فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 8, No. 2, Serial 28 (Summer 2018)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰

ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای در بافت شهر ارومیه مبتنی بر روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی_ فازی

اصغر عابدینی[1] و رضا کریمی[2]

۱. استادیار دانشکده معماری، شهرسازی و هنر دانشگاه ارومیه ، ارومیه. ایران (نویسنده مسئول)as.abedini@urmia.ac.ir

۲. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری دانشگاه ارومیه. ارومیه. ایرانKarimi699@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: ضرورت کاهش خطرپذیری شهر در برابر زلزله، یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌گردد. کاهش خطرپذیری شهرها در برابر زلزله زمانی رخ خواهد داد که اصول مدیریت بحران؛ و به تبع آن پدافند غیر عامل در همه سطوح برنامه‌ریزی (از آمایش سرزمین تا معماری)، مد نظر قرار گیرد. با این حال سطح میانی یعنی برنامه‌ریزی در مقیاس شهر و منطقه (شهرسازی) نقش کلیدی در کاهش خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله دارد. هدف این تحقیق شناسایی نقاط خطرپذیر شهر ارومیه در برابر زلزله است.

روش: برای رسیدن به این هدف ابتدا از میان عوامل مختلف مؤثر بر میزان خطرپذیری، تعداد ۱۲ شاخص شامل مساحت قطعات، قدمت سازه، مقاومت سازه، تراکم واحد مسکونی، تراکم خانوار در واحد مسکونی، تراکم جمعیتی، فاصله از فضای سبز، فاصله از تأسیسات خطرناک، فاصله از دسترسی درجه ۱، تعداد طبقات، فاصله از مراکز درمانی و آتش‌نشانی انتخاب شد. جهت اجرای تحلیل‌های کمی، شاخص‌ها وارد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شده سپس با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص‌ها با هدف پژوهش، نوع تابع فازی مشخص شده و به استانداردسازی لایه‌ها در نرم‌افزار ایدریسی اقدام شده است. در انتها نیز با تأثیر دادن وزن شاخص‌ها که با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار اکسپرت چویس به‌دست آمده، به همپوشانی لایه‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام شده است.

یافته‌ها: بیشترین ضریب اهمیت به‌دست آمده مربوط به شاخص تعداد طبقات و کمترین آن مربوط به شاخص خانوار در واحد مسکونی است.

نتایج: نتایج حاصله بیانگر آن است که میزان خطرپذیری در بخش شمال، شمال شرقی، شرقی و جنوبی ارومیه نسبت به سایر بخش‌های ارومیه کمتر است. از طرفی میزان خطرپذیری در بخش مرکزی شهر در حالت میانی قرار دارد و بخش‌های جنوب شرقی، غربی، شمال غربی و تا حدودی جنوب غربی بیانگر پتانسیل بالای خطرپذیری است.

واژه‌های کلیدی: خطرپذیری، ارومیه، زلزله، ایدریسی، فازی.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** عابدی، اصغر؛ کریمی، رضا (تابستان، ۱۳۹۷)، ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای در بافت شهر ارومیه مبتنی بر روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی_ فازی. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۲)، ۱۴۹-۱۶۰.

Assessment the Seismic Risk in Urmia City Context Based on Fuzzy Hierarchical Process Analysis Method

Asghar Abedini[1], Reza Karimi [2]

1- Assistant Professor in Urmia University, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia, Iran (Corresponding Author)

2- Master of Urban Planning, Urmia University, Urmia, Iran

ABSTRACT

Background and objective: The necessity of decreasing the risks in cities against earthquake consider as one of the main objectives in physical and urban planning. Decreasing the risk in cities against the earthquake will happen when the principles of crisis management and consequently passive defense planning are considered at all levels of planning (from spatial planning to architecture). However, the intermediate level, it means urban planning plays a key role in decreasing the risk of Urmia Against the earthquake. The objective of this study is to identify the risk zones in Urmia against earthquake.

Method: To achieve this goal, first, among the various factors affecting the risk level, 12 indicators including areas, structure age, structure resistance, density of residential unit, household density in residential unit, population density, distance from green space, distance from dangerous facilities, distance from grade one access, number of floors, distance from health centers and firewalls were choose. To implement quantitative analyzes, the indicators entered the GIS software. Then, considering the relationship between the indicators and the aim of the study, the type of fuzzy function has been specified and standardization of the layers has been done in IDRISI software. Finally, by influencing the weight of the indicators, obtained using the hierarchical analysis process method in Expert Choice software, the overlay of the layers in the GIS software has been done.

Findings: The maximum important coefficient related to the number of floors and the minimum one is related to the household index in the residential unit.

Results: The results show that the risk level in the northern, northeastern, eastern and southern parts of Urmia is lower than the other parts of Urumieh. On the other hand, the risk level in the central part of the city is in the middle level, and the southeast, west, northwest, and somewhat southwest regions represent a high risk potential.

Keywords: Risk, Urmia, Earthquake, Idrisi, FUZZY.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Abedini A, Karimi R. (2018, Summer). Assessment the Seismic Risk in Urmia City Context Based on Fuzzy Hierarchical Process Analysis Method. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(2), 149-160 .

مقدمه

در قرن بیستم بیش از ۱۱۰۰ زلزله مخرب در کل دنیا رخ داد و باعث مرگ ۱٫۵۰۰٫۰۰۰ نفر شد. ۹۰ درصد تلفات در این حوادث مربوط به فرو ریختن ساختمان‌هایی بود که ایمنی کافی نداشتند (قاسمی آزاد خانی، احمدی و توسلی[1]، ۲۰۱۴). پیش‌بینی می‌شود، در قرن ۲۱، حداقل ۲ میلیون نفر دیگر نیز در اثر حوادث زلزله از بین بروند. کشور ایران به علت موقعیت جغرافیایی (قرارگیری روی کمربند زلزله‌ی آلپ –هیمالیا) به طور مکرر با وقوع سوانح طبیعی، به ویژه زلزله مواجه است، به‌طوری‌که ۹۰ درصد خاک ایران بر روی کمربند زلزله واقع شده است. به دلیل شدت یافتن روند گسترش شهرها و تمرکز جمعیت و سرمایه در آنها، اهمیت خطر زلزله در کشور ما بیشتر شده است. طبق آمار رسمی ۱۷/۶ درصد زلزله‌های مخرب جهان به کشور ما تعلق دارد، این رقم بیش از سه برابر زلزله‌های مخرب کشور ژاپن (با ۷/۱ درصد) است (محمد زاده، ۱۳۸۸). با وجود این مسئله در کشور به دلیل عدم برنامه‌ریزی در مقابله با زلزله همه ساله تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی به کشور تحمیل می‌گردد. تقریباً ۵۰ درصد از شهرهای بزرگ دنیا در نزدیکی گسل‌های فعال و نواحی سیل‌خیز قرار گرفته‌اند. بر اساس تخمین انجام گرفته تقریباً ۹۵ درصد از قربانیان بلاهای طبیعی از کشورهای در حال توسعه بوده و میزان خسارت ایجاد شده در این کشورها نیز ۲۰ برابر کشورهای توسعه یافته است (حبیبی، تولایی و اعظمی[2]، ۲۰۱۴). با توسعه شهری و رشد اقتصادی نیاز به کاستن از خطرات نه تنها برای اطمینان از کنترل ریسک، بلکه از دیگر اقدام‌های مهم شامل مدیریت، برنامه‌ریزی تولید و ردیابی پروژه‌ها با مهار بیان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد (لیانگ فنگ، گیرنگ، کون لانگ و لیانگ[3]، ۲۰۰۲). کاهش خسارت‌های جانی و مالی را می‌توان به میزان قابل توجهی از طریق انطباق و اجرای برنامه‌های مناسب، بهبود طراحی سازه‌ها و روش‌های ساخت کاهش داد (جهیربین عالم[4] و همکاران، ۲۰۰۸). در بسیاری از شهرها می‌توان به برنامه‌های طرح‌های مقابله با حوادث عمومی دسترسی پیدا کرد. این برنامه‌ها در جهت کاهش آثار بلایای طبیعی، کمک به بهبود روند، شناسایی نواحی خطر مانند دشت‌های سیل گیر و گسل‌های فعال، شناسایی مکان‌های تخلیه و توسعه سیستم توزیع امکانات اضطراری است (تاکاهاشی[5]، ۱۹۹۹). ارزیابی استعداد لرزه‌ای ساختمان‌ها با استفاده از منحنی‌های تخمین آسیب‌پذیری انجام می‌شود. راه‌های مختلفی برای انجام این کار وجود دارد: تحلیل گونه‌های مختلف ساختمانی جهت محاسبه پایداری سازه‌ها در برابر سناریوهای مختلف، داوری مهندسی در جهت پشتیبانی از طراحی‌های عملی، مدل‌های تجربی گونه‌های مختلف ساختمانی و تحلیل بناهای آسیب دیده پس از زلزله (جارا، گوارو و آگیلار[6]، ۱۹۹۲).

