فصلنامه مطالعات مدیریت شهری
سال پانزدهم/ شماره پنجاه و سوم/ بهار ۱۴۰۲

سنجش آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری
(مطالعه موردی شهر اردبیل)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵

عزیز دنیادیده
دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران. *Azdonyadideh@gmail.com*
رسول صمدزاده
دانشیار گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران. *samadzadehr@gmail.com* **(نویسنده مسئول)**
علی پناهی
استادیار گروه جغرافیا، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. *Panahin@yahoo.com*

چکیده
مقدمه و هدف پژوهش: نخستین گام برای کاهش مخاطرات لرزه‌ای به عنوان شناخته‌شده‌ترین بلایای طبیعی، شامل درک خطر و سنجش و ارزیابی راهبردهای احتمالی، برای کاهش آن است. هدف اصلی این پژوهش سنجش آسیب‌پذیری شهر اردبیل در مقابل خطرپذیری لرزه‌ای است. قلمرو جغرافیایی پژوهش، مناطق پنجگانه شهر اردبیل می‌باشد.
روش پژوهش: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی بوده و روش اجرای آن توصیفی ـ تحلیلی است. بطوریکه برای واکاوی داده‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) جهت وزن‌دهی چهار معیار در قالب ۱۹ زیرمعیار استفاده شده است. با ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار Arc GIS و با تلفیق نقشه معیارهای مورد بررسی، نقشه پهنه‌های آسیب‌پذیری تهیه و طبقه‌بندی شده است.
یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از اهمیت بالای معیار برنامه‌ریزی با ۱۳ زیرمعیار و وزن کلی ۰/٤۸۰ و زیرمعیار کاربری اراضی با وزن کلی ۰/۰۷۲ در آسیب‌پذیری شهر اردبیل می‌باشد. معیار سازه‌ای با چهار زیرمعیار کیفیت، قدمت، تعداد طبقات و گونه‌شناسی سازه‌ای با وزن ۰/٤۰۸ و معیار طبیعی با دو زیرمعیار گسل و شیب زمین با وزن ۰/۰۳۵ در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر اردبیل نقش دارند.
نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که بخش‌های شمال، شمال باختری، خاوری و مرکز شهر اردبیل آسیب‌پذیرترین محدوده‌ها در برابر خطر زمین‌لرزه می‌باشند و جنوب شهر نیز مقاوم‌ترین محدوده محسوب می‌گردد. نتایج تحلیل آسیب‌پذیری فضاهای شهر اردبیل، نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد از فضاهای شهری در برابر خطر زمین‌لرزه آسیب‌پذیری متوسط به بالا و حدود ۵۰ درصد در معرض آسیب‌پذیری بالا قرار دارند و ساختار کالبدی مناسب و موزونی را برای مدیریت بحران ناشی از لرزه‌خیزی شهری ارائه نمی‌کنند.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری لرزه‌ای، تحلیل سلسله مراتبی، زمین‌لرزه، شهر اردبیل، ARC GIS

مقدمه

خطرپذیری لرزه‌ای که سکونتگاه‌های انسانی در معرض آن هستند، به دلیل پتانسیل بالقوه تلفات جانی و مالی، نرخ تداوم **و** دارایی‌های انسانی (Horita et al. 24, 2018)، نرخ تداوم سرمایه‌گذاری مردم در مناطق مستعد خطر (Desai and Sarmiento 204, 2015)، راهبردهای ضعیف شهرنشینی و همچنین ناآگاهی و عدم آموزش جامعه نسبت به این خطر (Rus et al. 315, 2018) به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است. فجایع لرزه‌ای و پیامدهای احتمالی ناشی از آن، نگرانی‌های فزاینده‌ای در کانون‌های جمعیتی، به‌ویژه شهری را به دنبال داشته است (Jiménez et al. 1079, 2018). این نگرانی‌ها در کشورهای در حال توسعه و لرزه‌خیز که ایران نیز در ردیف این دسته از کشورهاست، نمود عینی و ملموس‌تری داشته است. آنچه که زمین‌لرزه را به عنوان تهدید مطرح می‌کند، عدم آمادگی بشر در مقابله با آن است (حبیبی و همکاران ۱۰۴، ۱۳۹۵).

تعلق سامانه کوه‌زایی البرز به کمربند زاگرس باعث گردیده تا سرزمین ایران همواره در طول تاریخ با زمین‌لرزه‌های ویرانگری مواجه گردیده و تلفات جانی و مالی گزافی را تحمل نماید (صمدزاده ۶۳، ۱۳۹۸). نگاهی به تاریخ لرزه‌خیزی شهرهای ایران در کمتر از یکصد سال اخیر که علاوه بر تلفات جانی و مالی بی‌بازگشت با ویرانگری‌های زیادی همراه بوده است، بیانگر ابعاد گستردهٔ آسیب‌پذیری شهرهای ایران از این فاجعهٔ طبیعی است (دربان آستانه و هرائینی ۹۲، ۱۳۹۸). طبیعتاً در این میان نگرانی‌های ساکنین بافت‌های فرسوده و متولیان مراکز تاریخی شهرها به مراتب بیشتر از دیگران خواهد بود. گام نخست در رفع این نگرانی‌ها و دغدغهٔ شهروندان، شناخت عوامل آسیب‌زا به سکونتگاه‌های انسانی و متعلقات ارزشمند برای انسان‌ها است که سنجش آسیب‌پذیری مخاطرات با مدت زمان وقوع اندک و شدت زیاد مخصوصا زمین‌لرزه‌ها مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌گردد.

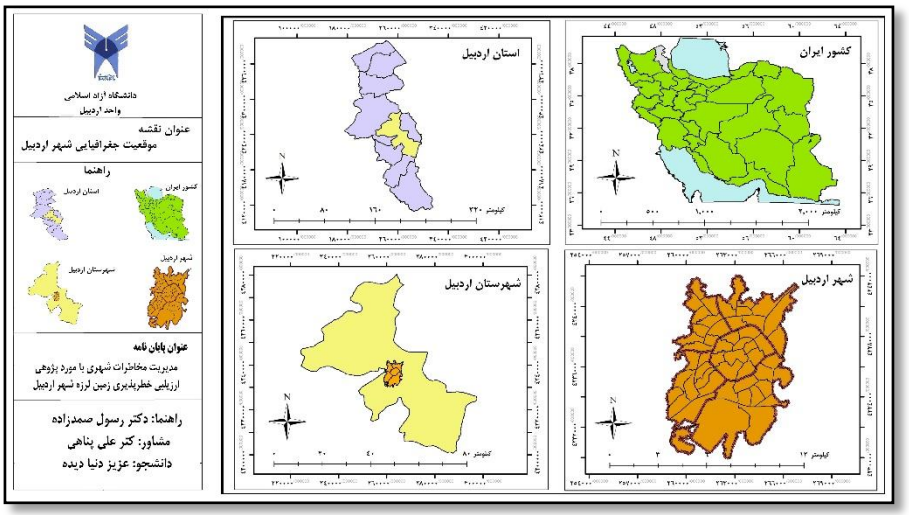
بیان مسئله

اردبیل به‌عنوان یکی از کهن شهرها و کانون‌های مدنی ایران، هرچند که در طول سه دهه اخیر از گسترش کالبدی قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده ولی بافت اولیه و هسته مرکزی آن با غالب بودن ساختمان‌های دارای گونه‌شناسی سازه‌ای بنایی جزو آسیب‌پذیرترین مناطق آن محسوب می‌گردد. این شهر با توجه به قرارگیری دربطن یک چالهٔ زمین‌ساختی واحاطه شدن توسط گسل‌های متعدد لرزه‌زا هچون گسل نئور در محدودهٔ خاوری آن و در مرز بلافصل ارتفاعات باغروداغ با دشت، گسل‌های شعاعی دامنه‌های سبلان و خطوارهٔ مغناطیسی میانه ـ اردبیل (صمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹) و برخورداری از پیشینه لرزه‌خیزی مخصوصا در گستره‌های پیرامونی خود از قبیل شهرهای سراب، نیر و دامنه‌های سبلان در اسفندماه سال ۱۳۷۵ تحت عنوان زمین‌لرزهٔ گلستان (خواجوی و همکاران ۱۴۱، ۱۴۰۰)، همواره با این خطر طبیعی مواجه بوده و در آینده نیز خواهد بود. بدون تردید وقوع این پدیده می‌تواند زندگی شهروندان و عملکرد شهر را تحت تأثیر قرار دهد. این در حالی است که بسیاری از زیرساخت‌ها و امکانات خدماتی، بهداشتی، رفاهی و... از پراکنش فضایی موزنی برخوردار نیستند. به‌طوری که آسیب‌پذیرین مناطق شهری از کم‌ترین امکانات برخوردارند.

