشتم، شمارهٔ ۳۰ (تابستان ۱۳۹۸): صص ۱۷۸ – ۱۴۹

ارائه مدل تحلیلی برای پدافند غیرعامل شهرها (مطالعهٔ موردی: شهر ارومیه)[۱]

رضا خانبابائی ساعتلو[۲]
قادر احمدی[۳]
رسول درسخوان[۴]
میرسعید موسوی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۵

چکیده

شهرها به‌دلیل تراکم بالای جمعیت و هم‌چنین محل انباشت سرمایه، مهم‌ترین هدف برای خطرات ناشی از تهاجم دشمن بشمار می‌روند. بر همین اساس، این تحقیق بر آن است تا با بررسی و شناخت شاخص‌های مؤثر، میزان آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه را در برابر خطرات ناشی از حوادث غیرمترقبه و جنگ براساس اصول پدافند غیرعامل رتبه‌بندی نماید. این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی تحلیلی برخوردار هست. در این پژوهش پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با پدافند غیرعامل، تعداد ۱۴ شاخص مرتبط با برخی از اصول پدافند غیرعامل ازجمله اصول پراکندگی، مقاوم‌سازی و مکان‌یابی انتخاب شده و سپس برای وزن‌دهی به شاخص‌ها از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. جهت انجام تحلیل‌های مکانی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی رقومی سازی و ویرایش شده و با تبدیل لایه‌های اطلاعاتی به «رستر» و طبقه‌بندی آنها، ضریب اهمیت محاسبه شده با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، در هر یک از شاخص‌ها ضرب شده و با به‌کارگیری جمع وزنی در ترکیب شاخص‌ها، به سنجش میزان آسیب‌پذیری در مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه پرداخته شده است. در گام نهایی نیز آسیب‌پذیری شهر ارومیه به تفکیک مناطق پنج‌گانه و براساس مدل «تاپسیس» رتبه‌بندی شده است. نتایج بیانگر آن است که میزان آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه به ترتیب از بیشتر به کمتر، شامل مناطق پنج، یک، سه، چهار و درنهایت منطقهٔ دو می‌باشد و عمدهٔ موارد، با ضعف در رعایت اصل پراکندگی، مقاوم‌سازی و مکان‌یابی مرتبط است.

کلید واژگان: *آسیب‌پذیری، ارومیه، پدافند غیرعامل، تاپسیس، تحلیل سلسله‌مراتبی، شاخص.*

---

[۱] مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری آقای رضا خانبابائی ساعتلو با عنوان «ارائهٔ مدل تحلیلی برای پدافند غیرعامل شهرها با تأکید بر زیرساخت‌های شهری (مطالعه موردی: شهر ارومیه)» است.

[۲] دانشجوی دکتری شهرسازی، پردیس بین‌الملل واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی. hamidreza.۴۲۱۷@yahoo.com
[۳] استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه ارومیه، نویسنده مسئول. gh.ahmadi@urmia.ac.ir
[۴] استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، Darskhan@iaut.ac.ir
[۵] استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز. ms.moosavi@iaut.ac.ir

مقدمه

کشور ایران به‌دلیل قرار گرفتن در پهنه‌های زلزله‌خیز وگسل‌های موجود در سطح گسترهٔ سرزمینی و موقعیت خاص جغرافیایی و اقلیمی، از خطرات و بلایای طبیعی مصون نیست. از بُعد خطرات انسانی، ایران با قرارگرفتن در موقعیت استراتژیک خاورمیانه از یک‌سو و دارا بودن ذخایر عظیم نفت و گاز از سوی دیگر، همواره در کانون توجه دول استعماری قرار داشته است. نگاهی کوتاه به گذشتهٔ پرفراز و نشیب ایران، به‌خوبی روشن می‌سازد که کشورهای بسیاری هر یک در برهه‌ای خاص از تاریخ ایران، دست تعدی به خاک این مملکت دراز کرده‌اند.

شهرها با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری و استقرار بسیاری از تأسیسات و ابزارهای اقتصادی و از همه مهم‌تر، جمعیت زیادی که در آنها ساکن هستند، درصورت بروز بلایای طبیعی و جنگ دچار صدمات مالی و جانی قابل‌توجهی می‌شوند. در مناطق شهری، صدمات بلایای طبیعی و جنگی شامل ترکیبی از ویرانه‌های کالبدی و اختلال در عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکهٔ راه‌ها و دسترسی‌ها، تأسیسات اساسی، مخازن آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباطی تلفن، برق، آب، گاز و... از آن جمله هستند. درصورت بُروز بلایای طبیعی پرخطر و طولانی شدن جنگ، اختلال در هر یک از شبکه‌های آب‌رسانی، برق‌رسانی، گازرسانی و خطوط مخابراتی، موجب در تنگنا قرارگرفتن جمعیت ساکن شده و از توان مقاومت آنها می‌کاهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۶). دفاع غیرعامل به‌عنوان بستر توسعهٔ پایدار و یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در برابر تهدیدات محسوب و عرصه‌های مختلف فضاهای شهری را شامل می‌شود. این نوع دفاع، ۵ هدف محوری شامل: افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملّی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات نظامی را دنبال می‌نماید (غضنفری، ۱۳۹۲: ۲). تأسیسات شهری همانند رگ‌های حیاتی و عصبی یک موجود زنده، نقش اساسی در ادامهٔ فعالیت و حیات آن ایفا می‌کند و نگهداری آن از گزند حوادث طبیعی و انسان‌ساخت، امری حیاتی و غیرقابل‌انکار است. بقای کشور به بقای شهر و بقای شهر وابستگی مستقیم و شدیدی به بقای خدمات‌رسانی یک مجموعهٔ شهری دارد که به آنها تأسیسات شهری گفته می‌شود و بسته به موقعیت، شرایط و گستردگی، اختلال در هرکدام، موجب اختلال در شهر، منطقه و نهایتاً کشور

خواهد داشت. ازاین‌رو، اقدامات پدافند غیرعامل در حفظ و نگهداری این تأسیسات مهم، اصلی انکارناپذیر است. شهرها به‌دلیل تراکم بالای جمعیت و همچنین محل انباشت سرمایه، مهم‌ترین هدف برای خطرات ناشی از تهاجم دشمن بشمار می‌روند. مسئولان امنیتی و شهری یک کشور می‌توانند بر مبنای تفکر «پدافند غیرعامل»، قبل از وقوع چنین حوادثی، موقعیت و میزان آسیب‌پذیری مکان‌ها یا ساختمان‌هایی را که احتمال گسترش تهدید به آنها وجود دارد، شناسایی نمایند. به‌طور طبیعی با داشتن یک مدل، انجام این کار آسان‌تر خواهد شد و چه‌بسا جایابی و نحوهٔ طراحی مکان‌ها یا ساختمان‌های آسیب‌پذیر (ازلحاظ امنیتی)، تحت تأثیر قرار گیرد. انجام این تحقیق و سایر تحقیقات مشابه، ازآن‌جهت ضرورت دارد که درصورت عدم انجام آنها، مسئولان شهری و امنیتی از پیش ابزاری دقیق و علمی که آنها را از سطح آسیب‌پذیری فضاها و ساختمان‌های شهری در اثر وقوع تهدید آگاه نماید، در اختیار ندارند. در این صورت، احتمال دارد که حوادث ثانویهٔ گسترده‌تری رخ دهد (افرادی و احمدی، ۱۳۹۴: ۹۹–۹۸). بر همین اساس، این تحقیق بر آن است تا با بررسی و شناخت شاخص‌های مؤثر، میزان آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه را در برابر خطرات ناشی از حوادث غیرمترقبه و جنگ و براساس اصول پدافند غیرعامل رتبه‌بندی نماید. با لحاظ نمودن موقعیت جغرافیایی شهر ارومیه که در مناطق مرزی شمال‌غرب کشور و در همسایگی با سه کشور ترکیه، آذربایجان و عراق واقع گردیده است؛ هم‌چنین قرار گرفتن در پهنه‌های زلزله‌خیز و با درنظر گرفتن وضعیت توسعه، این شهر به‌عنوان یک شهر بزرگ مرزی مواجه با تهدیدات امنیتی از سوی کشورهای بیگانه، رعایت پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های شهری را حائز اهمیت نموده است. بر همین اساس، این پژوهش با هدف پاسخگویی به پرسش‌های ذیل انجام شده است:

۱.میزان آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر سوانح غیرمترقبه طبیعی و غیرطبیعی چگونه است؟

۲.کدام‌یک از مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه بیشترین میزان آسیب‌پذیری را دارند؟