آسیب‌پذیری شهری در برابر بلایای طبیعی مانند زلزله تابعی از رفتار انسانی است و درجه‌ای از سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی و دارایی‌های فیزیکی در مناطق شهری حساس و یا مقاوم که تحت تأثیر خطرات طبیعی هستند را توصیف می‌کند (راشد و ویکس[7]، ۲۰۰۳). ضرورت کاهش خطرپذیری شهر در برابر زلزله، یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌گردد. در این راستا پدافند غیرعامل شهری، مهم‌ترین مقوله‌ای است که می‌تواند آسودگی خاطر شهروندان، امنیت جانی و مالی آن‌ها و ایمنی زیرساخت‌های شهری را فراهم آورد. امروزه برخی از نقاط شهری، متأسفانه به دلیل بی‌برنامگی با محدودیت فضا روبرو هستند، و این باعث می‌شود که از یک سو بافت شهری فشرده شود و در نتیجه تراکم جمعیتی ساکن در آن افزایش یابد؛ و ازدیگر سوی زمین‌های نامناسب از نظر آسیب‌پذیری از بلایای طبیعی، بیشتر توسط فقیرترین طبقات جامعه تصرف شود (حبیبی، سرکارگر اردکانی، یوسفی و صفدرنژاد، ۱۳۹۱). در چنین شرایطی استقرار نامناسب کاربری‌ها، عدم توجه به سلسله مراتب دسترسی، بارگذاری‌های بیش از ظرفیت، عدم رعایت حریم تأسیسات خطر زا، فقر اقتصادی و ... در نقاط مختلف شهرها از جمله مواردی است که در مواقع وقوع بلایا، خسارات را مضاعف نموده و تلفات سنگینی بر جای می‌گذارد.

طبق مطالعات طرح جامع مهم‌ترین گسل‌های عمده نزدیک شهر ارومیه در اطراف نوشین شهر، سرو و سیلوانا بوده (مهندسین مشاور

1. Ghasemi Azadkhani, Ahmadi & Tavassoli
2. Habibi, Tavallaei & Azami
3. Liangfeng, Guirong , Kun long and Liang
4. Jahir Bin Alam
5. Takahashi
6. Jara, Guerrero & Aguilar
7. Rashed & Weeks

طرح و آمایش، ۱۳۸۹) و بر اساس آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) به تبع اندازه، امتداد و شدت لرزه خیزی این گسل‌ها، شهر ارومیه در پهنه خطر زیاد ارزیابی شده است (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳).

از این رو کاهش خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله زمانی رخ خواهد داد که اصول مدیریت بحران و به تبع آن پدافند غیر عامل در همه سطوح برنامه‌ریزی (از آمایش سرزمین تا معماری)، مد نظر قرار گیرد با این حال سطح میانی یعنی برنامه‌ریزی در مقیاس شهر و منطقه (شهرسازی) نقش کلیدی در کاهش خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله دارد. با توجه به اینکه نقاط مختلف شهری بر اساس واقع بودن سکونتگاه‌های غیر رسمی، بارگذاری بیش از ظرفیت، فرسودگی بناها، مکان‌یابی نامناسب تأسیسات و ... درجه‌ای از میزان خطرپذیری را دارا هستند، بر همین اساس این مقاله با هدف بررسی میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله، بر آن است تا میزان خطرپذیری را بر اساس شاخص‌های دوازده گانه تبیین نماید، به طوری که از نتایج آن می‌توان در برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری بر مبنای پدافند غیر عامل بهره برد.

مبانی نظری

برنامه‌ریزی و طراحی شهری باید کاربری‌های شهری را به گونه‌ای جانمایی کند که نخست کاربری‌ها به صورت سکونتگاه‌های ایمن در برابر زلزله عمل نماید، دوم شرایط لازم را برای اجرای بهینه‌ی طرح مدیریت بحران تسهیل نماید. توزیع نامتوازن کاربری‌ها بر اساس سازگاری و ظرفیت آن در شهرها، شبکه ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده، تراکم شهری بالا، وضعیت نامناسب استقرار تأسیسات و تجهیزات شهری، توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل، باعث افزایش میزان خسارات وارده به شهرها، به هنگام وقوع حوادث طبیعی و انسانی می‌گردد. در بین شاخص‌های تحقیق، تراکم جمعیتی مشخص کننده بار جمعیتی در مواقع زلزله است. در نتیجه در مناطقی که تراکم جمعیت بیشتر باشد،میزان مرگ و میر و آسیب بر اثر فرو ریختن آوار و مسدود شدن معابر بیشتر می‌شود.