علاوه بر موارد یاد شده، برخورداری اردبیل از ویژگی‌های خاصی از جمله مرکزیت استان و بالا بودن تراکم جمعیت، تمرکز اکثر مراکز اداری و اقتصادی استان، وجود بافت‌های فرسوده و پرتراکم و...، این شهر را در زمره مراکز حساسی قرار می‌دهد که در معرض مخاطرات لرزه‌ای ناگوار قرار دارد. به‌طورکلی این عوامل باعث گردیده تا سطح آسیب‌پذیری شهر اردبیل در برابر مخاطرات طبیعی بالا باشد. مجموعهٔ ویژگی‌های یادشده در قالب سه معیار طبیعی، سازه‌ای و برنامه‌ریزی به‌عنوان متغیرهای اصلی و مستقل قابل طرح هستند که محوریت عمدهٔ پژوهش حاضر را همراه با ۱۹ زیرمعیار با رویکرد سنجش آسیب‌پذیری تشکیل می‌دهند.

معرفی شهر اردبیل

اردبیل سومین شهر بزرگ و پرجمعیت شمال باختری ایران بین مختصات ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه طول خاوری و ۳۷ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی گسترده شده است. این شهر در داخل یک چالهٔ ساختمانی موسوم به دشت اردبیل قرار گرفته است. مساحت این شهر ۶۲۸۸ هکتار و بر اساس سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت آن ۵۲۹۳۷۴ نفر است. تراکم جمعیت شهر به ۸۴/۱۸ نفر در هر هکتار می‌رسد. شهر اردبیل شامل نواحی و کانون‌های جمعیتی متعددی در پیرامون خود است که بخشی از تقسیمات محلی اداری شهر را تشکیل می‌دهد. این مناطق برآیند رشد و تکامل شهر و گروه‌بندی‌های تاریخی جمعیت آن است. شهر اردبیل از پنج منطقه و ۱۵ ناحیه تشکیل شده که قدیمی‌ترین آن ناحیه یک، واقع در منطقه یک است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل.
(منبع: نگارندگان)

اهمیت و هدف پژوهش

اهمیت پژوهش شهر اردبیل از نظر برآورد میزان آسیب پذیری شهر در قبال زمین لرزه را می‌توان متاثر از موارد زیر بیان نمود:

- احاطه شدن شهر اردبیل توسط گسل‌های متعددی همچون نئور در خاور، سامانه‌های گسلی کوه‌های عنبران در شمال خاوری، بالیقلوچای در جنوب باختری و گسل‌های خطی و کمانی دامنه‌های جنوب خاوری تودهٔ آتشفشانی سبلان.
- روی‌داد زمین‌لرزه‌های ویرانگر در گستره‌های پیرامونی شهر، از قبیل: زمین‌لرزه‌های ۱۵۹۳ سراب با بزرگی M_S=۶/۱، زمین‌لرزهٔ هیر ـ اردبیل در ۳۰ دسامبر ۱۸۶۳ و جدیدترین آن نیز زمین‌لرزهٔ روستای گلستان در تاریخ دهم اسفند ماه سال ۱۳۷۵ با بزرگی M_S=۶/۱.
- قرارگیری مجموعهٔ تاریخی بازار سرپوشیدهٔ بزرگ اردبیل در بطن بافت فرسوده و قدیمی شهر که بعد از بازار ثبت جهانی شدهٔ تبریز، بزرگ‌ترین مجموعهٔ تاریخی ـ تجاری شمال غرب کشور محسوب می‌گردد. علاوه بر این مجموعه‌های تاریخی دیگری چون مسجد جمعه، مجموعهٔ میراث جهانی شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی نیز در داخل همین بافت‌های قدیمی و فرسوده قرار گرفته‌اند.
- فرسوده بودن بخش عمده‌ای از کانون اولیهٔ شهر اردبیل، عمر بالای بناها، و همچنین سکونتگاه‌های غیررسمی شکل‌گرفته در گستره‌های پیرامونی شهر که در حال حاضر بخشی از حریم و مناطق پنجگانه شهرداری محسوب می‌گردند.
- وجود بافت ارگانیک در مناطق فرسوده که در صورت رویداد یک حاددثهٔ طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه تقریباً هرگونه دسترسی آسان و سریع برای امدادرسانی به محدوده‌های آسیب‌دیده را سلب می‌نماید.

هدف از بررسی میزان آسیب پذیری ناشی از زمین لرزه در شهر اردبیل، توسعه استراتژی‌هایی جهت کاهش خطرات و افزایش تاب‌آوری شهر در برابر حوادث لرزه‌ای می‌باشد.

ادبیات پژوهش

آسیب‌پذیری اصطلاحی است که به منظور نمایش میزان و وسعت آسیب و خساراتی که در اثر سوانح طبیعی به جوامع در ابعاد مختلف (اجتماعی، کالبدی-فیزیکی و غیره) وارد آمده است مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین میزان حساسیت محیط در مقابل سوانح، آسیب‌پذیری آن را مشخص می‌کند. در بین سوانح طبیعی زمین‌لرزه‌ها می‌توانند طیف وسیعی از خسارات را برای سکونتگاه‌ها داشته باشند. لذا آسیب‌پذیری شهری به میزان خسارتی که به یک شهر در صورت بروز سانحه وارد شده و بر اجزا و عناصر آن نیز برحسب کیفیت و ماهیت‌شان اثر می‌گذارد، اطلاق می‌گردد، همچنین آسیب‌پذیری تمامی عوامل موجود در یک شهر را در برگرفته و سرعت گسترش آن به دلیل وابستگی عناصر به یکدیگر می‌باشد (پویان و ناطقی الهی، ۱۳۷۸).

آسیب‌پذیری عبارت است از «ویژگی‌های یک فرد، گروه یا یک سامانه و موقعیت آن‌ها که بر توانایی‌شان در پیش‌بینی، مقابله، مقاومت و بازیابی از اثر خطر طبیعی، تاثیر می‌گذارد» (Wisner et al. 60, 2004).

فراسنج‌های کلیدی مفهوم آسیب‌پذیری به‌منظور قانونمندسازی عبارتند از: ۱) تنش‌هایی که سیستم در معرض آن قرار می‌گیرد؛ ۲) حساسیت و قابلیت سازگاری سیستم (Turner et al. 8077, 2003). آسیب‌پذیری فیزیکی عبارت است از: «احتمال (یا توان) تاثیرپذیری و یا آسیب‌دیدگی یک مولفه یا عنصر فیزیکی مشخص تحت تأثیر نیروی محرک بیرونی خاص، برای مثال یک خطر طبیعی مانند زمین‌لرزه (Meslem and Lang 9, 2017).

بر اساس پیش‌بینی سازمان ملل احتمال می‌رود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (Ebert et al. 278, 2009). با گسترش شهر و شهرنشینی و با افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر بستر آن‌ها، باید اذعان نمود که این رشد باعث ایجاد تسهیلات زیادی می‌شود، ولی در عین حال عامل تشدیدکننده بحران نیز شده و باعث می‌شود فرصت تسهیلات محیطی با عدم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح تبدیل به تهدید شود (نوروزی و همکاران ۴۳، ۱۳۹۹). این مسئله به این معناست که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی بدل خواهند شد (روستا و همکاران ۳، ۱۳۹۶). رشد جمعیت، توسعه شهری برنامه‌ریزی نشده، تمرکز اموال و دارایی‌ها، فقر، توسعه سریع سکونتگاه‌های غیررسمی، سرریز جمعیتی مناطق آپارتمان‌نشین، فرسایش، عدم توانایی برای تضمین عملکرد زیرساخت‌ها و مدیریت ضعیف شهری و فقدان نظارت از جمله عواملی هستند که منجر به افزایش زیان مخاطرات طبیعی در نواحی شهری می‌گردد (نورمحمدی ۹، ۱۳۹۸). مخاطرات طبیعی از مهمترین عوامل انهدامی سکونتگاه‌های انسانی شناخته و در این میان، زمین‌لرزه همواره مخرب‌ترین پدیده طبیعی بوده است (Bastaminia et al. 35, 2016). این پدیده به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می‌سازد، یکی از شناخته شده‌ترین بلایای طبیعی جهان است (پویان و همکاران ۱۲۷۷، ۱۳۹۹). شواهد نشان می‌دهد که تهدید زمین‌لرزه در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند افزایشی، مشکلی از مشکلات کشورهای در حال توسعه است (Brown 109, 2014).