مبانی نظری

آسیب‌پذیری اغلب به ظرفیت برای خسارت، درجه و میزان تخریب در عامل یا گروهی از

عوامل که از وقوع هر پدیده حاصل می‌شود یا به ظرفیت کافی نداشتن جامعه برای رویارویی در برابر تهدیدها و مخاطرات تعریف می‌شود که بر پایهٔ موقعیت افراد و گروه‌ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار است (رضویان و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۷). دراین‌بین، پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزار نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس نظامی، غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری نموده و یا میزان این خسارت و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد. خسارت‌ها و صدمه‌های محتمل شهری درصورت بُروز بحران‌های شهری، شامل ترکیبی از ویرانه‌های کالبدی و اختلال در عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکهٔ راه‌ها و دسترسی‌ها، تأسیسات اساسی مخازن آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباطی تلفن، برق، آب و گاز از آن جمله‌اند. همان‌طور که درصورت بُروز رخدادی مانند اختلال در هر یک از شبکه‌های آب‌رسانی، برق‌رسانی، گازرسانی و خطوط مخابراتی، جمعیت ساکن در تنگنا قرار می‌گیرند و از توان مقاومت آنها کاسته می‌شود (امان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۷). شاخص‌های مختلفی از منظر پدافند غیرعامل در آسیب‌پذیری شهرها نقش دارند که ازجملهٔ آنها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: دسترسی به مراکز امداد و نجات، فضاهای باز، ورودی و خروجی‌های اصلی شهر، مقاومت سازه و مساحت زیاد قطعات، فاصله از تأسیسات آب و برق و گاز، فاصله از مخازن اصلی نفت و پایانهٔ حمل‌ونقل بین‌شهری، فاصله از پل‌های اتصال‌دهندهٔ شهر و مراکز اداری حساس و تراکم جمعیتی و ساختمانی کم که موجب کاهش آسیب‌پذیری می‌شود.

در مقیاس شهری، نقش پدافند غیرعامل راهبردی برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری در برابر مخاطرات شامل طبیعی، انسان‌ساخت، جنگی و حتی مخاطرات ناشی از فنّاوری و محور برنامه‌ریزی ساخت و بافت شهری از پدافند غیرعامل، قابل‌توجه است (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۶۴). هدف از اجرای طرح‌های پدافند غیرعامل، کاستن از آسیب‌پذیری نیروی انسانی و مستحدثات و تجهیزات حیاتی، حساس و مهم کشور، علی‌رغم حملات خصمانه و مخرب دشمن و استمرار فعالیت‌ها و خدمات زیربنایی و تأمین نیازهای حیاتی و تداوم ادارهٔ کشور در شرایط بحرانی ناشی از جنگ و بحران‌های طبیعی است. در پدافند عامل، تنها نیروهای مسلح مسئولیت دارند. درصورتی‌که در پدافند غیرعامل تمام نهادها، نیروها، سازمان‌ها، صنایع و حتی مردم می‌توانند نقش

مؤثری بر عهده گیرند (کاظمی و تبریزی، ۱۳۹۴: ۱۵). اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل، مجموعه اقدامات بنیادی و زیربنایی است که درصورت به‌کارگیری می‌توان به اهداف پدافند غیرعامل، از قبیل خسارات و صدمات، کاهش قابلیت و توانائی سامانه‌های شناسایی، هدف‌یابی و دقت هدف‌گیری تسلیحات آفندی دشمن، تحمیل هزینهٔ بیشتر به دشمن و مقابله با تهدیدات امنیتی نائل گردید. این اصول عبارت‌اند از: ۱. مکان‌یابی، ۲. استتار، ۳. اختفا، ۴. پوشش، ۵. فریب، ۶. تفرقه و پراکندگی، ۷. مقاوم‌سازی و استحکامات، ۸. اعلام خبر (جعفری‌زاده و حمزه، ۱۳۹۷: ۹۶). جهت نیل به هدف تحقیق و براساس شاخص‌های موجود، در این تحقیق از اصول مکان‌یابی، پراکندگی و مقاوم‌سازی بهره گرفته شده است. دراین‌بین، تهدید مفهومی انتزاعی است که درهم‌تنیدگی عمیقی با مفهوم امنیت دارد، لذا هر جایی که موضوع امنیت و امنیت ملّی مورد مداقه قرار می‌گیرد، حتماً از تهدید نیز سخن به میان می‌آید. امنیت را می‌توان حفظ ذات و صیانت نفس از اساسی‌ترین خطرات تعریف کرد. برخی صاحب‌نظران حفظ خود را در چهار پدیدهٔ ذیل که از مؤلفه‌های امنیت ملّی به‌حساب می‌آیند، خلاصه می‌نمایند: ۱. حفظ جان مردم، ۲. حفظ تمامیت ارضی، ۳. حفظ نظام اقتصادی و سیاسی، ۴. حفظ استقلال و حاکمیت (زرگان و دهنوی، ۱۳۹۵: ۹۵).

پیشینهٔ تحقیق

تحقیقات مختلفی در ارتباط با آسیب‌پذیری شهرها ازمنظر پدافند غیرعامل انجام گرفته که در ذیل به برخی از آنها اشاره می‌شود:

میلازو و ماچیو در مطالعه‌ای تحت عنوان «ارزش‌یابی ریسک حملات تروریستی به تأسیسات آبی و کاهش دادن آسیب‌پذیری» که در ایتالیا انجام شده است، بیشتر سیستم‌های حمل‌ونقل مواد خطرناک را مدنظر دارند (Milazzo et al, ۲۰۱۵: ۹۸).

اباذرلو و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر موشک‌باران (نمونهٔ موردی شهر سبزوار)» با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس[۱] شاخص‌های دسترسی، تراکم، کاربری و میزان آسیب‌پذیری شهر سبزوار را در شرایط جنگ مشخص نمودند که نتایج تحقیق نشان می‌دهد، جنوب شهر که دارای محدوده‌هایی با تراکم

[۱] IHWP

ساختمانی بالا و فاصلهٔ زیاد تا مراکز امداد و فاصلهٔ کم از کاربری‌های دارای اولویت تهاجم هست، از امتیاز آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار است، به‌گونه‌ای که ۵۸/۹ درصد شهر سبزوار از آسیب‌پذیری زیادی در برابر موشک‌باران برخوردار است (اباذرلو و همکاران، ۱۳۹۴).

اسکندری و همکاران (۱۳۹۳) در مقالهٔ «تحلیل خسارت شریان‌های حیاتی با درنظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند»، بعد از معرفی شریان‌های آب و برق با استفاده از دو مدل «تئوری گراف» و مدل «لئونتیف»، ۲۴۰ سناریو برای ارزیابی آسیب‌پذیری و ریسک این شریان‌ها احصاء کردند که در بین سناریوهای تک متغیره، سناریوی انفجار در تصفیه‌خانه و در بین سناریوهای ترکیبی، انفجار در تصفیه‌خانه و پست برق بیشترین احتمال وقوع را دارد (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۹).

راشد و ویکس (۲۰۱۱) برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری ناشی از تروریسم به‌صورت بمب‌گذاری شاخص‌هایی مانند عملکرد پل‌ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، بزرگراه‌ها، حداکثر هزینهٔ بازسازی ساختمان‌ها و غیره را با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[1] و نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] مدل‌سازی کرده‌اند (Rashed and Weeks, ۲۰۱۱: ۵۴۱).

شیعه و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی آسیب‌پذیری شهر با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس و نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی منطقهٔ ۶ تهران با استفاده از شاخصه‌هایی چون شتاب بیشینهٔ منطقه، تراکم ساختمانی و جمعیتی، کاربری زمین و غیره، آسیب‌پذیری منطقهٔ ۶ در مقابل زلزله را مشخص کرده‌اند. نتایج مقاله نشان می‌دهد که محدوده‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیهٔ پایین، فاصلهٔ زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه‌ها و درجهٔ محصوریت بیشتری بوده‌اند، امتیاز آسیب‌پذیری بالایی آورده‌اند. همچنین با حرکت از سمت شمال منطقه به‌طرف جنوب، به میزان آسیب‌پذیری بافت افزوده می‌شود (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹).