یکی از شاخص‌های تأثیرگذار در میزان آسیب‌پذیری، دانه‌بندی بافت به همراه تفکیک قطعات زمین است. زیرا با کوچک شدن قطعات، فضای باز میان قطعات خرد شده، و این فضا که در مرحله‌ی گریز از بنا و پناه گرفتن، نقش مهمی دارد؛ میزان آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد. فاصله کم مراکز درمانی تا محل سکونتگاه‌ها موجب سرعت بخشیدن به امدادرسانی می‌شود، به طوری که، هرچه این فاصله بیشتر باشد، زمان بیشتری میان مبداء و مرکز درمانی طی می‌شود و در نتیجه درمان به خطر می‌افتد. به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مهم در امدادرسانی می‌توان به فاصله نقاط شهری تا مراکز آتش‌نشانی اشاره کرد .با افزایش فاصله سکونتگاه با مراکز آتش‌نشانی، سرعت امدادرسانی کاهش یافته و در نتیجه دامنه‌ی خطر افزایش می‌یابد. در تحلیل شاخص تراکم واحدهای مسکونی می‌توان گفت هرچه نسبت واحدهای مسکونی در سطح نواحی شهری بیشتر باشد، آسیب‌پذیری نیز بیشتر خواهد بود. این نسبت از تقسیم تعداد واحدهای مسکونی به مساحت ضرب در صد به دست می‌آید. قدمت بناها نیز از عوامل بسیار مؤثر در میزان آسیب‌پذیری است؛ به طوری که هرچه ساختمان‌ها قدمت بیشتر و مقاومت کمتری داشته باشند، دارای درجه آسیب‌پذیری بیشتری در برابر زلزله خواهند بود. به طور متوسط عمر مفید ساختمان‌ها در ایران ۳۰ سال برآورد شده است. یعنی ساختمان‌هایی که بیشتر از ۳۰ سال عمر داشته باشند، در طیف ساختمان‌ها با آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرند (زیاری و داراب خانی، ۱۳۸۹). در تبیین شاخص مقاومت سازه می‌توان گفت سازه‌هایی که با مصالح مقاوم و با استاندارد بالا ساخته شده‌اند، ایمنی مناسبی در برابر زلزله داشته و امنیت بالایی برای ساکنان فراهم می‌کنند. در این پژوهش سازه بتن آرمه، اسکلت فلزی، آجر و آهن، آجر و چوب و خشت و چوب به ترتیب از مقاومت خیلی زیاد تا خیلی کم طبقه بندی شده است. تعداد طبقات ساختمانی در ارتباط با نسبت عرض معابر و ارتفاع دیوارهای ساختمان‌ها، شاخص بسیار مهمی است؛ زیرا با بالا رفتن تعداد طبقات ساختمانی، احتمال انسداد معابر به دلیل ریختن آوار ساختمان‌های بلند مرتبه بالا می‌رود و موجب اختلال در امر امدادرسانی می‌شود. همچنین تکثر شاخص‌هایی نظیر تراکم خانوار در واحد مسکونی، فاصله از فضاهای سبز شهری و دسترسی‌های اصلی درجه یک در افزایش پتانسیل آسیب‌پذیری مناطق شهری

می‌تواند نقش به سزایی داشته باشد (مودت و ملکی، ۱۳۹۳). در این میان، اجتناب از توسعه‌ی تأسیسات شهری در نواحی گسلی موضوعی بسیار مهم است. سیستم‌های فاضلاب و زه‌کشی باید متمایز با خطوط آب آشامیدنی طرح گردند و در هیچ موردی نباید باعث آلودگی زمین شوند. شبکه‌های برق، افزون بر حفظ حریم لازم، باید امکان انشعاب جایگزین نیز داشته باشد. لوله‌های گاز طبیعی و ایستگاه‌های تغییر فشار باید بدون مشکلات زیست محیطی از مناطق مسکونی دور نگه داشته شوند. باید دانست که گاهی خسارات جانی و مالی ناشی از نقصان یا نارسایی تأسیسات روبنایی، می‌تواند با تلفات زلزله برابری کند (امینیان، صیامی، تقی نژاد و زاهدی کلاکی، ۱۳۹۴).

پیشینه

در ارتباط با سنجش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ذیل به خلاصه‌ای از آنها اشاره می‌شود. وجه مثبت این تحقیق را می‌توان در کاربرد تلفیقی شاخص‌های کالبدی با شاخص‌های اجتماعی- فرهنگی برای سنجش آسیب‌پذیری شهر ارومیه دانست. زیرا تاکنون تحقیقی مبتنی بر سنجش آسیب‌پذیری محدوده مطالعه انجام نگرفته است.

احدنژاد روشتی، روستایی و کاملی فر (۱۳۹۴)، در تحقیقی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران مطالعه موردی: منطقه ۱ شهرتبریز» با ۳ معیار درجه محصوریت، تراکم و ویژگی‌های ساختمانی انتخاب، که معیار تراکم شامل زیر معیار تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی و معیار ویژگی‌های ساختمانی که شامل پنج زیر معیار قدمت بنا، کیفیت بنا، نوع کاربری، سطح اشغال و نوع مصالح است، به ارزیابی آسیب‌پذیری معابر در برابر زلزله پرداخته است (احد نژاد روشتی و همکاران، ۱۳۹۴).

مردانی، امینی، هاشمی طباطبایی و برومند (۱۳۹۳)، در تحقیقی با عنوان «مطالعه تطبیقی روش‌های کاربردی کاهش آسیب‌پذیری شهر در مقابل زلزله، در ایران و جهان» با هدف بررسی مهم‌ترین روش‌های جهانی و ملی در ارتباط با کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله و باز تعریف مجموعه راهکارهای شهرسازی در جهت کاهش آسیب‌ها به نتایجی دست یافتند. این نتایج حاکی از آن است که نمونه‌های جهانی تأکید بیشتری بر مسئله‌ی بافت شهر شامل فضاهای باز، شبکه راه‌های ارتباطی و توده‌های کالبدی داشته، در صورتی که در تجارب مربوط به ایران صرف نظر از مطالعات گروه جایکا۲، در غالب موارد نمونه‌های سنجش و کاهش آسیب‌پذیری در مقیاس تک بناها انجام شده و شاخص‌های اجتماعی نیز نادیده گرفته شده است (مردانی و همکاران، ۱۳۹۳).

سلیمانی، عبدالهی و رحیمی (۲۰۱۴)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی و بهبود بافت فرسوده شهری در برابر زلزله (مورد مطالعه: محله ذوالأنوار شیراز)» با بررسی تجارب ایران و جهان، نقاط نظری مربوط به اهمیت زلزله در بافت کهن و آسیب‌پذیر شهری مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت، شاخص‌های تعیین قابلیت بافت قدیمی و یا آسیب‌دیده مشخص شد و بر روی محله ذوالأنوار با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] مورد تحلیل قرار گرفت (سلیمانی[2] و همکاران، ۲۰۱۴).

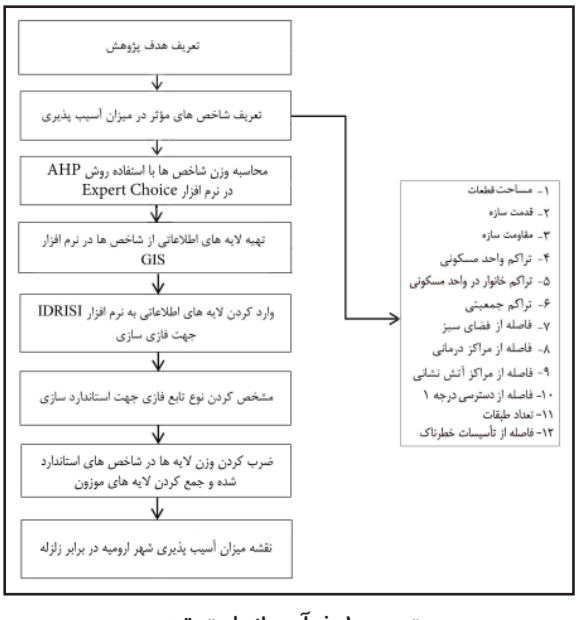
ایلانلو، اردکانی، پاک نژاد، ابراهیمی و عزیز سلطانی (۲۰۱۳)، در پژوهشی با عنوان «شناسایی مناطق شهری آسیب‌پذیر در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعه: جاده توریستی رادیو دریا، چالوس)» به بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری شهر چالوس و میزان آن در منطقه و بررسی راه‌های کاهش آسیب‌پذیری این شهر پرداخته شده و هدف آن نشان دادن رابطه بین فاکتورها و عواملی مانند مساحت قطعات تفکیکی و عمر بنا، جنس مصالح ،کیفیت ابنیه و تعداد طبقات و نزدیکی به گسل و میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله در مناطق توسعه یافته متمرکز است. نتایج به دست آمده از تحلیل شاخص‌های مختلف، بیانگر آن است که با حرکت از سمت نواحی شمالی خیابان مرکزی به بخش جنوبی، به میزان آسیب‌پذیری بناها به دلیل تراکم زیاد جمعیتی و ریزدانگی قطعات افزوده می‌شود. همچنین این وضعیت در منطقه غربی جاده رادیو دریا و انتهای بازار که هسته‌های اولیه‌ی شهر چالوس را تشکیل می‌دهند، مشاهده می‌شود (ایلانلو[3] و همکاران، ۲۰۱۳).