پیشینه پژوهش

با توجه به گستردگی و امتداد قاره به قاره کمربند کوه‌زاد جوان و فعال آلپ ـ هیمالیا، مطالعهٔ لرزه‌خیزی محض با جنبه‌های مختلف سرزمینی به‌ویژه تاثیرگذاری آن بر ابعاد مختلف زندگی سکونتگاه‌های انسانی واقع در قلمرو این کمربند، از دیرباز مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های گوناگون علمی بوده است. در همین راستا می‌توان به برخی از پژوهش‌های زیر اشاره نمود:

مایو و همکاران[۱] (۲۰۱۷) کارائی تکنیک‌های مختلف ارزیابی واکنش لرزه‌ای ساختمان‌های واقع در مراکز تاریخی را مورد بررسی قرار داده‌اند. مراکز تاریخی با توجه به اهمیت‌شان از نظر فرهنگی و معماری، در رابطه با برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری، بررسی و ارزیابی ایمنی با چالش‌های متعددی مواجه هستند. این مقاله مروری دارد بر: وضعیت تکنیک‌های موجود که در حال حاضر در عملیات میدانی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بهبود سطح دانش کنونی سرمایه‌های مواریث فرهنگی شهری واقع در مراکز تاریخی؛ و یک ابزار پشتیبانی برای ارزیابی پاسخ لرزه‌ای چنین سرمایه‌های منحصر به فرد.

تافارل و همکاران[۲] (۲۰۱۸) روش‌های سریع ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافتار سرزمینی اروپا را با رویکرد قابلیت اطمینان، امکان‌سنجی و صرف هزینه و زمان، مورد مقایسه قرار داده‌اند. ازآنجایی که این مطالعه مربوط به مناطق سرزمینی است نه ساختمان‌های منفرد، روشی که برای شناخت رفتار پویای ساختمان‌های موجود در این پژوهش اتخاذ گردیده از نظر هزینه، زمان و اجراء، کاملاً پیچیده و سنگین است. در این پژوهش کاربرد برخی روش‌های نوین با هدف ترسیم منحنی شکنندگی به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری در بافتار سرزمینی اروپا توصیف شده است.

دسپوتاکی و همکاران[۳] (۲۰۱۸) مکان‌های فرهنگی میراث جهانی یونسکو در سراسر اروپا را ازلحاظ خطرپذیری لرزه‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعه یک ارزیابی ساده برای احتمال خسارت ناشی از زمین‌لرزه در مکان‌های فرهنگی میراث جهانی یونسکو در سراسر اروپا ارائه داده است. از مدل خطر لرزه‌ای SHARE برای استخراج منحنی‌های خطر استفاده شده و برای محاسبهٔ احتمال سالانه خسارت یا تخریب کامل، با یک مدل شکنندگی ترکیب شده است. لانتادا و همکاران[۴] (۲۰۲۱) ضمن بررسی مجدد نمایه‌های آسیب‌پذیری و روش‌های مبتنی بر طیف ظرفیتی[۵] که برای ارزیابی آسیب‌های فیزیکی مورد انتظار در مساکن، مورد استفاده قرار می‌گیرند، مزایا و کاستی‌های اصلی آن‌ها را واکاوی و مورد بحث قرار داده‌اند. سپس از یک روش مبتنی بر نمایهٔ آسیب‌پذیری برای ارزیابی خسارت

مورد انتظار در قدیمی‌ترین منطقهٔ شهر بارسلون اسپانیا استفاده نموده‌اند.

حیدری (۱۳۹۷)، در رابطه با ارزیابی آسیب‌پذیری بافت شهری زنجان با استفاده از روش فرآیند سلسله مراتبیAHP برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری بافت قدیم شهر در برابر زمین‌لرزه با درنظرگرفتن ویژگی‌های کالبدی و عناصر اصلی و رفتاری ساختمان‌ها و تعیین تاثیر هرکدام از آن‌ها در میزان آسیب‌پذیری را ارائه نموده است. حاجی زاده و ایستگلدی (۱۳۹۷)، تاب آوری روستاهای حومه شهرستان لامرد را در قبال زلزله مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که تاب آوری روستاها کم بوده و از بین چهار شاخص اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی و مدیریتی-نهادی، بر طبق آزمون تی تک نمونه‌ای، شاخص اجتماعی بیشترین تاثیر را بر تاب آوری دارد. آنان با استفاده از روش تحلیل مسیر، شاخص اقتصادی را مهمترین و شاخص مدیریتی-نهادی را کم اهمیت‌ترین شاخص در این زمینه اعلام نمودند.

احمدپور و همکاران (۱۴۰۰)، الگوی بهسازی بافت‌های تاریخی شهری در مقابله با مخاطرات انسانی را به‌صورت موردی در منطقهٔ ۱۲ تهران مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بافت‌های تاریخی شهری در منطقه ۱۲ تهران به شدت در برابر مخاطرات انسانی آسیب‌پذیر بوده و الگوهای بهسازی مناسبی که می‌توانند بافت تاریخی منطقه را تا حدودی از گزند انواع مخاطرات انسان‌ساز محفوظ نگاه دارند، از تلفیق الزامات «پدافند غیرعامل» و اصول «توسعهٔ پایدار شهری» حاصل می‌شوند.

عفیفی (۱۴۰۰) جهت کاهش اثرات زلزله، رویکرد تاب‌آوری را مورد بررسی قرار داده و نتیجه می‌گیرد که وضعیت تاب‌آوری روستاهای مورد مطالعه (روستاهای واقع در بخش مرکزی داراب)، پایین‌تر از سطح متوسط بوده و نیز درمی‌یابند که در بین ابعاد مورد بررسی، سرمایه اجتماعی نواحی روستایی، تاثیر بیشتری بر میزان تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی دارد. صمدزاده (۱۴۰۱)، پیش‌بینی تاثیر زمین لرزه بر ساختمان‌ها را متاثر از پویایی رفتار آنها دانسته و برای ارزیابی خسارات مورد انتظار در شهر اردبیل از روش مبتنی بر نمایه آسیب پذیری استفاده کرده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که علی‌رغم خطر لرزه‌ای متوسط تا زیاد در اردبیل، به علت در معرض خطرپذیری و آسیب پذیری محیط ساخته شده، خطر بسیار زیاد است.