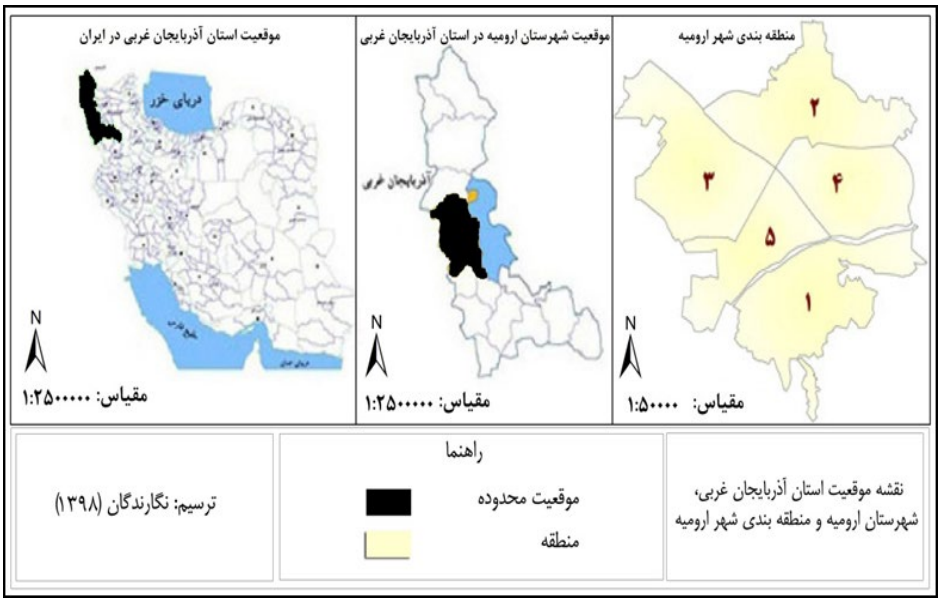
وکرل و ویتزمن (۲۰۰۶) در فعالیت پژوهشی با عنوان «شهرهای ایمن راهبردهایی برای برنامه‌ریزی شهری، طراحی و مدیریت»، مسئلهٔ ایمنی و امنیت شهری را در کلان‌شهر لندن تبیین

[1] Analytical Hierarchy Process (AHP)
[2] Geographic information system (GIS)

نموده‌اند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که طراحی و مدیریت بهینهٔ فضاهای شهری در تأمین امنیت آنها مؤثر است (Wekerle & Whitzman, ۲۰۰۶: ۸).

شناخت محدوده

شهر ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی است که در شمال‌غربی کشور واقع شده است. در سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر ارومیه ۷۳۶۲۲۴ نفر و مساحت این شهر ۸۵۷۷/۳ هکتار است که از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده، از شرق به دریاچهٔ ارومیه و از غرب به مرز ترکیه و عراق محدود می‌گردد (مهندسین مشاور طرح و آمایش، ۱۳۸۹). همچنین براساس نظام تقسیمات شهرداری، شهر ارومیه دارای ۵ منطقه، ۱۵ ناحیه و ۶۰ محله است، به‌طوری‌که منطقهٔ ۱ شامل ۳ ناحیه و ۱۵ محله، منطقه ۲ شامل ۳ ناحیه و ۱۵ محله، منطقهٔ ۳ شامل ۳ ناحیه و ۱۱ محله، منطقهٔ ۴ شامل ۴ ناحیه و ۱۲ محله و درنهایت منطقهٔ ۵ نیز شامل ۲ ناحیه و ۷ محله است (شکل شمارهٔ ۱).

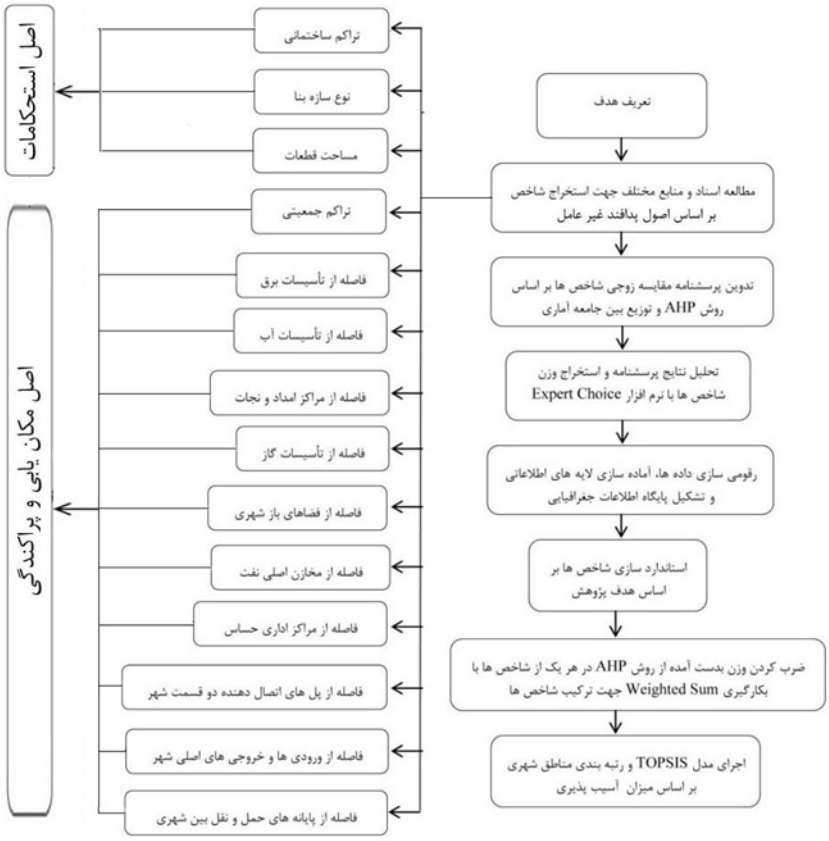


شکل شمارهٔ ۱: موقعیت استان آذربایجان غربی و شهر ارومیه در کشور به همراه منطقه‌بندی شهر (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

روش تحقیق

این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی تحلیلی برخوردار است. گردآوری اطلاعات ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات موجود، مطالعات میدانی و اطلاعات سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته است. بدین‌صورت که پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با پدافند غیرعامل، شاخص‌های مؤثر آسیب‌پذیری ازمنظر پدافند غیرعامل استخراج شده و سپس با توجه به موجود بودن اطلاعات شاخص‌های مؤثر در تعیین آسیب‌پذیری برای شهر ارومیه، ۱۴ شاخص از بین عوامل مختلف تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری برای رسیدن به خروجی تحقیق، انتخاب شده است. با توجه به اینکه هرکدام از شاخص‌های مؤثر در تعیین آسیب‌پذیری ضریب اهمیت متفاوتی دارند، لذا در این مقاله از نظرات نخبگان جهت تعیین وزن (ضریب اهمیت) شاخص‌ها استفاده شده است. برای وزن‌دهی به شاخص‌ها براساس روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تعداد ۲۰ پرسشنامه که محتوای آن براساس مقایسهٔ زوجی شاخص‌ها طراحی شده، بین اساتید دانشگاه، کارشناسان دخیل در امر مدیریت شهری و فارغ‌التحصیلان کارشناسی‌ارشد شهرسازی توزیع شده و پس از جمع‌آوری و تحلیل نتایج در نرم‌افزار اکسپرت چویس ۱۱[۱]، وزن شاخص‌ها با ضریب سازگاری ۰/۰۸ استخراج شده که کمتر از ۰/۱ بوده و درنتیجه سازگاری بین قضاوت‌ها موردقبول است. جهت انجام تحلیل‌های مکانی ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی رقومی‌سازی و ویرایش شده و با تبدیل لایه‌های اطلاعاتی به رستر و طبقه‌بندی آنها، ضریب اهمیت محاسبه‌شده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، در هر یک از شاخص‌ها ضرب شده و با به‌کارگیری جمع وزنی[۲] به ترکیب شاخص‌ها، به سنجش میزان آسیب‌پذیری در مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه پرداخته شده است. در گام نهایی نیز آسیب‌پذیری شهر ارومیه (خروجی تحقیق) به تفکیک مناطق پنج‌گانه و براساس مدل تاپسیس رتبه‌بندی شده است (شکل شمارهٔ ۲).