1. GIS
2. Solymani
3. Ilanlu

احدنژاد و جلیل پور (۱۳۹۰)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی عوامل بیرونی تأثیرگذار درآسیب‌پذیری بافت قدیم شهرها در برابر زلزله (مطالعه: ناحیه یک شهر خوی)» به بررسی بافت‌های فرسوده مرکزی شهر خوی پرداخته و با بررسی شاخص‌هایی چون کوچه‌های تنگ و باریک، تراکم بالای جمعیت، کمبود فضاهای باز، عدم دسترسی به بیمارستان؛ نشان داده است که ۶۲ درصد از ساختمان‌های واقع در این ناحیه از آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا برخوردار است (کلالی مقدم، ۱۳۹۴).

روش

این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی توصیفی- تحلیلی برخوردار است. گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و اطلاعات سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰ صورت گرفته است. در این تحقیق ابتدا با مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط، شاخص‌های مؤثر در سنجش میزان خطرپذیری استخراج شده و سپس با توجه به موجود بودن اطلاعات شاخص‌ها برای بافت شهر ارومیه، تعداد دوازده شاخص که شامل مساحت قطعات، قدمت سازه، مقاومت سازه، تراکم واحد مسکونی، تراکم خانوار در واحد مسکونی، تراکم جمعیتی، فاصله از فضای سبز، فاصله از تأسیسات خطرناک، فاصله از دسترسی درجه یک، تعداد طبقات، فاصله از مراکز درمانی و آتش‌نشانی می‌باشد، انتخاب شده است. جهت تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها پرسشنامه مقایسه زوجی بر اساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] با تعداد نمونه پانزده نفر، به صورت تصادفی، بین کارشناسان شهرسازی و اساتید دانشگاه توزیع شده و محاسبات آن در نرم افزار اکسپرت چویس[2] انجام گرفته است. به منظور تبیین میزان خطرپذیری در شهر ارومیه، با رقومی‌سازی[3] دوازده شاخص، به ایجاد پایگاه‌های داده برای لایه‌های اطلاعاتی اقدام شده است. در گام بعدی عملیات ژئو رفرنس[4] کردن لایه‌های اطلاعاتی بر اساس قرارگیری شهر ارومیه در یو تی ام[5] زون[6] ۳۸ اجرا شد؛ و در نهایت ساخت نقشه‌های معیار انجام شده است. پس از ساخت نقشه‌های معیار، لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها جهت انجام تحلیل‌های مکانی در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از ابزار تغییر فرمت به سلولی[7] تبدیل شده است. با توجه به اینکه نقشه‌های سلولی فاقد جدول توصیفی برای تحلیل شاخص‌ها هستند؛ بر همین اساس، عملیات ریکلسیفای[8] کردن سلول‌های تولید شده در نرم افزار اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. در مرحله بعد جهت فازی سازی شاخص‌ها لازم بود که لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم افزار ایدریسی[9] شوند. بر همین اساس لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی شده با فرمت سلولی در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، با استفاده از نرم افزار گلوبال مپر[10] به فرمت سلولی قابل قبول در نرم افزار ایدریسی تبدیل شد. سپس با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص‌ها با هدف پژوهش، نوع تابع فازی[11] مشخص شده و به استاندارد سازی لایه‌ها در نرم افزار ایدریسی اقدام گردید. در گام نهایی نیز با ضرب کردن وزن شاخص‌ها در هر کدام از لایه‌ها و جمع کردن شاخص‌های موزون در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله استخراج شده است (تصویر ۱).



تصویر ۱. فرآیند انجام تحقیق

1. AHP (Analytic Hierarchy Process)
2. Expert Choice
3. Digit
4. Georefrence
5. Universal Transverse Mercator
6. Zone
7. Raster
8. Reclassify
9. Idrisi Selva
10. Global Mapper
11. Fuzzy

تصویر ۲. موقعیت استان آذربایجان غربی و شهر ارومیه در کشور (مأخذ: مهندسین مشاور آرمانشهر، ۱۳۸۵، ۲، ۵)

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

شهر ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی است که از پنج بخش تشکیل شده است. ارومیه در شمال غربی کشور ایران واقع شده است. در سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر ارومیه ۷۳۶۲۲۴ نفر و مساحت این شهر ۱۰۵۴۸ هکتار برآورد گردید. ارومیه از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده، از شرق به دریاچه ارومیه و از غرب به مرز ترکیه و عراق محدود می‌گردد (تصویر ۲).