روش پژوهش

روش پـژوهش ایـن مطالعـه از نظـر ماهیـت دارای رویکرد توسعه ای-کاربردی بوده و ترکیبـی از روش‌هـای توصیفی، اکتشـافی، پیمایشـی و تحلیلـی اسـت. در ایـن پژوهش از مدل تحلیل سلسله مراتبـی (AHP) اسـتفاده شـده اسـت. ایـن فراینـد کـه جـزء روش‌هـای ارزیـابی چندعاملی است، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های تحلیلـی طراحی شده برای تصمیم‌گیـری بـا معیارهـای چندگانـه کمی و کیفـی اسـت. ایـن مـدل کـاربرد گسـترده‌ای در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، مکـان‌یـابی‌هـا و تحلیـل‌هـای آسـیب‌پـذیری از مخـاطرات طبیعـی پیـداه کـرده اسـت (Boroumandi et al. 951, 2015). اساس آن نیـز بـر مقایسـه زوجـی یـا دودویـی گزینـه‌هـا و معیارهـای تصمیم‌گیری اسـتوار اسـت (Masuya 181, 2014). بـه منظور اجرای این مدل با رویکرد سنجش آسـیب‌پـذیری شهر اردبیل در برابر زمین‌لرزه و با توجه بـه خصوصـیات منطقه، از تعداد سه معیار اصـلی در قالـب ۱۹ زیرمعیـار استفاده شده است. برای تعیین اهمیت (وزن) معیارهـا و زیرمعیارها، ابتـدا وزن‌هـا از طریـق دانـش کارشناسـی و داده‌ای بـا اسـتفاده از نظـرات ۵۰ نفـر از کارشناسـان شهرسازی و برنامه‌ریزی شـهری از ادارات مختلـف شـهر اردبیل بر طبق جدول (۱) بـا روش نمونـه گیـری گلولـه برفی به‌صورت مجزا محاسبه شده و سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به‌دست آمده، تعیین گشته است. در ایـن راستا برای بـرآورد کلـی میـزان آسـیب‌پـذیری، پـس از مشخص شدن عوامل مؤثر در آسـیب‌پـذیری فضـاها، در مرحلـه اول هرکـدام از معیارهـا دو بـه دو و سـپس زیرمعیارها نیز دو به دو وزن‌گذاری شده و آسیب‌پـذیری ناشی از هرکدام از آن‌ها استخراج گردیـد. تعیـین میـزان وزن معیارهـا بـا اسـتفاده از روش AHP و بـه کمـک نـرم‌افـزار Expert Choice انجـام گرفتـه اسـت. بـرای هرکدام از زیرمعیارهای بررسی شده به تفکیک نقشه‌های جداگانه وضع موجود و همچنین وضعیت آسـیب‌پـذیری در محیط ARC GIS تهیه و ترسیم گردیده است.

جدول ۱: جامعه آماری تحقیق و ادارات مراجعه شده نویسندگان

سازمان	تحصیلات	نفرات	سازمان	تحصیلات	نفرات
شهرداری اردبیل	لیسانس	۳	اداره امور اراضی شهرستان اردبیل	لیسانس	۳
	ارشد	۵	استانداری اردبیل (مدیریت بحران)	ارشد	۶
سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل	ارشد	۳	ایستگاه لرزه نگاری گرمی (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی)	دکتری	۲
بنیاد مسکن استان اردبیل	لیسانس	۳	دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل	لیسانس	۲
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اردبیل	لیسانس	۲	سازمان صنعت، معدن و تجارت اردبیل	لیسانس	۲
	ارشد	۳	سازمان امور اقتصادی و دارایی استان اردبیل	لیسانس	۲
سازمان حفاظت محیط زیست استان اردبیل	لیسانس	۵	دانشگاه محقق اردبیلی	لیسانس	۱
	ارشد	۴	اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل	ارشد	۲
اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان اردبیل	ارشد	۲	مجموع		۵۰

یافته‌ها و بحث

برای سنجش آسیب‌پذیری شهر اردبیل در برابر خطر زمین‌لرزه در چهارچوب مدل AHP از سه معیار طبیعی، سازه‌ای و برنامه‌ریزی در قالب ۱۹ زیرمعیار به شرح زیر استفاده شده است.

معیار طبیعی

۱) زیرمعیار گسل

بر اساس نقشه پراکنش گسل‌های آسیب‌پذیری ناشی از نزدیکی به گسل ۱۹/۷۵ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۸/۱۸ درصد آسیب‌پذیری کم، ۲۲/۱۵ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۱۸/۱۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۲/۲۵ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل کمتر از ۱۰۰۰ متر از گسل‌ها است.

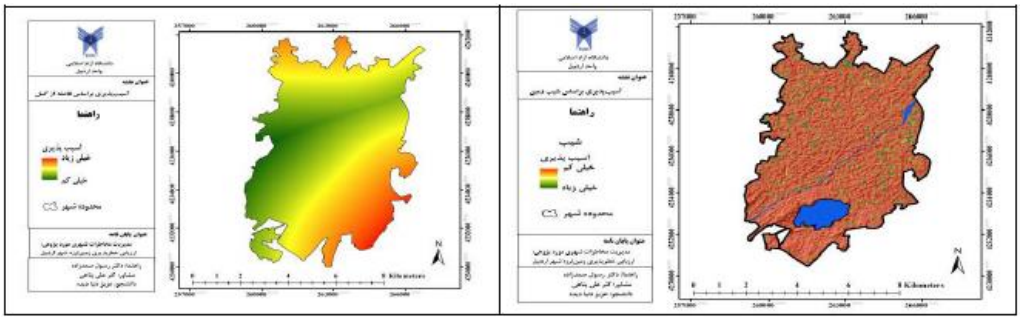
۲) زیرمعیار شیب زمین

نقشه شیب دشت و شهر اردبیل بر طبق شکل (۲) حاکی از آن است که ۶۸/۶۷ درصد از فضاهای شهر شیب صفر تا سه درصدی داشته و آسیب‌پذیری خیلی کم را دربر می‌گیرد، ۱۸/۱۲ درصد شیب سه تا شش درصد و آسیب‌پذیری کم، ۵/۱۳ درصد شیب شش تا نه درصدی با آسیب‌پذیری متوسط، ۵۹/۶ درصد شیب ۹-۱۵ درصدی با آسیب‌پذیری زیاد و در نهایت ۴۲/۸ درصد از فضاهای شهری شیب بیشتر از ۱۵ درصد داشته و آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود.

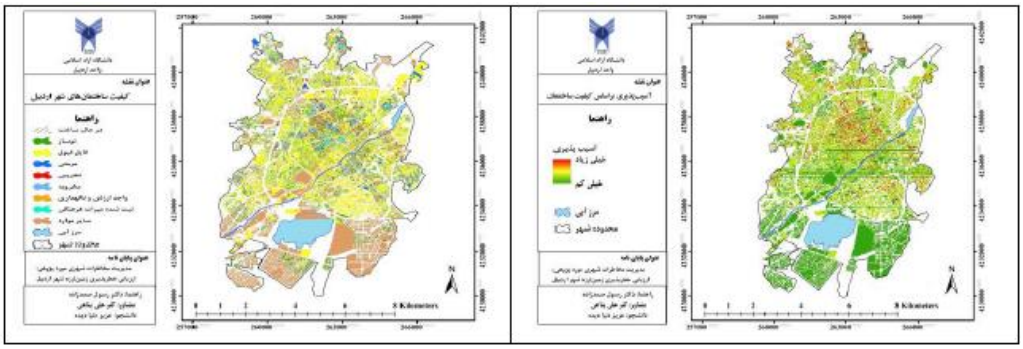
معیار سازه‌ای

۱) زیرمعیار کیفیت ساختمان

بخش اعظم ساختمان‌های شهر اردبیل نوساز یا قابل نگهداری‌اند. به‌طوری‌که ۶۷ درصد کل محدوده را شامل می‌شوند. این در حالی است که ۱۶ درصد محدوده نوساز و ۵۱ درصد آن نیز قابل نگهداری است. از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله نیز ۸۵ درصد ابنیه شهر در وضعیت آسیب‌پذیری کم تا خیلی کم قرار دارند. بیشتر مناطق آسیب‌پذیر را نیز محلات حاشیه‌ای شهر و بافت‌های فرسوده مرکز شهر تشکیل می‌دهند (شکل ۳).