[۱] Expert Choice
[۲] Weighted Sum



شکل شمارهٔ ۲: فرایند تحقیق (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با پدافند غیرعامل، شاخص‌های مؤثر آسیب‌پذیری ازمنظر پدافند غیرعامل استخراج شده و سپس با توجه به موجود بودن اطلاعات شاخص‌های مؤثر در تعیین آسیب‌پذیری برای شهر ارومیه، ۱۴ شاخص از بین عوامل مختلف تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری برای رسیدن به خروجی تحقیق انتخاب شده است. این شاخص‌ها شامل فاصله از تأسیسات آب، فاصله از تأسیسات برق، فاصله از تأسیسات گاز، مساحت قطعات، فاصله از مراکز امداد و نجات (مراکز درمانی و آتش‌نشانی)، فاصله از مخازن اصلی نفت، فاصله از ورودی و خروجی‌های اصلی شهر، فاصله از پایانه‌های حمل‌ونقل بین‌شهری، فاصله از پل‌های اتصال‌دهندهٔ

دو قسمت شهر، فاصله از مراکز اداری حساس، فاصله از فضاهای باز شهری (ورزشگاه‌های روباز، اراضی بایر، پارک‌ها، دسترسی‌های اصلی و باغ‌ها)، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی و سازهٔ بنا است. بنابراین، بر مبنای شاخص‌های موردبررسی و مطالعهٔ تحقیقات انجام‌شده با توجه به اینکه برخی شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق کمّی و برخی کیفی می‌باشند، برای مقایسهٔ وضعیت شاخص‌ها و وزن‌دهی به آنها در شهر موردمطالعه، از بین روش‌های ارزیابی چندمعیاری متعددی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، روش چندمعیاری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انتخاب شده است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که توماس ال ساتی[1] در سال ۱۹۸۰ میلادی بنا نهاده است، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و افزون بر آن، درنظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی را در مسئله دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را نیز دارد (امینی و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۵). اساس تعیین وزن در این روش را، مقایسهٔ دوبه‌دوی معیارها تشکیل می‌دهد. در روش مقایسهٔ زوجی، اهمیت نسبی معیارها در یک مقایسهٔ پیوسته به ۹ بخش تقسیم می‌شود. این فرایند، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره است. سهولت استفاده و چندجانبه بودن روش باعث مشارکت گروه‌های مختلف، تفکر، استدلال و کارایی می‌شود و تصمیمات گروهی را بهبود می‌بخشد. برای وزن‌دهی ماتریس مقایسات زوجی از مقیاس ۱ تا ۹ استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عناصر دیگر در رابطه با آن خصوصیت مشخص شود. جدول شمارهٔ ۱، مقیاس را برای انجام مقایسات زوجی نشان می‌دهد. در این پژوهش از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن نسبی هر معیار ویژه استفاده شده است.

جهت تعیین وزن می‌بایست مراحل ذیل انجام گردد:

۱. تعریف و سازمان‌دهی معیارها در یک سلسله‌مراتب (تشکیل ماتریس معیارها) (شکل شمارهٔ ۳).

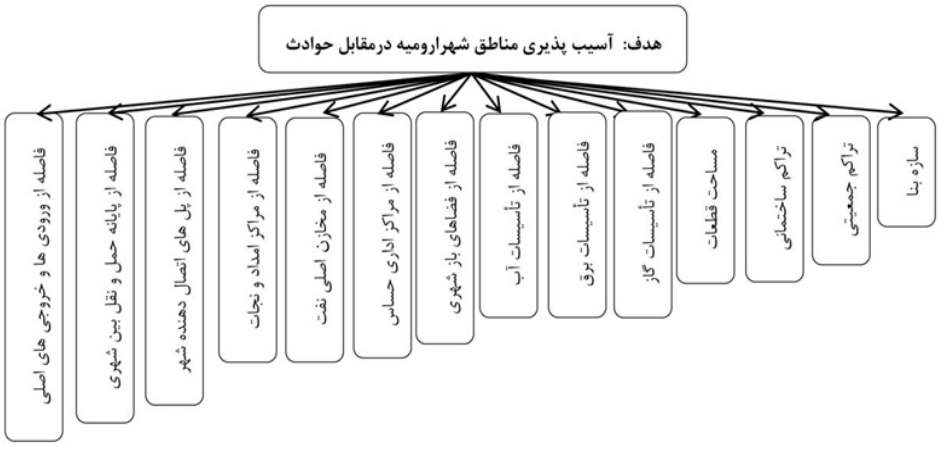
[1] Tomas L Satty

۲. انجام مقایسه دو به دویی از اهمیت نسبی معیارها برای ایجاد وزن‌ها.

۳. برای تعیین درجهٔ دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص ناسازگاری استفاده می‌شود که بر مبنای رویکرد بردار ویژهٔ تئوری گراف محاسبه می‌گردد که اگر شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد، وزن‌دهی صحیح است (شناور و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۵).

شرح	تعریف	درجه اهمیت
دو عنصر اهمیت یکسانی دارند	اهمیت مساوی	۱
اهمیت یک عنصر نسبت به عنصر دیگر اندکی بیشتر است	اهمیت اندکی بیشتر	۳
اهمیت یک عنصر نسبت به عنصر دیگر بیشتر است	اهمیت بیشتر	۵
اهمیت یک عنصر نسبت به عنصر دیگر خیلی بیشتر است	اهمیت خیلی بیشتر	۷
اهمیت یک عنصر نسبت به عنصر دیگر مطلق است	اهمیت مطلق	۹
–	اهمیت میانه	۲، ۴، ۶، ۸

جدول شمارهٔ ۱: رتبه‌بندی مقایسات زوجی (شناور و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۵-۱۳۴)



شکل شمارهٔ ۳: سلسله‌مراتب اهداف و معیارها (منبع: نگارندگان: ۱۳۹۸)

پس از انجام مقایسات زوجی شاخص‌ها و تحلیل آنها در نرم‌افزار اکسپرت چویس، وزن شاخص‌ها با ضریب سازگاری ۰/۰۸ به‌دست آمد (جدول شمارهٔ ۲).

شاخص	وزن نهایی
تراکم جمعیتی	۰/۱۰۲
فاصله از ورودی‌ها و خروجی‌های اصلی	۰/۰۲۳
فاصله از پایانه حمل‌ونقل بین‌شهری	۰/۰۲۰
فاصله از پل‌های اتصال‌دهنده شهر	۰/۰۴۱
تراکم ساختمانی	۰/۰۷۸
فاصله از مراکز امداد و نجات	۰/۰۷۰
فاصله از مخازن اصلی نفت	۰/۰۷۶
فاصله از مراکز اداری حساس	۰/۰۶۱
فاصله از فضاهای باز شهری	۰/۰۴۴
مساحت قطعات	۰/۰۵۲
فاصله از تأسیسات آب	۰/۰۹۰
فاصله از تأسیسات برق	۰/۱۰۲
فاصله از تأسیسات گاز	۰/۱۴۹
سازهٔ بنا	۰/۰۹۲

جدول شمارهٔ ۲: وزن نهایی شاخص‌ها (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

پس از تعیین وزن شاخص‌ها با مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، در مرحله بعد جهت انجام تحلیل‌های مکانی به رقومی‌سازی و ایجاد پایگاه اطلاعاتی هر یک از شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. این اطلاعات از طرح‌های توسعهٔ شهر ارومیه شامل طرح جامع، طرح تفصیلی و برداشت‌های میدانی محقق به‌دست آمده، به‌طوری‌که این مرحله بیشترین زمان تحقیق را به خود اختصاص داده است. در گام بعدی عملیات «ژئورفرنس»[۱] کردن لایه‌های اطلاعاتی براساس قرارگیری شهر ارومیه در «UTM: Zone ۳۸»[۲] اجرا شده و درنهایت ساخت

[۱] Georefrence

[۲] سامانه مختصات جهانی مرکاتور معکوس

نقشه‌های معیار انجام شده است. برای ساخت لایهٔ اطلاعاتی تـراکم جمعیتـی، پس‌ازاینکـه جمعیـت نقاط مختلف شهر ارومیه در یک فیلد اطلاعاتی وارد شد، جهت محاسـبهٔ مسـاحت قطعـات شـهری برحسب هکتار از ابزار «Calculating Geometry» در نرم‌افزار سیستم اطلاعـات جغرافیـایی استفاده شده است. پس از محاسبهٔ مساحت قطعات و جمعیت آنها، تـراکم جمعیتـی شـهر ارومیـه بـا تقسیم تعداد جمعیت به مساحت قطعـات در یـک فیلـد مجـزا به‌دسـت آمـده اسـت. در مـورد لایـهٔ تـراکم ساختمانی، ابتدا ۶۰ درصد از مساحت قطعات به‌عنوان سطح اشغال درنظر گرفته شده و عدد به‌دست‌آمده در تعداد طبقات ضرب شده و با تقسیم کردن جواب به‌دست‌آمده بـر مسـاحت قطعـات و ضـرب کـردن آن در ۱۰۰، تراکم ساختمانی قطعات محاسبه شده است.

در تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی زیرساخت‌های آب، برق و گاز فاصله از خطوط اصلی این شبکه‌ها ملاک قرار گرفته و فاصله از این تأسیسات با استفاده از دستور فاصلهٔ اقلیدسی در نرم‌افـزار سیسـتم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. در تهیهٔ لایـه‌های اطلاعـاتی فاصـله از مراکـز امـداد و نجـات (درمانی و آتش‌نشانی)، مخازن اصلی نفت، مراکز اداری حساس، پل‌های ارتباط‌دهندهٔ شـهر، پایانـهٔ حمل‌ونقل بین‌شهری، فضاهای باز و از ورودی و خروجی‌های شهر، پس از شناسـایی کـاربری‌هـا و مکان‌های موردنظر، با استفاده از دستور فاصلهٔ اقلیدسی به ساخت نقشه‌های معیار اقدام شده اسـت. پس از تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی، تمام شاخص‌های فوق و نیز نقشهٔ نوع سازهٔ بنـا، تمـامی لایـه‌ها بـا استفاده از ابزار «Conversion Tools» به نقشه‌های رستر تبدیل شده است. با توجه به اینکـه نقشه‌های رستری فاقد جدول توصیفی برای تحلیل شاخص‌ها می‌باشند و برای انجام تحلیـل شـاخص‌ها و سنجش میزان آسیب‌پذیری در شهر ارومیه نیاز به طبقه‌بندی مجدد شاخص‌ها براساس هـدف تحقیـق وجود دارد، لذا بر همین اساس پـس از تبـدیل تمـامی لایـه‌های اطلاعـاتی بـه فرمـت رسـتر، عملیـات «Reclassify»[1] کردن رسترهای تولیدشـده در نرم‌افـزار سیسـتم اطلاعـات جغرافیـایی صـورت گرفته است (جدول شمارهٔ ۳). با توجه به اینکه یک لایـهٔ رسـتری براسـاس قـدرت تفکیـک[2] آن از تعدادی پیکسل‌های یک‌اندازه تشکیل شده است که هر یک از آنها دارای ارزش عددی مختص بـه

[1] طبقه‌بندی مجدد

[2] Resulation

خود هستند، به عمل هم‌جنس کردن، طبقه‌بندی کردن یا دسته‌بندی کـردن داده‌هـا در یـک لایـهٔ رستری، Reclassify گویند. با استفاده از این جعبه‌ابزار، بعد از تقسـیم‌بندی ارزش پیکسـل‌ها در طبقات موردنظر، لایهٔ رستری تولید خواهد شد که از تلفیق رسترهای موجود در یک طبقه، طبقـاتی از یک جنس و یک نوع ساخته می‌شود. برای اجرای دسـتور Reclassify از ابـزار « Spatial Analyst»[1] در نرم‌افزار «GIS» استفاده شده است.

نام شاخص	واحد	نحوه ارزش‌گذاری			رابطه با آسیب‌پذیری	منبع
		آسیب‌پذیری	بازه‌ها	امتیاز		
تراکم جمعیتی	نفر در هکتار	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۴۰۰	۵	مستقیم	(انجمن علمی پدافند غیرعامل، ۱۳۹۷)؛ (موغلی و همکاران، ۱۳۹۴)
		زیاد	۴۰۰-۳۰۱	۴		
		متوسط	۳۰۰-۲۰۱	۳		
		کم	۲۰۰-۱۰۱	۲		
		خیلی‌کم	۱۰۰-۰	۱		
فاصله از ورودی‌ها و خروجی‌های اصلی	متر	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۲۰۰۰	۵	مستقیم	
		زیاد	۲۰۰۰-۱۵۰۱	۴		
		متوسط	۱۵۰۰-۱۰۰۱	۳		
		کم	۱۰۰۰-۵۰۱	۲		
		خیلی‌کم	۵۰۰-۰	۱		

[1] تحلیل فضایی

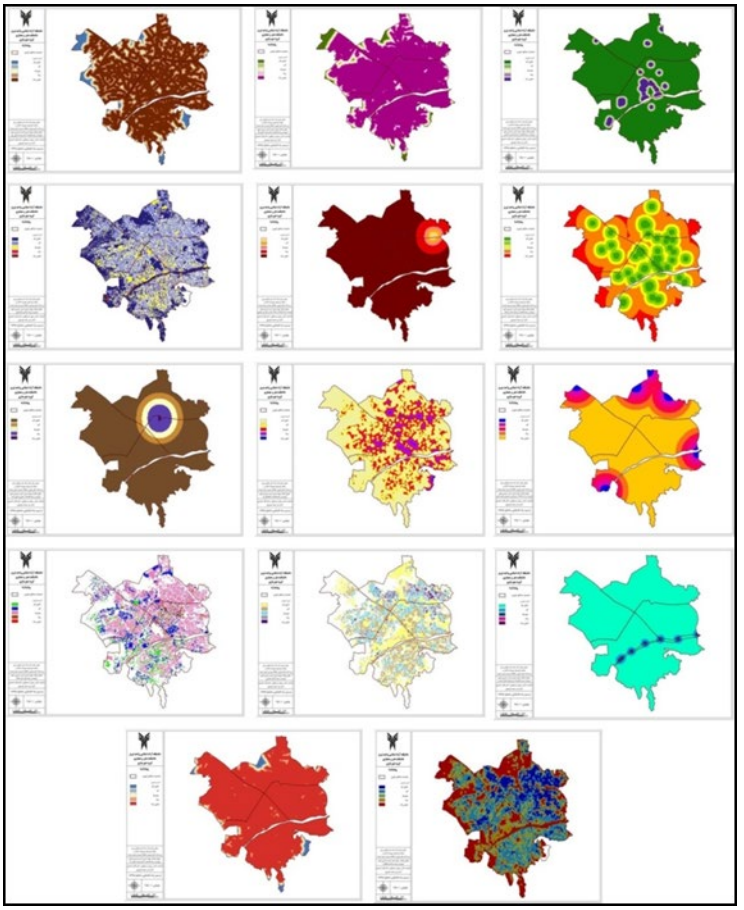
فاصله از پایانه حمل‌ونقل بین‌شهری	متر	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۱۵۰۰	۵	مستقیم	
		زیاد	۱۵۰۰-۷۵۱	۴		
		متوسط	۷۵۰-۵۰۱	۳		
		کم	۵۰۰-۲۵۱	۲		
		خیلی‌کم	۲۵۰-۰	۱		
فاصله از پل‌های اتصال‌دهندهٔ شهر	متر	خیلی‌زیاد	۵۰-۰	۵	معکوس	
		زیاد	۱۰۰-۵۱	۴		
		متوسط	۲۰۰-۱۰۱	۳		
		کم	۴۰۰-۲۰۱	۲		
		خیلی‌کم	بیشتر از ۴۰۰	۱		
تراکم ساختمانی	درصد	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۴۵۰	۵	مستقیم	
		زیاد	۴۵۰-۳۰۱	۴		
		متوسط	۳۰۰-۱۵۱	۳		
		کم	۱۵۰-۵۱	۲		
		خیلی‌کم	۵۰-۰	۱		
فاصله از مراکز امداد و نجات	متر	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۱۵۰۰	۵	مستقیم	
		زیاد	۱۵۰۰-۷۵۱	۴		
		متوسط	۷۵۰-	۳		

			۵۰۱			
		کم	۵۰۰-۲۵۱	۲		
		خیلی‌کم	۲۵۰-۰	۱		
فاصله از مخازن اصلی نفت	متر	خیلی‌زیاد	۵۰-۰	۵	معکوس	
		زیاد	۱۰۰۰-۵۱	۴		
		متوسط	۱۵۰۰-۱۰۰۱	۳		
		کم	۲۰۰۰-۱۵۰۱	۲		
		خیلی‌کم	بیشتر از ۲۰۰۰	۱		
فاصله از مراکز اداری حساس	متر	خیلی‌زیاد	۱۵۲-۰	۵		
		زیاد	۲۱۵-۱۵۳	۴		
		متوسط	۲۹۰-۲۱۶	۳		
		کم	۳۶۵-۲۹۱	۲		
		خیلی‌کم	بیشتر از ۳۶۵	۱		
فاصله از فضاهای باز شهری	متر	خیلی‌زیاد	بیشتر از ۴۰۰	۵	مستقیم	
		زیاد	۴۰۰-۲۰۱	۴		
		متوسط	۲۰۰-۱۰۱	۳		
		کم	۱۰۰-۵۱	۲		
		خیلی‌کم	۵۰-۰	۱		

فاصله از تأسیسات آب، برق و گاز	متر	خیلی‌زیاد	۰-۱۰۰	۵	معکوس	
		زیاد	۱۰۱-۲۰۰	۴		
		متوسط	۲۰۱-۳۰۰	۳		
		کم	۳۰۱-۴۰۰	۲		
		خیلی‌کم	بیشتر از ۴۰۰	۱		
سازهٔ بنا	بدون واحد	خیلی‌زیاد	خشت و چوب	۵	با توجه به کدگذاری	
		زیاد	آجر و چوب	۴		
		متوسط	آجر و آهن	۳		
		کم	اسکلت فلزی	۲		
		خیلی‌کم	بتن آرمه	۱		
مساحت قطعات	مترمربع	خیلی‌زیاد	۰-۱۵۰	۵	معکوس	
		زیاد	۱۵۱-۳۰۰	۴		
		متوسط	۳۰۱-۴۵۰	۳		
		کم	۴۵۱-۶۰۰	۲		
		خیلی‌کم	بیشتر از ۶۰۰	۱		