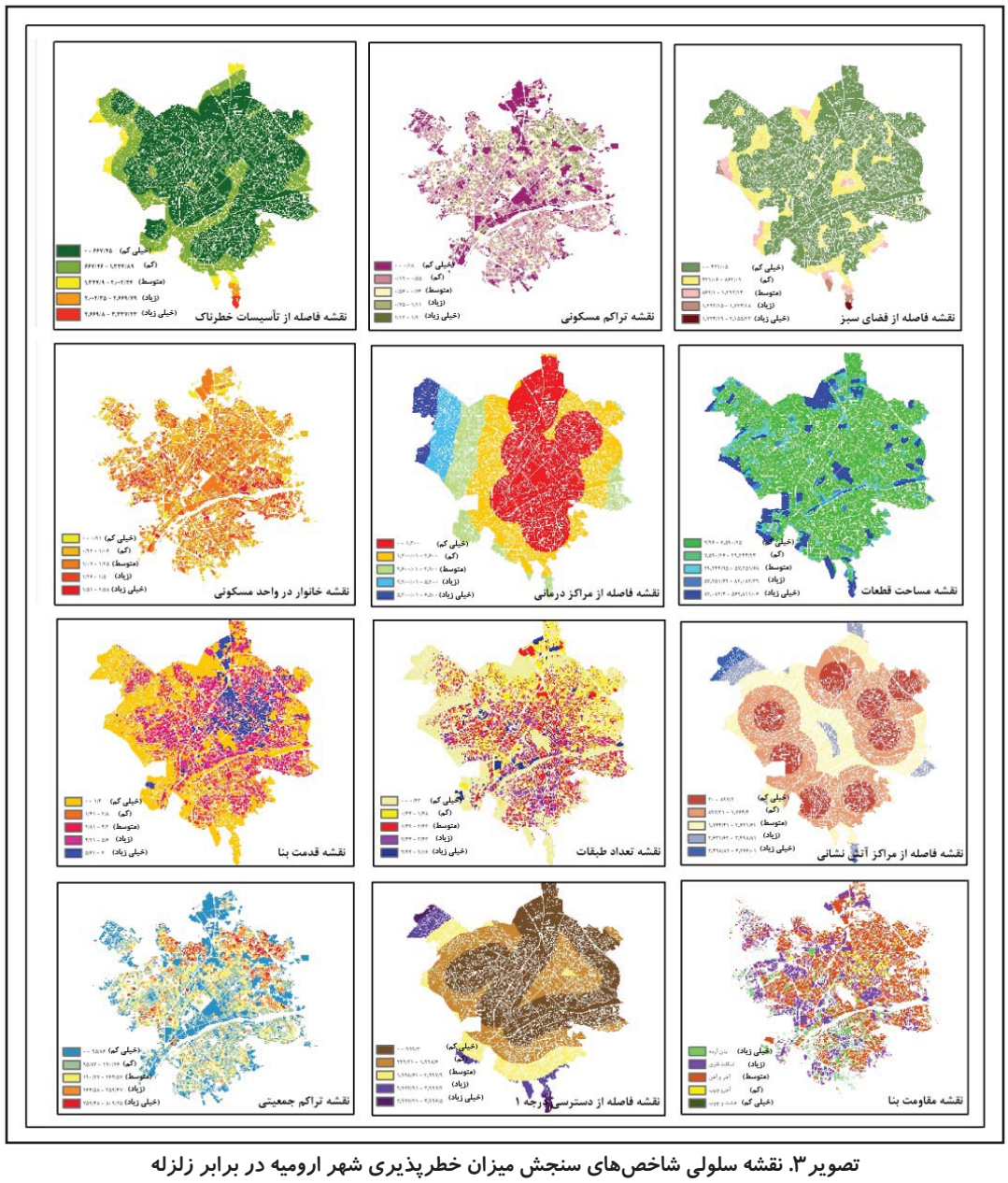
یافته‌ها

برای ارزیابی میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله ابتدا از میان تحقیقات انجام شده در این زمینه و با توجه به موجود بودن اطلاعات، تعداد دوازده شاخص انتخاب شد. با توجه به اینکه شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش هر کدام دارای درجه تأثیر متفاوتی در میزان خطرپذیری بود، ازاین‌رو از مقایسه زوجی شاخص‌ها مبتنی بر روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. اساس تعیین وزن در این روش را، مقایسه دو به دوی معیارها تشکیل می‌دهد. در روش مقایسه زوجی اهمیت نسبی معیارها در یک مقایسه پیوسته به ۹ بخش تقسیم می‌شود. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. این مسئله از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چند معیاره است. سهولت استفاده و چند جانبه بودن روش باعث مشارکت گروه‌های مختلف، تفکر، استدلال و کارآیی می‌شود و تصمیمات گروهی را بهبود می‌بخشد. برای وزن‌دهی ماتریس مقایسه 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 یک مقیاس را برای انجام مقایسات زوجی نشان می‌دهد. در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن نسبی هر معیار ویژه استفاده شده است. برای تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی از شاخص سازگاری استفاده گردید که بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می‌گردد. اگر شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد وزن دهی صحیح است (شناور، حسینی و اورک، ۱۳۹۱).

جدول ۱. رتبه بندی مقایسات زوجی (مأخذ: شناور، حسینی و اورک، ۱۳۹۱)

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

برای محاسبه ضریب اهمیت شاخص‌ها ابتدا پرسشنامه مقایسه زوجی شاخص‌ها میان پانزده نفر از کارشناسان شهرسازی و اساتید دانشگاه توزیع شد، سپس مقادیر به دست آمده برای تحلیل وارد نرم افزار اکسپرت چویس شده است. پس از انجام تحلیل‌های لازم بر روی داده‌های پرسشنامه‌ها و محاسبه میانگین وزنی شاخص‌ها، میانگین ضریب سازگاری شاخص‌ها برای پانزده پرسشنامه توزیع شده، معادل ۰/۰۷ محاسبه شد که این مقدار کمتر از ۰/۱ بوده و بیانگر صحیح بودن



تصویر۳. نقشه سلولی شاخص‌های سنجش میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله

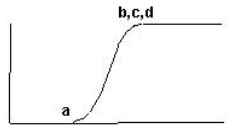
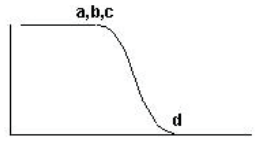
وزن استخراج شده‌ی شاخص‌ها است (جدول ۲). بیشترین وزن به‌دست آمده مربوط به شاخص تعداد طبقات با ۰/۱۸۲ و کم‌ترین وزن مربوط به شاخص خانوار در واحد مسکونی با ۰/۱۸ است.

جدول ۲. محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار اکسپرت چویس

شاخص	وزن نهایی
مساحت قطعات	۰/۰۲۰
قدمت بنا	۰/۰۳۷
مقاومت بنا	۰/۰۹۲
تراکم واحد مسکونی	۰/۰۲۷
خانوار در واحد مسکونی	۰/۰۱۸
تراکم جمعیتی	۰/۰۳۹
فاصله از فضای سبز	۰/۰۵۲
فاصله از مراکز درمانی	۰/۱۵۴
فاصله از مراکز آتش‌نشانی	۰/۱۷۵
فاصله از دسترسی درجه ۱	۰/۰۷۱
تعداد طبقات	۰/۱۸۲
فاصله از تأسیسات خطرناک	۰/۱۳۲

پس از محاسبه وزن شاخص‌ها، جدول توصیفی شاخص‌ها به همراه نقشه وکتوری وارد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شد

جدول ۳. مقادیر مورد استفاده برای توابع عضویت فازی و مقادیر نقاط کنترلی برای استاندارد سازی شاخص‌ها

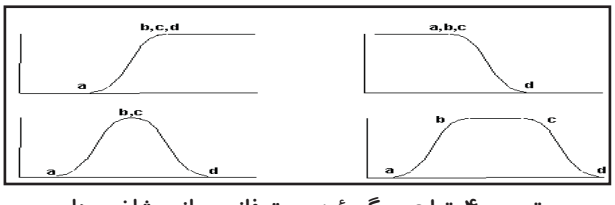
لایه نقشه	نقاط کنترل		نوع تابع عضویت
	b یا d	a یا c	
تعداد طبقات	۱۶	۰	
مقاومت بنا	۵	۱	
تراکم مسکونی	۱۷/۳۴	۰	
خانوار در واحد مسکونی	۶	۰	
تراکم جمعیتی	۷۰۶۹/۸۲	۰	
فاصله از فضای سبز	۲۱۵۵/۲۳	۰	
فاصله از مراکز درمانی	۶۵۰۰	۰	
فاصله از مراکز آتش‌نشانی	۴۳۸۳/۰۸	۳۰	
فاصله از دسترسی درجه ۱	۴۹۹۶/۵۰	۰	
قدمت بنا	۶	۱	
فاصله از تأسیسات خطرناک	۳۳۵۰/۳۷	۰	
مساحت قطعات	۵۶۹۸۱۱/۱۰	۳/۹۶	

و عملیات رقومی سازی و ویرایش لایه‌ها انجام گرفت. در مرحله بعد جهت انجام تحلیل‌های کمی، لایه‌های وکتوری به لایه‌های سلولی تبدیل شد تا در نرم افزار ایدریسی بر اساس هدف تحقیق و توابع فازی، استاندارد سازی شود (تصویر ۳).