شکل ۲: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس شیب زمین و فاصله از گسل‌های دشت و گستره‌های پیرامونی آن. (منبع: نگارندگان)



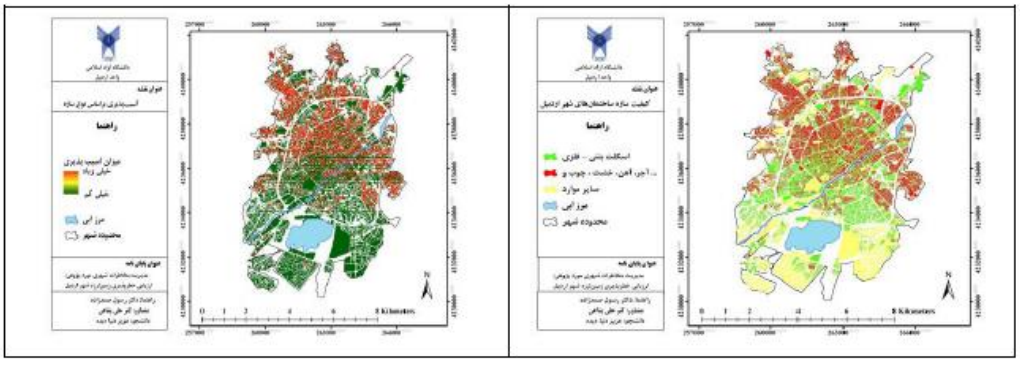
شکل ۳: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس کیفیت بناها. (منبع: نگارندگان)

۲) زیرمعیار گونه‌شناسی سازه‌ای

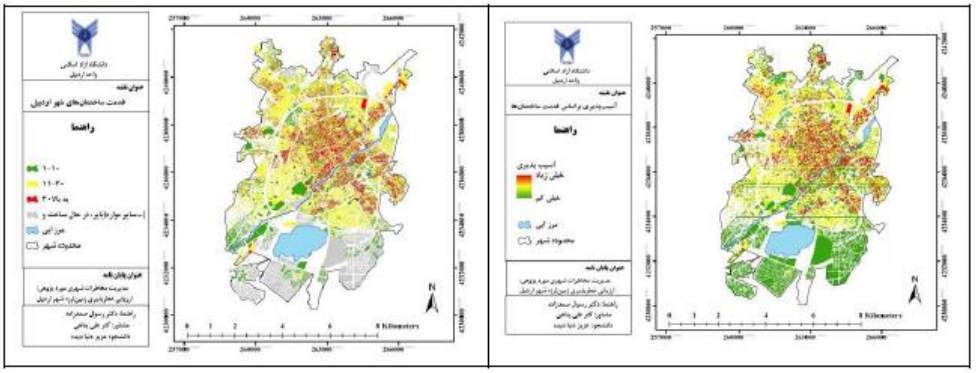
در این پژوهش سازه‌های بناهای شهر اردبیل در دو قالب اسکلت فلزی و بتنی ۳۸/۵۲ درصد و آجر و آهن و خشت و چوب یا سازه‌های بنایی ۴۴/۹۷ درصد دسته‌بندی شده است که نسبت به موارد قبلی پایداری اندکی دارند. این سازه‌ها عمدتاً در مناطق حاشیه‌ای و اسکان غیررسمی و نیز بافت‌های فرسوده شهری را شامل می‌شوند که محدوده‌های شمالی و قسمت‌هایی از مرکز شهر را در بر می‌گیرند. علاوه بر دو مورد یاد شده ۱۶/۵۱ درصد نیز اختصاص به سازه‌های در حال ساخت و یا فضاهای خالی و بایر است که از آسیب‌پذیری خیلی کم تا کم برخوردارند (شکل ۴).

۳) زیرمعیار قدمت ساختمان

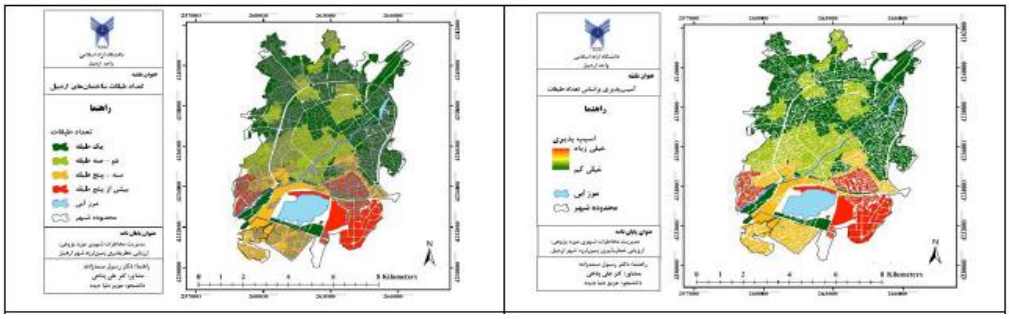
سازه‌های با قدمت صفر تا ده سال ۱۷/۵۶ درصد، ۱۱-۳۰ سال ۴۵/۳۶ درصد و بالای ۳۰ سال ۲۴/۶۴ درصد شهر را تشکیل می‌دهند. بر اساس نقشه قدمت ساختمان‌ها، حدود ۱۶ درصد از ساختمان‌های شهر دارای آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۸ درصد آسیب‌پذیری کم، ۴۵ درصد آسیب پذیری متوسط تا زیاد و حدود ۲۱ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که آسیب‌پذیری بالا مربوط به بناهای بالای ۳۰ سال قدمت است. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری می‌توان نتیجه گرفت که بیش از ۶۵ درصد ساختمان‌های شهر اردبیل در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند (شکل ۵).



شکل ۴: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس گونه‌شناسی سازه‌ای. (منبع: نگارندگان)



شکل ۵: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس قدمت ساختمان‌ها. (منبع: نگارندگان)



شکل ۶: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیارتعداد طبقات ساختمانی. (منبع: نگارندگان)

۴) زیرمعیار تعداد طبقات

تحلیل داده‌های حاصل از ارتفاع بناها و تعداد طبقات ساختمانی حاکی از آن است که ۵۰/۳۳ درصد از شهر دارای ساختمان‌های یک یا دو طبقه است که آسیب‌پذیری خیلی کم را شامل می‌شود. ساختمان‌های دو تا سه طبقه، ۱۹/۳۷ درصد با آسیب‌پذیری کم، ابنیه چهار تا پنج طبقه با ۱۴/۲۹ درصد و آسیب‌پذیری متوسط و نهایتاً ساختمان‌های بیش از پنج طبقه با ۱۶/۰۰ درصد و آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد را شامل می‌شود (شکل ۶).

معیار برنامه‌ریزی

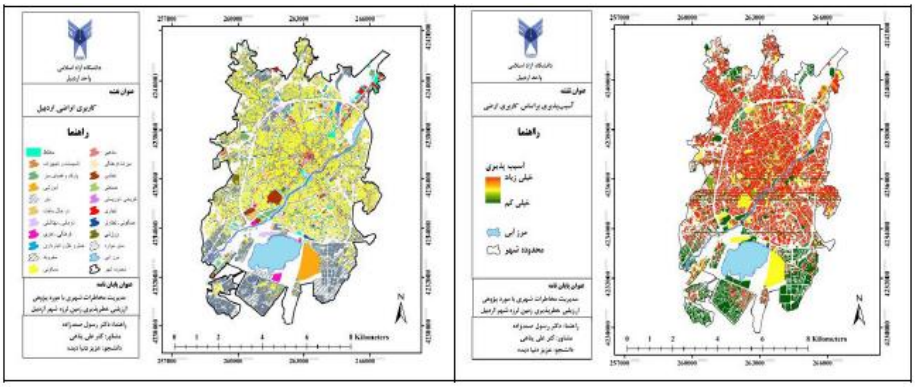
۱) زیرمعیار کاربری اراضی

بر اساس تحلیل نقشه‌ها، کاربری‌های مسکونی و تجاری مسکونی، بیشترین و مهم‌ترین کاربری‌های تشکیل دهنده شهر اردبیل می‌باشند که در سطح اراضی شهری پراکنده شده‌اند. در مراتب بعدی مراکز تجمع جمعیتی قرار دارند که به کاربری‌های ویژه معروف‌اند و شامل مراکز آموزشی، بیمارستان‌ها، مراکز امدادرسانی، مراکز مدیریت شهری و... می‌باشند و نهایتاً کاربری‌های فضاهای باز، زراعی و... مواردی از این قبیل می‌باشند که کمترین آسیب‌پذیری و آسیب‌رسانی را خواهند داشت (شکل ۷).