جدول شمارهٔ ۳: نحوهٔ ارزش‌گذاری شاخص‌ها و رابطه آنها با اهداف تحقیق (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

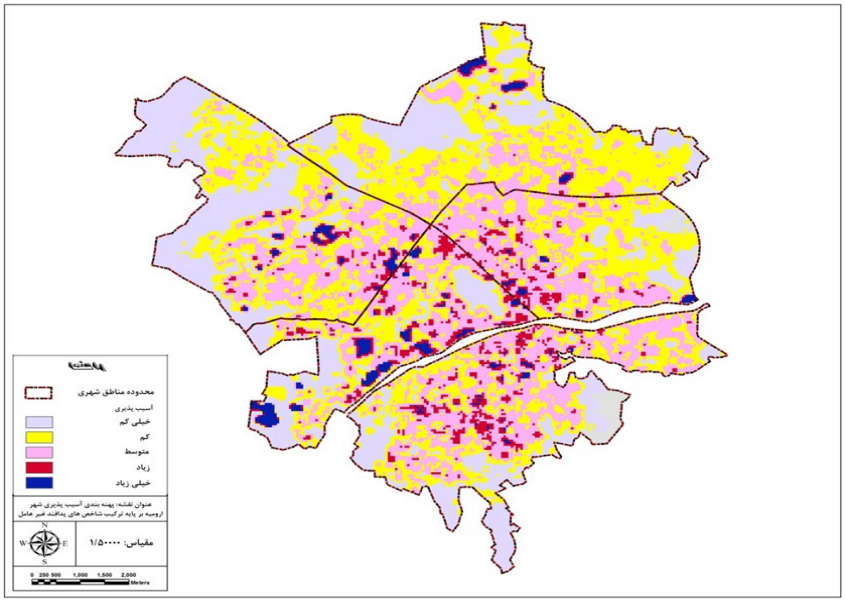
نقشه‌های Reclassify شدهٔ تک‌تک شاخص‌ها در شکل شمارهٔ ۴ آمده است.



شکل شمارهٔ ۴: نقشه‌های Reclassify شدهٔ شاخص‌ها (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

پس از طبقه‌بندی مجدد شاخص‌ها براساس هدف تحقیق، لایه‌ها و وزن‌های به‌دست‌آمده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در نرم‌افزار اکسپرت چویس (جدول شمارهٔ ۲) با استفاده از دستور جمع وزنی در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب شده و هدف نهایی پژوهش که تعیین میزان آسیب‌پذیری شهر ارومیه در مقابل حوادث غیرمترقبه می‌باشد، استخراج شده است (شکل شمارهٔ ۵). نتایج حاصل از ترکیب شاخص‌های چهارده‌گانهٔ آسیب‌پذیری به تفکیک مناطق پنج‌گانه، بیانگر آن است که در منطقه یک، ۲۳ درصد از محدوده در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌کم، ۲۹ درصد در پهنهٔ

آسیب‌پذیری کم، ۳۹ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری متوسط، ۸ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری زیاد و ۱ درصد نیز در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد واقع شده است. در منطقهٔ چهار، ۱۱ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌کم، ۳۹ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری کم، ۴۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱ درصد نیز در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد واقع شده است. در منطقهٔ سه، ۳۸ درصد از محدوده در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌کم، ۳۲ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری کم، ۲۵ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری متوسط، ۳ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری زیاد و ۲ درصد نیز در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد واقع شده است. در منطقهٔ دو، ۲۹ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌کم، ۵۱ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری کم، ۱۸ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری متوسط، ۱ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری زیاد و ۱ درصد نیز در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد واقع شده است. در منطقهٔ پنج، ۲۶ درصد از محدوده در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌کم، ۲۷ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری کم، ۳۱ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری متوسط، ۱۰ درصد در پهنهٔ آسیب‌پذیری زیاد و ۶ درصد نیز در پهنهٔ آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد واقع شده است



شکل شمارهٔ ۵: نقشهٔ آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر حوادث غیرمترقبه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

رتبه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهر ارومیه براساس مدل تاپسیس

تکنیک تاپسیس یکی از کاراترین روش‌های تصمیم‌گیری چندعیاره بوده و الگوریتمی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس شباهت‌هایشان به راه‌حل ایدئال محسوب می‌شود که اولین بار توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ میلادی ارائه شد.

به‌طور خلاصه، در روش تاپسیس، موضوع موردمطالعه براساس یک ماتریس «m×n» که دارای «m» گزینه و «n» شاخص یا معیار است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (کلانتری، ۱۳۹۱: ۲۶۵). مراحل انجام مدل تاپسیس شامل مراحل ذیل است:

۱. تشکیل ماتریس شاخص‌ها، ۲) رفع اختلاف مقیاس شاخص‌ها، ۳) محاسبهٔ وزن برای شاخص‌ها یا معیارها، ۴) شناسایی راه‌حل‌های ایدئال و غیرایدئال، ۵) محاسبهٔ فاصلهٔ هر شاخص نسبت به راه‌حل ایدئال و غیرایدئال، ۶) محاسبهٔ نزدیکی نسبی تا راه‌حل ایدئال، ۷) مرتب کردن گزینه‌ها براساس مقدار«C^{+}» (کلانتری، ۱۳۹۱: ۲۸۶-۲۷۱).

مرحلهٔ اول: اولین قدم از فرایند مدل تاپسیس، تشکیل ماتریسی از طبقات مختلف آسیب‌پذیری است (جدول شمارهٔ ۴).

	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
منطقه یک	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۰۸	۰/۰۱
منطقه دو	۰/۲۹	۰/۵۱	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱
منطقه سه	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۰۲
منطقه چهار	۰/۱۱	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۰۶	۰/۰۱
منطقه پنج	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۱۰	۰/۰۶

جدول شمارهٔ ۴: ماتریس اولیهٔ آسیب‌پذیری (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مرحلهٔ دوم: طبقات آسیب‌پذیری مورداستفاده در جدول شمارهٔ ۱ دارای مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند. در این صورت باید نسبت به رفع اختلاف مقیاس شاخص‌ها اقدام کرد. لذا در این تحقیق از روش نرم اقلیدسی برای نرمال‌سازی استفاده شده است که فرمول آن به‌صورت ذیل است (همان: ۲۷۲).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{xij} 2}}$$

نتایج حاصل از نرمال‌سازی ماتریس فوق در جدول شمارهٔ ۵ آمده است.

	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
منطقه یک	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۱۵
منطقه دو	۰/۴۸	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۰۷	۰/۱۵
منطقه سه	۰/۶۳	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۳۰
منطقه چهار	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۱۵
منطقه پنج	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۶۹	۰/۹۱

جدول شمارهٔ ۵: ماتریس نرمال‌شده (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مرحلهٔ سوم: ازآنجاکه طبقات آسیب‌پذیری مورداستفاده دارای اهمیت و ارزش یکسانی نیستند، لذا برای از بین بردن این تفاوت‌ها باید به محاسبهٔ وزن برای آنها اقدام کرد و این وزن‌ها را در ماتریس رفع اختلاف مقیاس شده (جدول شمارهٔ ۵) ضرب نمود. در این تحقیق، جهت محاسبهٔ وزن طبقات آسیب‌پذیری ابتدا به هرکدام از طبقات، از بیشترین تا کمترین آسیب‌پذیری، امتیازهای ۹، ۷، ۵، ۳ و ۱ اختصاص داده شده و سپس میانگین این امتیازها به‌عنوان وزن نسبی هرکدام از طبقات مختلف آسیب‌پذیری درنظر گرفته شده است (جدول شمارهٔ ۶).

آسیب‌پذیری	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
وزن	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۳۶

جدول شمارهٔ ۶: وزن شاخص‌ها (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

ماتریس نرمال‌شدهٔ وزنی طبقات آسیب‌پذیری در جدول شمارهٔ ۷ آمده است.