توابع فازی تکنولوژی‌های جدیدی هستند که شیوه‌هایی را برای طراحی و مدلسازی ریاضی یک سیستم که نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فردی خبره جایگزین می‌سازد. در واقع توابع فازی تجربه و دانش انسانی را به صورت ترکیبی از اعداد در مقابل وی قرار می‌دهد و او را قادر می‌سازد تا تصمیمی بر اساس ریاضیات و منطق بگیرد. ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر محیط‌های برنامه‌ریزی و تصمیم گیری، نیازمند روش‌هایی است که امکان بررسی و صورت‌بندی ریاضی مفاهیم نادقیق را فراهم نماید. ازاین‌رو در چنین شرایطی استفاده از توابع فازی پیشنهاد می‌گردد. این توابع، یک حالت بین صفر و یک را در بر می‌گیرد (مالچفسکی[1]، ۱۳۹۲، ص ۶۵).

به طور کلی سیستم‌های فازی را می‌توان به خوبی برای مدل سازی دو نوع اصلی عدم قطعیت در پدیده‌های موجود در جهان به کار برد. نوع اول، عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده است. نوع دوم عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به یک پدیده با ویژگی خاص می‌باشد. یعنی یک پدیده ممکن است ذاتاً غیر صریح و وابسته به قضاوت افراد باشد. بنابراین تئوری مجموعه‌های فازی ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و نامعین است. در تفکر فازی مرز مشخصی وجود ندارد و تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوعات گوناگون نسبی است. به این ترتیب می‌بینیم که این تفکر تا چه اندازه با طبیعت و سرشت انسان و محیط جهان ما سازگار است.

در نرم افزار ایدریسی توابع مختلفی از جمله توابع خطی J[2]، شکل[3] و توابع سیگموئید[4] برای فازی سازی وجود دارد که در این تحقیق با اجرای دستور ، فازی و بر اساس توابع سیگموئید صورت گرفته است (تصویر۴).



تصویر ۴. توابع سیگموئید جهت فازی سازی شاخص‌ها

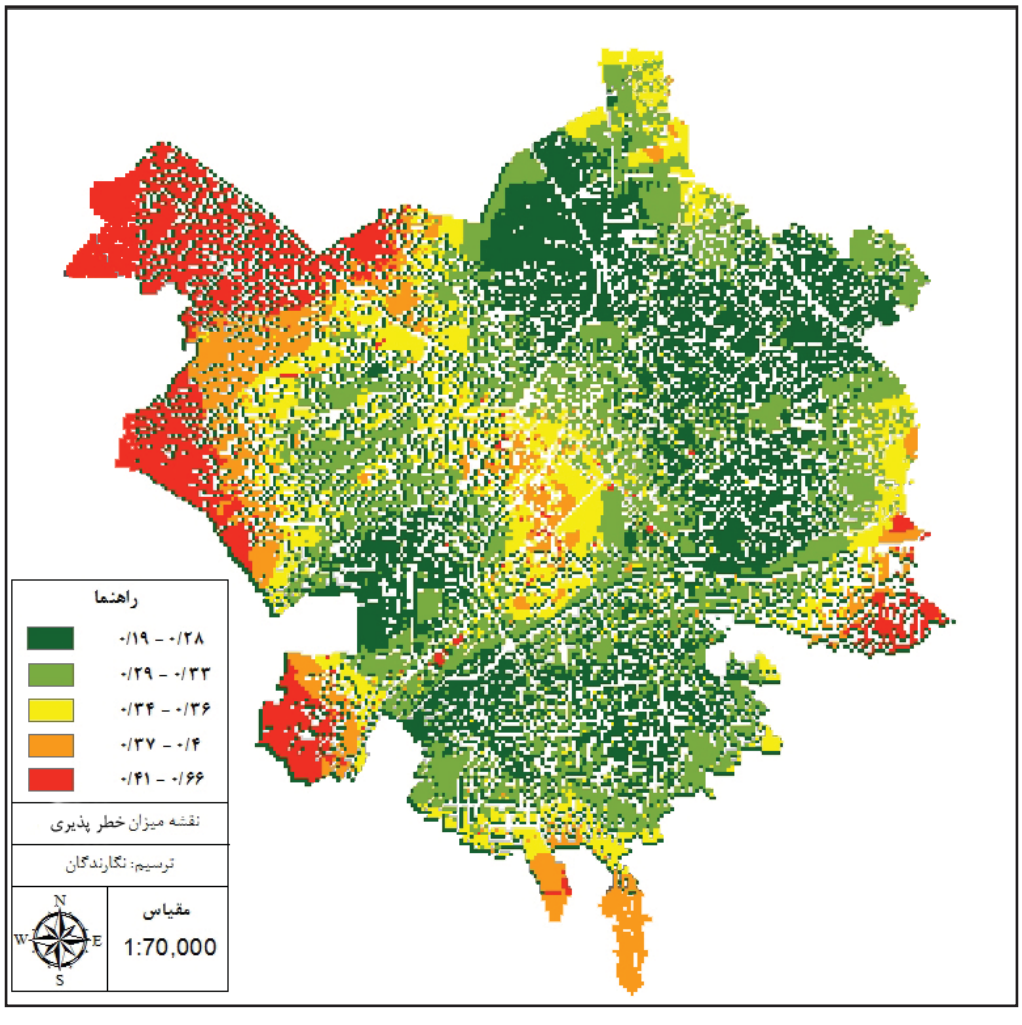
1. Malchefski

2. Linear
3. J- Shaped
4. Sigmodial

دلیل استفاده از این تابع برای فازی سازی شاخص‌ها، بر اساس رابطه بین تک تک شاخص‌ها با هدف تحقیق (شناسایی نقاط خطر پذیر شهر ارومیه) اعم از رابطه مستقیم یا معکوس صورت گرفته است. به طوری که از میان شاخص‌های موجود قدمت سازه، تراکم واحد مسکونی، تراکم خانوار در واحد مسکونی، تراکم جمعیتی، تعداد طبقات، فاصله از مراکز درمانی، آتش‌نشانی، دسترسی درجه یک و فضای سبز، با خطرپذیری رابطه مستقیم (افزایشی) و شاخص‌های مساحت قطعات، مقاومت سازه و فاصله از تأسیسات خطرناک با میزان خطرپذیری رابطه معکوس (کاهشی) دارد (جدول ۳).

در نهایت پس از فازی سازی لایه‌ها و محاسبه ضریب اهمیت هر کدام از شاخص‌ها، به ترکیب شاخص‌های موزون با به‌کارگیری عملگر جمع وزنی[1] اقدام شده است. به همین منظور، ابتدا وزن شاخص‌های به‌دست آمده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، در خود شاخص‌ها ضرب شده و سپس شاخص‌های دوازده‌گانه موزون با یکدیگر جمع شده و خروجی نهایی که بیانگر میزان خطرپذیری شهر ارومیه است، استخراج گردید (رابطه ۱) (تصویر ۵).