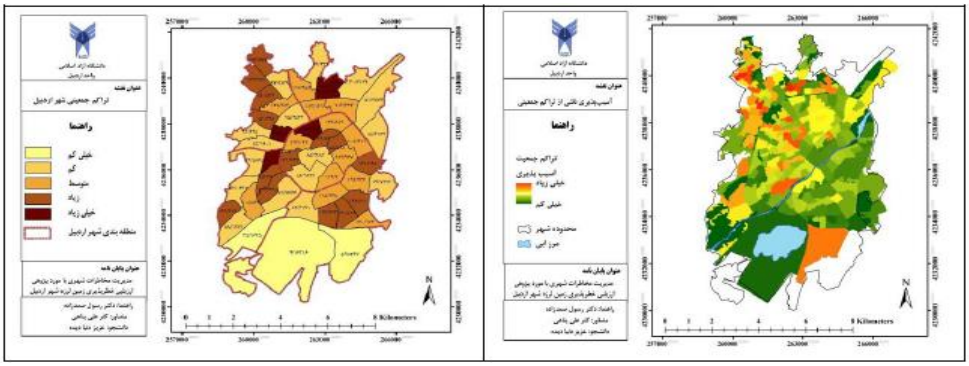
تحلیل داده‌های نوع کاربری اراضی نشان می‌دهد که ۱۵/۶۳ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۰/۶۱ درصد آسیب‌پذیری کم، ۰/۵۶ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۳/۸۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۷۹/۳۳ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که عمدتاً مربوط به کاربری‌های مسکونی است. در حالت کلی براساس نقشه آسیب‌پذیری می‌توان گفت که با توجه به جمعیت ساکن مناطق بیش از ۸۰ درصد از فضاهای شهر تحت تأثیر شاخص نوع کاربری، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت.

۱) تراکم جمعیت

تحلیل داده‌های تراکم جمعیت حاکی از آن است که ۴۱ درصد از شهر تراکم کمتر از ۲۳ نفر در هکتار دارد که آسیب‌پذیری خیلی کم را شامل می شود، ۲۷ درصد آسیب‌پذیری کم، ۲۲ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۲۲ درصد آسیب‌پذیری زیاد و نهایتاً دو درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به تراکم‌های بالای ۲۰۰ نفر در هکتار است (شکل ۸).



شکل ۷: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار نوع کاربری اراضی. (منبع: نگارندگان)



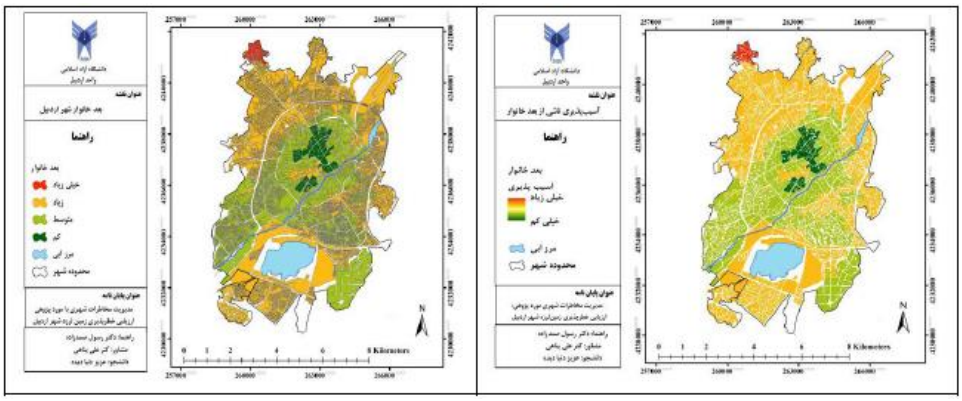
شکل ۸: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار تراکم جمعیتی. (منبع: نگارندگان)

۲) بعد خانوار

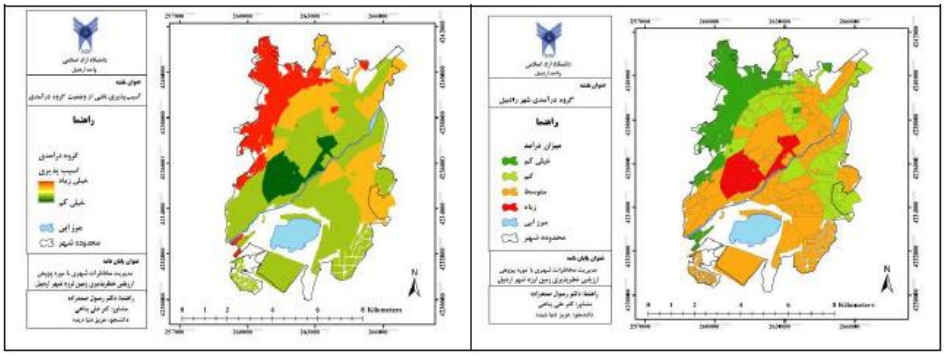
بعد خانوار در شهر اردبیل در چهار سطح دسته‌بندی گردیده است که در آن ۱/۵۰ درصد دارای بعد خانوار کم، ۳۴/۷۱ درصد بعد خانوار متوسط، ۶۲/۶۷ درصد بعد خانوار زیاد و ۱/۱۲ درصد بعد خانوار خیلی زیاد می‌باشد. تحلیل داده‌های حاصل از شاخص بعد خانوار حاکی از آن است که حدود ۶۳ درصد از شهر در آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد که مربوط به بعد خانوار چهار تا پنج نفر است. بیشتر این مناطق در محلات حاشیه و سکونتگاه‌های غیررسمی شهر می‌باشد (شکل ۹).

۳) گروه درآمدی

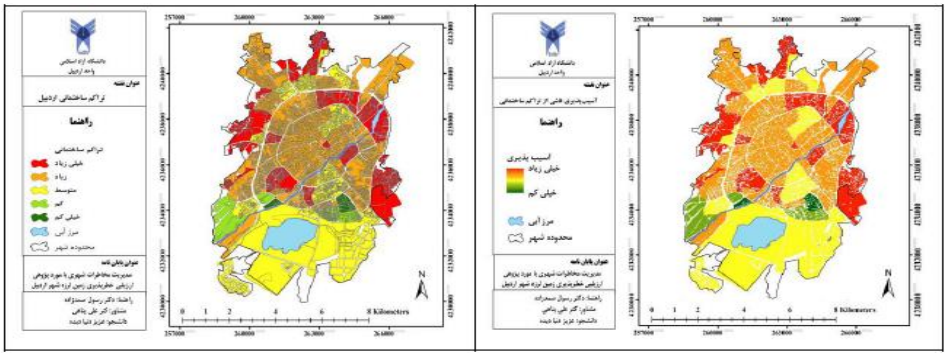
حدود ۴۵ درصد ساکنان شهر اردبیل دارای درآمد متوسط، ده درصد وضعیت درآمدی خوب و ۴۵ درصد درآمد پایین و خیلی پایین می‌باشند. تحلیل داده‌های حاصل از وضعیت درآمدی شهر اردبیل نشان می‌دهد که ۱۰/۸۵ درصد از شهر، آسیب‌پذیری خیلی کم تا خیلی کم، ۴۶/۲۵ درصد آسیب‌پذیری متوسط و ۲۳/۷۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۹/۱۲ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می شود که عمدتاً مربوط به مناطق حاشیه‌نشین شهر می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۹: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار بعد خانوار. (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۰: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیار گروه درآمدی. (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۱: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیار تراکم ساختمانی. (منبع: نگارندگان)

۴) تراکم ساختمانی

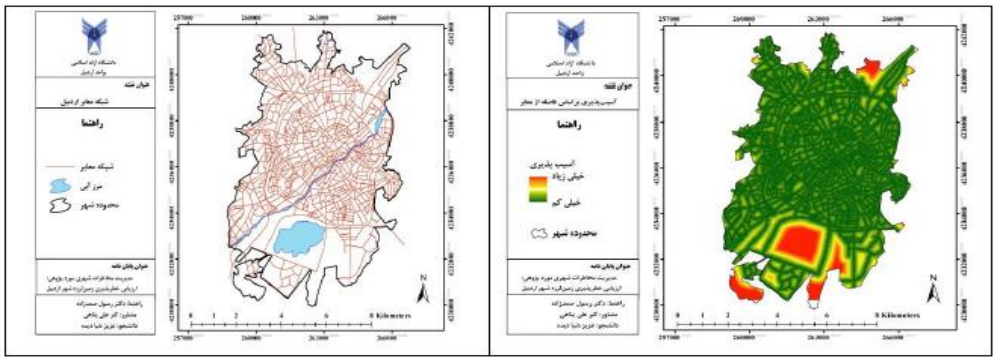
۵۰ درصد شهر اردبیل دارای تراکم ساختمانی متوسط، ۴۶ درصد تراکم ساختمانی زیاد و خیلی زیاد و چهار درصد تراکم کم تا خیلی کم می‌باشد. از نظر تراکم ساختمانی، ۴۶ درصد شهر اردبیل دارای آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد (شکل ۱۱).