	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
منطقه یک	۰/۰۱۵	۰/۰۴۲	۰/۱۰۸	۰/۱۵۴	۰/۰۵۴
منطقه دو	۰/۰۱۹	۰/۰۷۴	۰/۰۵۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۴
منطقه سه	۰/۰۲۵	۰/۰۴۷	۰/۰۶۸	۰/۰۵۹	۰/۱۰۸

منطقه چهار	۰/۰۰۷	۰/۰۵۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۵	۰/۰۵۴
منطقه پنج	۰/۰۱۷	۰/۰۴۰	۰/۰۸۶	۰/۱۹۳	۰/۳۲۸

جدول شمارهٔ ۷: ماتریس نرمال‌شدهٔ وزنی (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مرحلهٔ چهارم: در این مرحله راه‌حل‌های ایدئال (A^+) و غیرایدئال (A^-) برای هریک از طبقات براساس مثبت و منفی بودن آنها، ازطریق مقادیر ماتریس نرمال‌شدهٔ وزنی به‌دست می‌آید (جدول شمارهٔ ۸) (کلانتری، ۱۳۹۱: ۲۸۱).

$$A^+ = \text{Max}\ \{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_n^+\}$$

$$A^- = \text{Min}\ \{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_n^-\}$$

	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
راه‌حل ایدئال	۰/۰۲۵	۰/۰۷۴	۰/۱۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۵۴
راه‌حل غیرایدئال	۰/۰۰۷	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰	۰/۱۹۳	۰/۳۲۸

جدول شمارهٔ ۸: راه‌حل‌های ایدئال و غیرایدئال (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مرحلهٔ پنجم: در این مرحله برای محاسبه نزدیکی نسبی تا راه‌حل ایدئال می‌توان از فرمول ذیل استفاده کرد (جدول شمارهٔ ۱۰).

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ - S_i^-)$$

مرحلهٔ ششم: در این مرحله فاصله هر طبقه با راه‌حل ایدئال (A^+) و راه‌حل غیرایدئال (A^-) با توجه به نوع آن (ازنظر مثبت یا منفی بودن) محاسبه می‌گردد. فاصله هر طبقه با راه‌حل ایدئال به‌وسیلهٔ (S^+) و فاصله هر معیار با راه‌حل غیرایدئال با (S^-) نشان داده شده است (جدول شمارهٔ ۹) (کلانتری، ۱۳۹۱: ۲۸۲).

$$S^- = \sqrt{\left[\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2\right]}$$

$$S^+ = \sqrt{\left[\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^+)^2\right]}$$

V^{+}_{j}, V^{-}_{j} = مقادیر گزینه‌های ایدئال و غیرایدئال.

V_{ij} = مقادیر نرمال‌شده وزنی هر طبقه که از ماتریس V به‌دست می‌آید.

S^{+}= میزان نزدیکی هرکدام از راه‌حل‌ها به راه‌حل ایدئال. هر چه مقدار S^{+} کوچک‌تر باشد، راه‌حل موردنظر به راه‌حل ایدئال نزدیک‌تر است.

S^{-}= میزان دوری هرکدام از راه‌حل‌ها به راه‌حل غیرایدئال، هر چه مقدار S^{-} بزرگ‌تر باشد، راه‌حل موردنظر به راه‌حل غیرایدئال دورتر است.

مناطق	S^{-}	S^{+}
منطقه یک	۰/۲۸۲۹	۰/۱۳۸۵
منطقه دو	۰/۳۲۶۳	۰/۰۶۸۳
منطقه سه	۰/۲۵۸۹	۰/۰۸۷۵
منطقه چهار	۰/۲۹۳۴	۰/۰۹۷۸
منطقه پنج	۰/۰۳۷۴	۰/۳۲۷۳

جدول شمارهٔ ۹: فاصله شاخص‌ها با راه‌حل ایدئال و غیرایدئال (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مرحلهٔ هفتم: مقدار C^{+}_{i} همواره بین صفر و یک در نوسان است. هرچه مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد، مرکز یا واحد موردنظر دارای برتری بیشتری نسبت به سایر موارد است. در این مرحله، مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه را براساس مقدار C^{+} به ترتیب نزولی مرتب می‌کنیم. هرچه مقدار C^{+} بزرگ‌تر باشد، بهترین راه‌حل ایدئال محسوب می‌شود (جدول شمارهٔ ۱۰).

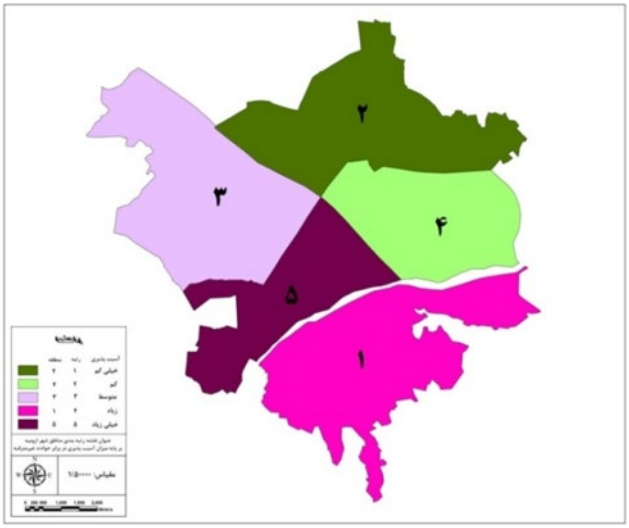
مناطق شهری	C^{+}	رتبه
دو	۰/۸۲۷	**۱**
چهار	۰/۷۵۰	**۲**
سه	۰/۷۴۸	**۳**
یک	۰/۶۷۱	**۴**
پنج	۰/۱۰۲	**۵**

جدول شمارهٔ ۱۰: رتبه‌بندی نهایی مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه براساس مقدار C^{+}_{i}

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی و شناخت شاخص‌های مؤثر و نیز تحلیل و رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه در برابر خطرات ناشی از حوادث غیرمترقبه و جنگ بوده است، لذا برای رسیدن به این هدف، اسناد و منابع مختلف جهت استخراج شاخص‌ها مطالعه گردید. سپس از میان عوامل مختلف تعداد ۱۴ شاخص شامل فاصله از تأسیسات آب، فاصله از تأسیسات برق، فاصله از تأسیسات گاز، فاصله از مراکز امداد و نجات (مراکز درمانی و آتش‌نشانی)، فاصله از مخازن اصلی نفت، فاصله از ورودی و خروجی‌های اصلی شهر، فاصله از پایانه‌های حمل‌ونقل بین‌شهری، فاصله از پل‌های اتصال‌دهندهٔ دو قسمت شهر، فاصله از مراکز اداری حساس، فاصله از فضاهای باز شهری (ورزشگاه‌های روباز، اراضی بایر، پارک‌ها، دسترسی‌های اصلی و باغ‌ها)، مساحت قطعات، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی و سازهٔ بنا انتخاب شده است. در مرحلهٔ بعد، جهت تعیین اهمیت شاخص‌ها، پرسشنامهٔ مقایسهٔ زوجی شاخص‌ها به‌طور تصادفی بین اساتید دانشگاه، کارشناسان دخیل در امر مدیریت شهری و فارغ‌التحصیلان کارشناسی‌ارشد شهرسازی توزیع شده و وزن شاخص‌ها در نرم‌افزار اکسپرت چویس استخراج شده است. سپس با ساخت نقشه‌های معیارها و ایجاد پایگاه‌های اطلاعات داده برای آنها، نسبت به رستر‌سازی شاخص‌ها اقدام شده و در گام بعدی عملیات، Reclassify کردن شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی براساس هدف تحقیق صورت گرفته است. سپس شاخص‌های Reclassify شده با اعمال ضریب اهمیت به‌دست‌آمده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ترکیب شده و در مرحلهٔ آخر نقشهٔ آسیب‌پذیری شهر ارومیه استخراج شده است. بررسی‌ها بیانگر آن است که بخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی شهر که بخش زیادی از بافت جدید شهر را به خود اختصاص داده، به همراه بافت مرکزی شهر بیشترین میزان آسیب‌پذیری را دارند. بخش شرقی ارومیه در وضعیت میانهٔ آسیب‌پذیری قرار داشته و قسمت‌های شمالی و شمال‌غربی نیز آسیب‌پذیری کمتری ازلحاظ شاخص‌های پدافند غیرعامل دارند. نتایج حاصل از اجرای مدل تاپسیس جهت رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری در مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه نیز نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری این مناطق، به ترتیب از بیشتر به کمتر، شامل مناطق پنج، یک، سه، چهار و درنهایت منطقهٔ دو است (شکل شمارهٔ ۶).



شکل شمارهٔ ۶. رتبه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانهٔ شهر ارومیه بر پایهٔ مدل تاپسیس (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

در پایان پیشنهادهایی جهت ارتقای ایمنی و امنیت شهر ارومیه براساس اصول پدافند غیرعامل به ترتیب ذیل پیشنهاد می‌شود:

۱. هوشمندسازی شبکه‌های زیرساخت شهری برای جلوگیری از وقوع بحران مضاعف در مواقع بروز شرایط بحرانی (اصل اعلام خبر).