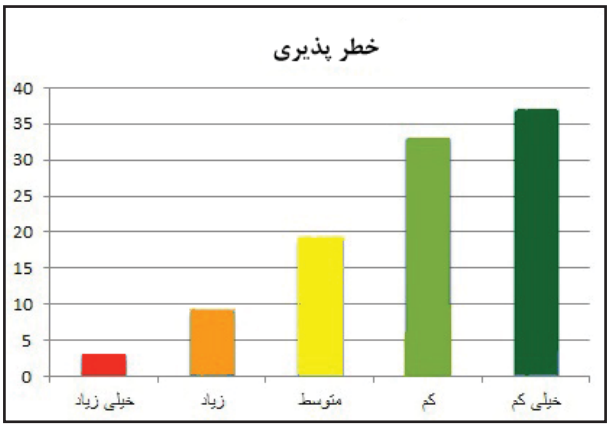
(فاصله از مراکز آتش‌نشانی ×۰/۱۷۵) + (فاصله از مراکز درمانی×۰/۱۵۴) + (فاصله از فضای سبز ×۰/۰۵۲) + (تراکم واحد مسکونی ×۰/۰۲۷) + (مقاومت سازه ×۰/۰۹۲) + (قدمت سازه×۰/۰۳۷) + (مساحت قطعات×۰/۰۲۰) + (تراکم خانوار در واحد مسکونی ×۰/۰۱۸) + (تراکم جمعیتی×۰/۰۳۹) + (تعداد طبقات×۰/۱۸۲) + (فاصله از دسترسی درجه یک ×۰/۰۷۱) + (فاصله از تأسیسات خطرناک ×۰/۱۳۲) (رابطه ۱)



تصویر ۵. میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله

1. Weighted Sum

بر اساس نتایج به‌دست آمده از هم‌پوشانی ترکیبی شاخص‌های فازی شده با اعمال ضریب اهمیت شاخص‌ها، سه در صد از مساحت شهر ارومیه (۱۶۶۳۴۷۰ متر مربع) در پهنه خطرپذیری خیلی زیاد (بازه ۰/۲۸-۰/۱۹)، ۹ درصد از مساحت شهر (۵۴۰۹۳۱۶ متر مربع) در پهنه خطرپذیری زیاد (بازه ۰/۳۳-۰/۲۹)، ۱۹ درصد از مساحت شهر (۱۲۲۷۹۰۵۸ متر مربع) در پهنه خطرپذیری متوسط (بازه ۰/۳۶-۰/۳۴)، ۳۳ درصد از مساحت شهر (۲۰۸۳۹۱۳۶ متر مربع) در پهنه خطرپذیری کم (بازه ۰/۴۰-۰/۳۷) و ۳۷ درصد مساحت شهر ارومیه (۲۳۱۹۱۶۳۹ متر مربع) در پهنه خطرپذیری خیلی کم (بازه ۰/۶۶-۰/۴۱) قرار گرفته اند (نمودار ۱).



نمودار ۱. نتایج سنجش میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله

در یک تحلیل کلی می‌توان گفت که بخش‌های شمال غربی، غربی و تا حدودی قسمت شرقی شهر ارومیه در پهنه خطرپذیری بالایی قرار گرفته است. بالا بودن میزان خطرپذیری در این مناطق به دلیل وجود سکونت‌گاه‌های غیر رسمی و عدم توجه به اهمیت شاخص‌های مؤثر در خطرپذیری و نقش علوم مختلف از جمله برنامه‌ریزی شهری است. با توجه به اینکه شهرستان ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی است و مردم از شهرها و روستاهای اطراف برای یافتن کار به این شهر مهاجرت کرده و به دلیل بالا بودن قیمت زمین، غالباً در بخش‌های حاشیه‌ای شهر سکنی می‌گزینند، همین امر باعث می‌شود که بارگذاری جمعیتی بیش از ظرفیت‌های مناطق و خارج از اصول شهرسازی انجام گیرد، به گونه‌ای که بافت‌های ساخته شده در این مناطق، دارای دسترسی ضعیف و ریزدانگی قطعات بوده و توزیع خدمات شهری نامتوازن و کم رنگ است. همچنین در ساخت بناهای این مناطق از مصالح غیر استاندارد استفاده شده و در صورت بروز حوادثی نظیر زلزله، تمامی این عوامل می‌تواند دامنه خطرپذیری را افزایش دهد.

نتیجه گیری و پشنهادات

گسترش بدون برنامه شهرها در نقاط خطر پذیر، عدم رعایت قوانین و ضوابط فنی و مهندسی در دهه‌های گذشته، بافت کهنه و فرسوده اغلب شهرها، وجود ساختمان‌ها و ابنیه‌های کم دوام، توزیع نا مناسب جمعیت و واحدهای مسکونی، توزیع نا متوازن مراکز حساس مانند آتش‌نشانی، بیمارستان و... از جمله عواملی است که درصورت وقوع حوادثی نظیر سیل، آتش‌سوزی، زلزله و ... می‌تواند دامنه آن را تشدید نماید.

ایران به عنوان کشوری زلزله خیز، طی دهه‌های گذشته آسیب‌های فراوانی از زلزله‌های متعدد متحمل شده است. این مسئله به نوعی معلول کم توجهی مدیران، برنامه‌ریزان و مردم به خطرهای طبیعی در شهرها بوده است و کمبود همین حساسیت‌های لازم، زمینه سهل انگاری در استفاده از ضوابط برای کاهش و تخفیف خطرهای ناشی از زلزله را موجب شده است. ازاین‌رو هدف این پژوهش با بررسی دوازده شاخص مؤثر بر میزان خطرپذیری، این است که بتواند شدت خطرپذیری شهر ارومیه را در برابر زلزله بررسی نماید. جهت تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها از مقایسه زوجی شاخص‌ها بر اساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بهره گرفته شده است. به منظور تبیین میزان خطرپذیری در شهر ارومیه، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی اولیه در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص‌ها با هدف پژوهش، استانداردسازی شاخص‌ها بر اساس توابع فازی در نرم افزار ایدریسی صورت گرفته است. در گام نهایی نیز با ضرب کردن وزن شاخص‌ها در هر کدام از لایه‌ها و جمع کردن شاخص‌های موزون در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، میزان خطرپذیری شهر ارومیه در برابر زلزله استخراج شده است. بر اساس نتایج حاصله، ۳ درصد از مساحت شهر در پهنه خطرپذیری خیلی زیاد، ۹ درصد از مساحت شهر در پهنه خطرپذیری زیاد، ۱۹ درصد از مساحت شهر در پهنه خطرپذیری متوسط، ۳۳ درصد از مساحت شهر در پهنه خطرپذیری کم و ۳۷ درصد مساحت شهر ارومیه در پهنه خطرپذیری خیلی کم قرار گرفته است.

امعان نظر در یافته‌ها و در سک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که میزان خطرپذیری در بخش شمال، شمال شرقی، شرق و جنوب ارومیه نسبت به سایر بخش‌های ارومیه کمتر است. از دیگر سوی میزان خطرپذیری در بخش مرکزی شهر در حالت میانی قرار دارد و بخش‌های جنوب شرقی، غربی، شمال غربی و تا حدودی جنوب غربی دارای پتانسیل بالای خطرپذیری است. دلیل این امر آن است که بخش کثیری از سکونت‌گاه‌های غیر رسمی و نیز بافت‌های فرسوده شهر ارومیه در این نقاط واقع شده است. اگر رشد سریع این نواحی محدود نگردد، به هنگام بروز بلایای طبیعی از جمله زلزله میزان خسارات وارده مضاعف خواهد شد. بر همین اساس به منظور کاهش خسارات وارده به هنگام وقوع زلزله پیشنهاداتی به صورت ذیل ارائه می‌گردد:

- تهیه نقشه ریز پهنه‌بندی زلزله برای شهر ارومیه؛
- بهره مندی از خروجی تحقیق در جهت اجرای اصول پدافند غیر عامل و مدیریت بحران در طرح‌های توسعه شهر ارومیه؛
- توزیع خدمات و جمعیت در شهر ارومیه بر اساس ظرفیت‌های شهر در پهنه‌های خطرپذیری متوسط، کم و خیلی کم؛
- هماهنگی میان نهادهای مختلف دخیل در امر مدیریت شهری جهت هدایت توسعه شهر ارومیه در نقاط ایمن و تاب‌آور.