۵) شبکهٔ معابر

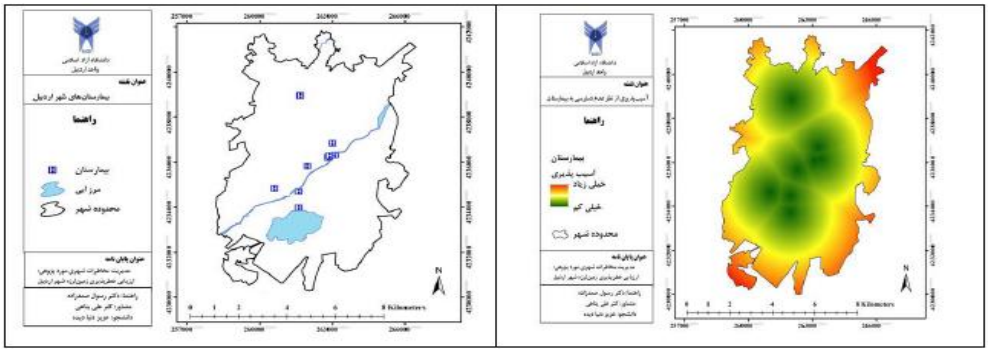
بر اساس نقشه آسیب‌پذیری (شکل ۱۲) حدود ده درصد از فضاهای شهری اردبیل با توجه به شاخص فاصله از معابر و دسترسی به شبکه ارتباطی، در طیف آسیب‌پذیری بالا قرار می‌گیرد.

۶) دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسانی

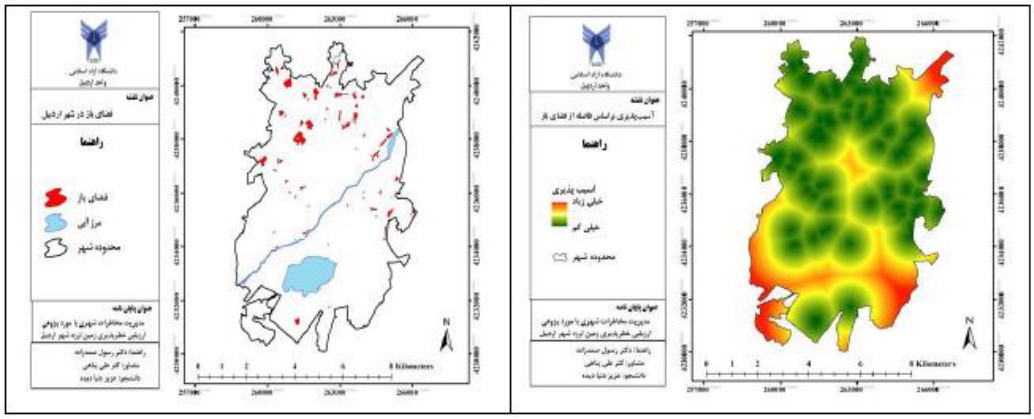
بر اساس تحلیل داده‌های مربوط به فاصله از مراکز درمانی، ۱۶ درصد از شهر، آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۴ درصد آسیب‌پذیری کم، ۳۴ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۱۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و نه درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از ۱۶۰۰ متر از بیمارستان است. با مقایسه نقشه آسیب‌پذیری می‌توان نتیجه گرفت که حدود ۲۶ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از مراکز درمانی، آسیب‌پذیری متوسط به بالایی خواهد داشت (شکل ۱۳).



شکل ۱۲: پراکنش فضایی معابر شهری اردبیل و آسیب‌پذیری ناشی از آن. (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۳: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیار دسترسی به مراکز بیمارستانی. (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۴: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیار دسترسی به فضاهای باز. (منبع: نگارندگان)

۷) فضای‌های باز

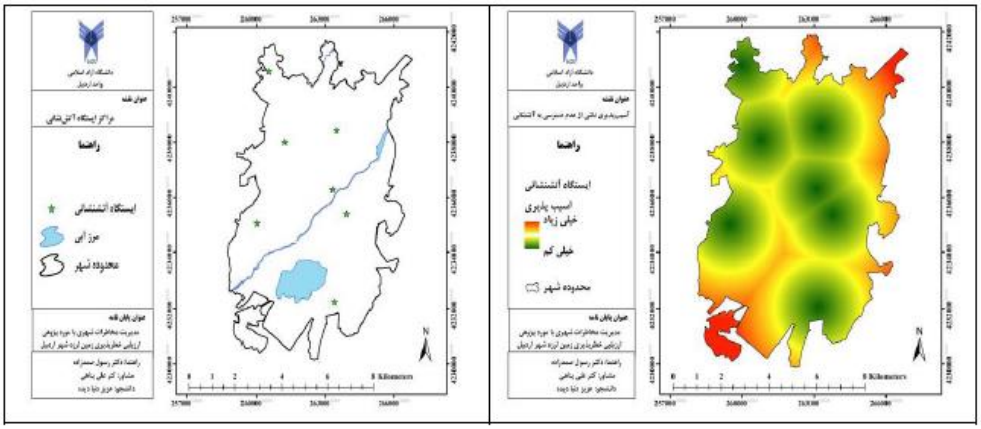
نقشه پراکنش فضایی فضاهای باز شهر اردبیل نشان می‌دهد که وضعیت بیشتر محدوده در دسترسی به فضاهای باز عمومی مناسب است. طبق این آمار بیشتر از نیمی از محدوده در فاصله کمتر از ۸۰ متری از این فضاها قرار دارند. قابل ذکر است که بیشتر این فضاهای باز در محدوده مربوط به زمین‌های خالی می‌باشد (شکل ۱۴).

۸) دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی

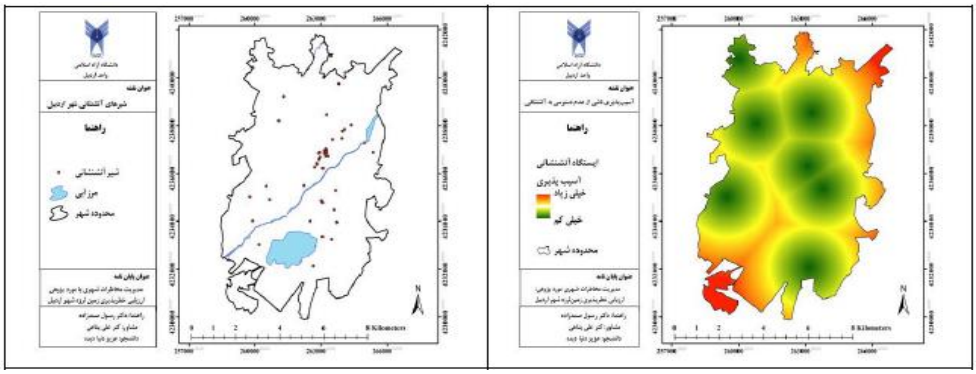
با توجه به پراکنش فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی ۱۷/۲۰ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۵/۱۳ درصد آسیب‌پذیری کم، ۱۸/۳۲ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۲۸/۵۹ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۴/۱۰ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از ۱۶۰۰ متر از ایستگاه‌ها است. در حالت کلی حدود ۳۰ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت (شکل ۱۵).

۹) شیرهای آتش‌نشانی

با توجه به پراکنش فضایی شیرهای آتش‌نشانی ۲۳/۱۲ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۰/۱۱ درصد آسیب‌پذیری کم، ۲۹/۲۹ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۱۶/۳۱ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۱/۱۷ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از ۱۶۰۰ متر است. به‌طور کلی حدود ۲۸ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از شیرهای آتش‌نشانی، آسیب پذیری بالایی برخوردار است (شکل ۱۶).