۲. مکان‌یابی صحیح مراکز حساس و پراکنش مناسب آنها در سطح مناطق شهری با لحاظ نمودن اصول پدافند غیرعامل در راستای جلوگیری از آسیب‌پذیری در مواقع بحرانی و جنگی (اصل مکان‌یابی، پراکندگی و استتار).

۳. تسریع در عملیاتی شدن حلقهٔ دوم ترافیکی شهر ارومیه به‌منظور روان‌سازی جریان شهری در جهت ورود و خروج (اصل مکان‌یابی).

۴. لحاظ نمودن اصول پدافند غیرعامل در بازنگری مطالعات طرح تفصیلی ارومیه و طرح‌های بازآفرینی شهری (اصل مکان‌یابی).

۵. پراکنش متناسب مراکز درمانی، تأسیسات آتش‌نشانی و اورژانس در سطح شهر ارومیه (اصل مکان‌یابی و پراکندگی).

۶. جلوگیری از ساخت‌وسازها در حریم رودخانهٔ شهر چای ارومیه (اصل مکان‌یابی).

۷. توانمندسازی بافت‌های فرسوده شهری و سرعت بخشیدن بـه اجـرای طرح‌هـای بـازآفرینی شهری (اصل مقاوم‌سازی و استحکامات).

۸. ایجاد فضاهای باز شهری در پادگان ۳۰ هکتاری متروکهٔ ارتش واقع در هستهٔ مرکزی شـهر ارومیه (اصل پراکندگی و فریب).

۹. مکان‌یابی مناسب و خارج نمودن انبار مرکزی سوخت از منـاطق داخلـی شـهر بـه خـارج از محدوده شهر (اصل مکان‌یابی، پراکندگی و استتار).

منابع و مآخذ

الف) منابع فارسی

۱. اباذرلو، سجاد؛ ستاره، علی‌اکبر؛ غضنفری، مصطفی (۱۳۹۵)، *غگظ ات اُ ن ِ لته ّ ی ندین یم ین" ا یقضد یگ ّ گلق گ ره یخالغظ* موردمطالعه: شهر سبزوار: مجله علمی و پژوهشی علوم و فنّاوری پیشرفته، شماره رمزی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۲. اسکندری، محمد؛ امیدوار، بابک؛ توکلی، محمدصادق (۱۳۹۳)، *" ژعظ ِ له ّ ی ندف چت ا ز "ا ّ ق" ا" ا ِ ی ا ّ " ق" ا ّ ظ ز" ا چنعا ّ لگسق گ (غجلخم غقدیگن: ی ّ ضم ِ ّ ، قت یشد گ یتنض ق چت ا یم ین)*: دو فصلنامه مدیریت بحران، صص ۳۰-۱۹.

۳. افرادی، کاظم؛ احمدی، حسن (۱۳۹۴)، *غ گظ لتق ّ ا لتج چ ِ لته ّ ی ندین گ ی" یت ی ا ر ّ ؤا ؤ ا ان یم ین" ی غق ان قنّ ط زا ان یم ین (غجلخ ا غقدیگن: نض غ یضّ فحالغ ز غقّ یت ز ا):* فصلنامه حفاظتی– امنیتی، سال ۳، شماره ۱۵، صص ۱۱۷-۹۷.

۴. امان‌پور، سعید؛ محمدی، مصطفی؛ علیزاده، مهدی (۱۳۹۵)*ا ای ّ نا ز ِ له ّ ی ندین ّ ن ی ا لک ° ا ان یم ین ضقالگ ی °" ا یقضد یگ ّ گلق گ ره یخالغظ:* دورهٔ ۸، شمارهٔ ۱، صص ۱۵۴-۱۳۳.

۵. امینی، جمال؛ کرمی، جلال؛ علی‌محمدی، سراب؛ هاشمی‌هدایت، عباس (۱۳۸۸)، *ای ّ ت ا ز یق ؤا ان ّ ت ّ ه" ف ز ّ ب ته خطه ین Fuzzy Screening, AHP, AHP_OWA گ یخت ف ت ا ز غ یط ّ س یق ظ ز- ق ی ّ ی ز یق ا ّ ا ن ز (غجلخ ا غقدیگن: گ ا ا ّ ف ضف ّ ا ّ ای غم ا ا گ): لتق ّ ا ّ گ قد ق GIS ن یف*، سال اول، شمارهٔ ۴، صص ۵۴- ۴۱.

۶. انجمن علمی پدافند غیرعامل کشور (۱۳۹۷)*ا ف پ ا یت م یگ ای ف" ات گ ا ّ گلق ت گ ره یخالغظ "گلق گ اف ئ ی ا ّ غ ف ّ گلق گ ره یخالغظ ق قی* صص ۲۴۸-۱.

۷. جعفری زاده، امید؛ حمزه، فرهاد (۱۳۹۷)، *ی لک ا ا ّ ن ّ گلق گ ره یخالغظ ا ّ ق ح ی ّ ن ی ا لک ز گ ی س تان یم ین: س ق ی لغمس یغ لگ ا ز قغق ّ یظ* سال ۲۵، شمارهٔ ۳، صص ۱۱۴-۹۲.

۸. حاتمی‌نژاد، حسین؛ ابدالی، یعقوب؛ الله‌قلی‌پور، سارا (۱۳۹۶)، *ق ی ّ ا ِ لته ّ ی ندین" ات ° س ی ا ق گ م یم ین گ ی" ی ا ّ ی گ ا ئ ی ا ا ّ " ا یقضد یگ ّ گلق گ ره یخالغظ (غجلخ ا غقدیگن: " ات ° س ی ا ت ق گ م غ یضّ ن ضعف ی م ی ا ا ق ا ّ)*: فصلنامهٔ اطلاعات جغرافیایی، دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ۱۰۴، صص ۱۷۲-۱۵۹.

۹. حسینی، سید علی؛ زنگنه‌شهرکی، سعید؛ حسینی، سید محمد؛ قنبری‌نسب، علی (۱۳۹۰)، *ارزیابی ریسک سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز خشک‌رود)*، تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۱۰. رضویان، محمدتقی؛ علیان، مهدی؛ رستمی، حسین (۱۳۹۷)، *ارزیابی ریسک سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی*، آمایش سرزمین، دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۱، صص ۳۱-۶۳.

۱۱. زرگان، جمیل؛ دهنوی، جلیل (۱۳۹۵)، *ارزیابی خطر سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی*، فصلنامهٔ حفاظتی-امنیتی، سال ۵، شمارهٔ ۱۹، صص ۱۱۰-۹۱.

۱۲. شناور، بامشاد؛ حسینی، محسن؛ اورک، ندا (۱۳۹۱)، *ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)*، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۲، صص ۱۴۹-۱۲۹.

۱۳. شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث؛ ترابی، کمال (۱۳۸۹)، *پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک GIS در حوضه آبخیز کن*، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تهران.

۱۴. غضنفری، مصطفی (۱۳۹۲)، *پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کن)*، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۱۵. کاظمی، شهربانو؛ تبریزی، نازنین (۱۳۹۴)، *ارزیابی ریسک سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کن)*: فصلنامهٔ مطالعات برنامه‌ریزی شهری، سال ۳، شماره ۹، صص ۲۶-۱۱.

۱۶. کلانتری، خلیل (۱۳۹۱)، *مخاطرات زیست‌محیطی و توسعه پایدار (رویکردها و روش‌ها)*، تهران: انتشارات فرهنگ صبا.

۱۷. موغلی، مرضیه؛ متقی، افشین؛ حسینی‌امینی، حسن (۱۳۹۴)، *ارزیابی ریسک سیل‌خیزی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی*

ئ م ی صص ۱۹۲-۱. تهران: نشر انتخاب،

۱۸. مهندسان مشاور طرح و آمایش (۱۳۸۹)، غ ج خ ا ٔ ث ی چ ٔ ا ن خ ٔ ٔ گ ت گ ف ح ی ی ت م ی ٔ ا ی ق ف ت ا ن ا گ ا ی م ض ط ی ل ق ی م ی ٔ ا ٔ ن ا استان آذربایجان‌غربی.

ب) منابع لاتین

۱. Milazzo, M. F., Vianello, C and Maschio, G. (۲۰۱۵), Uncertainties in QRA: Analysis of Losses of Containment from Piping and Implications on Risk Prevention and Mitigation, Journal of Loss Prevention in the Process Industry, No.۳۶, pp: ۹۸-۱۰۷.

۲. Rashed, K and Weeks, J. (۲۰۱۱), Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spatial Multicriteria Analysis of Urban Areas", International Journal of Geographic Information Science Vol. ۱۷, No. ۶: pp: ۵۴۷-۵۷۶

۳. Wekerle, G. & Whitzman, c. (۲۰۰۶), Safe Cities: Guidelines for Planning, Design and Management, ۵۶.