منابع

- احدنژاد روشتی، محسن؛ روستایی، شهریور؛ کاملی فر؛ محمد جواد (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران مطالعه موردی: منطقه ۱ شهرتبریز)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۹۵، صص ۴۹-۳۷. بازیابی از http://www.sepehr.org/article_15550_2305.html
- امینیان، امیراحمد؛ صیامی، قدیر؛ تقی نژاد، کاظم؛ زاهدی کلاکی، ابراهیم (۱۳۹۴). تخمین آسیب پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی، دو فصلنامه مدیریت بحران، شماره ۸، صص ۵۴-۴۷. بازیابی از http://www.joem.ir/article_18575.html
- حبیبی، کیومرث؛ سرکارگر اردکانی، علی؛ یوسفی، زاهد؛ صفدرنژاد، مجتبی (۱۳۹۱). پیاده سازی الگوریتم های سلسله مراتبی/ فازی جهت تعیین آسیب پذیری چند عامله هسته مرکزی شهرها (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران)، دو فصلنامه مدیریت بحران، شماره ۲، صص ۷۶-۶۷. بازیابی از http://www.joem.ir/article_2782_287.html
- زنگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفایی، همایون؛ قائد رحمتی، صفر (۱۳۸۷). تحلیل شاخص های آسیب پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: مساکن شهر تهران)، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۷۹- ۶۱. بازیابی از http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=82005
- زیاری، کرامت اله؛ داراب خانی، رسول (۱۳۸۹). بررسی آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله (مورد مطالعه: منطقه ۱۱ شهرداری تهران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹، صص ۴۸- ۲۵. بازیابی از http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=139804
- شناور، بامشاد؛ حسینی، محسن؛ اورک، ندا (۱۳۹۱). کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی توان سرزمین به منظور توسعه شهری در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲، صص ۱۴۹-۱۲۹. بازیابی از http://journals.ui.ac.ir/article_17935.html
- کلالی مقدم، ژیلا (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب پذیری سکونتگاه های حاشیه ای و غیررسمی در برابر زلزله)مطالعه موردی: حاشیه شهر مشهد(، پژوهش و برنامه ریزی روستایی، شماره ۴، صص ۴۰- ۱۷. بازیابی از http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?FID=4016713941202
- محمد زاده، رحمت (۱۳۸۸). تجارب برنامه ریزی شهری توکیو در کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله، مجله فضای جغرافیایی، شماره۲۶، صص ۱۱۱-۸۹. بازیابی از http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=102470
- مهندسان مشاور طرح و آمایش (۱۳۸۹). مطالعات طرح جامع تجدید نظر شهر ارومیه، اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی.
- مردانی، وحیدرضا؛ امینی، الیاس، هاشمی طباطبایی، سعید؛ برومند، مریم (۱۳۹۳). مطالعه تطبیقی روش های کاربردی کاهش آسیب پذیری شهر مقابل زلزله در ایران و جهان، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۴۵، صص ۱۷۷-۱۴۹. بازیابی از http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=219411
- مودت، الیاس و ملکی، سعید (۱۳۹۳). طیف بندی و سنجش فضائی آسیب فیزیکی و اجتماعی شهرها در برابر زلزله با بکار گیری تکنیک VIKOR و GIS؛ مورد شناسی شهر یزد، جغرافیا و آمایش شهری، شماره ۱۱، صص ۱۰۳-۸۵. بازیابی از http://gaij.usb.ac.ir/?_action=article&au=6121&_au
- مهندسین مشاور آرمانشهر (۱۳۸۵). مطالعات راهبردی بافت های فرسوده شهر ارومیه. وزارت راه و شهرسازی، سازمان عمران و بهسازی.
- مالچفسکی، یاچک (۱۳۹۲). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، چاپ سوم، انتشارات سمت، ۶۰۶ صفحه.
- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۳). آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش چهارم، ۲۱۲ صفحه. بازیابی از http://icivil.ir/omran

Ghasemi Azadkhani, M.J., Ahmadi Disfani, Y., & Tavassoli, M.R. (2014). Evaluating Earthquake Disaster Management in the Worn Urban Texture (Case Study: Farameh Neighbourhood, Damavand City), Journal of Civil engineering and Urbanism, Vol. 4, Issue 1, pp. 41- 46.

Retrivedfrom:http://www.ojceu.ir/main/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=32

and Construction Safety Rules, IUST International Journal of Engineering Science, Vol. 19, No.3, pp. 33- 43.
Retrieved from: http://ijiepr.iust.ac.ir/browse.php?a_id=12&sid=1&slc_lang=en

- Liangfeng, z., Guirong, z., Kun long, y. & Lisng, Zh. (2002). Risk Analysis System of Geo Hazard Base on GIS Technique, Journal of Geographical Sciences, Vol. 12, pp. 371-376.

Retrieved from: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02837559

- Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spatial Multicriteria Analysis of Urban Areas, Journal of Geographical Information Science, Vol. 17, No. 6, pp. 1- 30.

Retrieved from: https://www.semanticscholar.org/paper/

- Solymani, A., Abdolahii, A., & Rahimi, M. (2014). Evaluation and Improvement of Urban Worn against Earthquakes (Case Study Neighborhood of Shiraz Zvalanvar), Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, Vol. 4, pp.157- 165.
Retrieved from: https://www.textroad.com/pdf/JAEBS/J.%20Appl.%20Environ.%20Biol.%20Sci.,%204(1)157-165,%202014.pdf

- Takahashi, S. (1999). Coping with Urban Social Vulnerability to Hazards in Tokyo: Current Status of Disaster Mitigation Plans and its Implications, Human Settlement Development, Vol. 6, pp. 1-17.

Retrieved from: https://www.eolss.net/sample-chapters/C14/E1-18-08-04.pdf

- Guzey, O., Aksoy, E., Gel, A.C., Anil, O., Gultekin, N., & Akbas, S.O. (2013). An Inter-Disciplinary Approach for Earthquake Vulnerability Assessment in Urban Areas: A Case Study of Central District, Yalova, Regional Studies Association, Annual European Conference, University of Tampere, Finland, PP. 1-15.

Retrieved from: www.regionalstudies.org/uploads/manuscript_tampere_v1_(1).pdf

- Habibi, K., Tavallaei, R., & Azami, M. (2014). Assessment less Developed Neighborhoods to Earthquake Risk (A Case Study of Qaradiyan Neighborhood of Sanandaj City), Journal of Civil Engineering and Urbanism, Vol. 4, Issue 2, pp. 169- 178.

Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/273057571

- Ilanlu, M., Ardakani, A., Paknezhad, H., Ebrahimi Gelsefid, M., & Aziz Soltani, Y. (2013). Identifying the Urban Vulnerable Areas against the Earthquake with GIS (Case Studyradio Darya st.Chalous), International Journal of Advanced Studies in Humanities and Social Science, Vol. 1, Issue 4, PP.255- 263.

Retrieved from: jashss.com/upload/IJASHSS-2013-1028.pdf

- Jara, M., Guerrero, J. & Aguilar, J. (1992). Seismic Vulnerability of Mexico City Buildings, Earthquake Engineering, Tenth World conference, Rotterdam, pp. 545- 550.
Retrieved from: www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/10_vol1_545.pdf

- Jahir Bin Alam, MD., Ansery, M.A., Chowdhuary, R.K., Uddin Ahmed, J., Islam, S., & Rahman, S. (2008). Evaluation of Building's Vulnerability to Earthquake in Old Part of Sylhet