شکل ۱۵: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس عدم دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی. (منبع: نگارندگان)



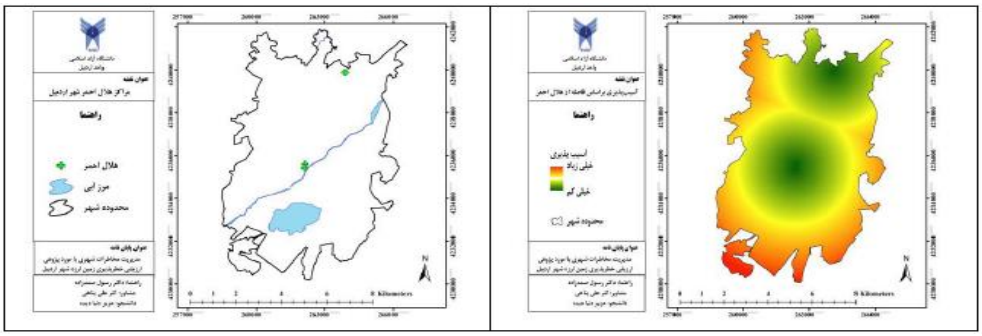
شکل ۱۶: آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس معیار دسترسی به شیرهای آتش‌نشانی. (منبع: نگارندگان)

۱۰) هلال احمر

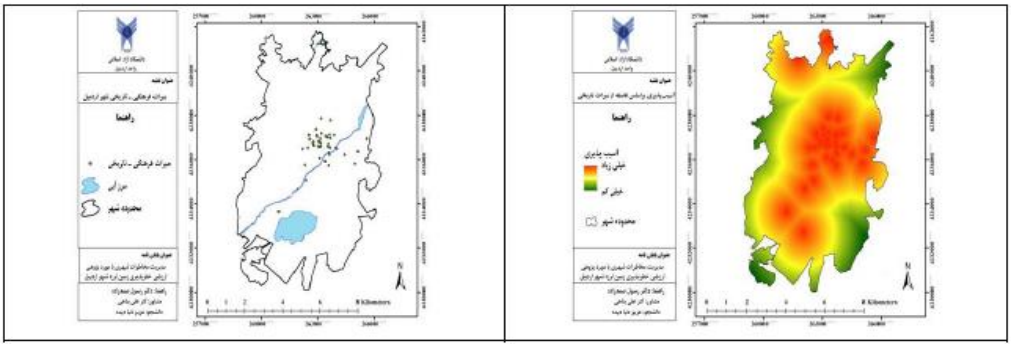
بر اساس پراکنش فضایی مراکز هلال احمر ۱۳/۱۹ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۷/۱۸ درصد آسیب‌پذیری کم، ۲۳/۴۱ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۳۸/۱۰ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۸/۱۳ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از ۱۶۰۰ متر است. در حالت کلی گفت حدود ۴۶ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از مراکز هلال احمر، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت (شکل ۱۷).

۱۱) میراث‌های تاریخی و ثبت شده

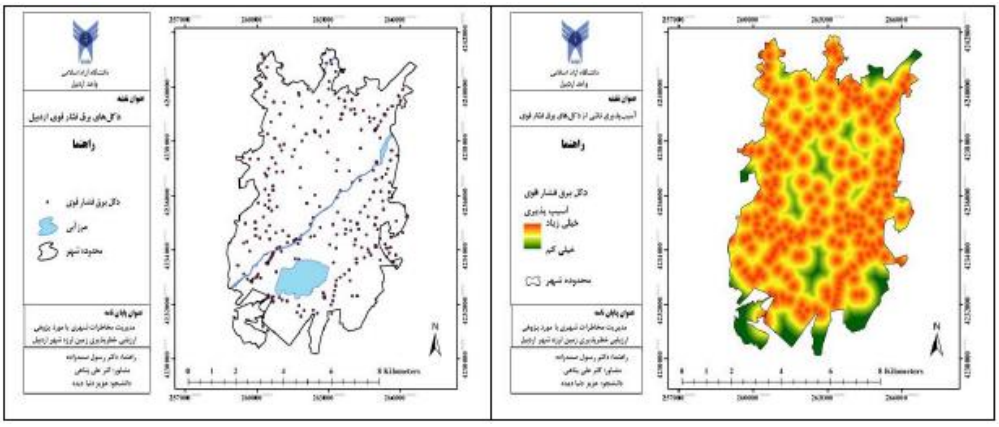
بیشتر میراث‌های تاریخی و ثبت شده شهر اردبیل با توجه قدمت تاریخی در مرکز شهر واقع شده‌اند و بیشترین تهدید از لحاظ آسیب‌پذیری از نظر این شاخص متوجه بافت مرکزی شهر می‌باشد. بر این اساس ۹/۸۴ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲/۱۸ درصد آسیب‌پذیری کم، ۳۵/۷۵ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۲۴/۱۹ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۸/۱۴ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل کمتر از ۴۰۰ متر است. در حالت کلی می‌توان گفت که حدود ۴۲ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از میراث‌های تاریخی و ثبت شده، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت (شکل ۱۸).



شکل ۱۷: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار دسترسی به مراکز هلال احمر. (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۸: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار فاصله از میراث‌های تاریخی و ثبت شده. (منبع: نگارندگان)



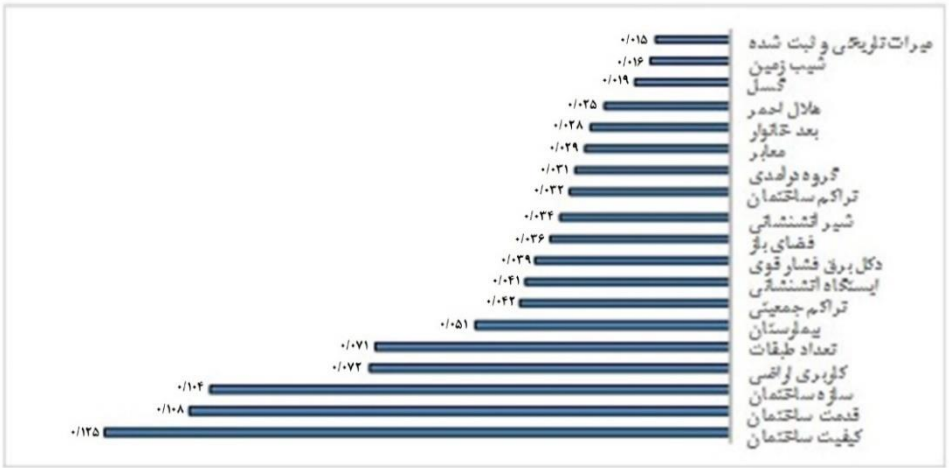
شکل ۱۹: آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس معیار فاصله از دکل‌های برق فشار قوی. (منبع: نگارندگان)

۱۲) دکل‌های برق فشار قوی

بر اساس پراکنش فضایی دکل‌های برق فشار قوی در سطح شهر اردبیل با توجه به فضاهای باز موجود در مناطق حاشیه‌ای، این مناطق بیشترین دکل‌های برق فشار قوی را در خود جای داده‌اند و بیشترین تهدید از لحاظ آسیب‌پذیری از نظر این شاخص متوجه بافت حاشیه‌ای شهر می‌باشد. بر این اساس ۹/۸۶ درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۰/۱۲ درصد آسیب‌پذیری کم، ۳۱/۶۸ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۲۸/۱۹ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۲۰/۱۲ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل کمتر از ۲۵۰ متر است. به‌طورکلی حدود ۵۰ درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از دکل‌های برق فشار قوی،از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار است (شکل ۱۹).

وزن دهی به معیارها و زیرمعیارهای پژوهش

وزن‌دهی به معیار توسط کارشناسان و خبرگان جهت تهیه نقشه نهایی آسیب‌پذیری با استفاده از روش AHP صورت گرفته است. در راستای اجرای فرایند AHP، پس از تهیه پرسشنامه و پخش آن‌ها بین ۵۰ نفر از کارشناسان، با نرمالیزه کردن ردیف‌های ماتریس بعد از قرارگیری در مدل، اولویت، ضرایب اهمیت هر معیار و نتایج آن در جدول (۲) ارائه گردیده است. ضریب ناسازگاری(CR) در این بررسی کمتر از ۰/۰۱ است که نشان دهنده سازگاری قابل قبول است. طبق نتایج به دست آمده معیار برنامه‌ریزی با وزن نهایی ۰/۴۸۰، معیار سازه‌ای با وزن ۰/۴۰۸ و معیار طبیعی با وزن ۰/۰۳۵ به ترتیب بیشترین تأثیر ممکن را بر آسیب‌پذیری شهر اردبیل داشته‌اند. ولی با در نظر گرفتن نسبت زیرمعیارها، معیار سازه‌ای بیشترین تاثیر را در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر اردبیل دارند (شکل (۲۰) و جدول (۲)).



شکل ۲۰: اهمیت زیرمعیارهای محاسبه شده توسط نرم‌افزار Expert Choice. (منبع: نگارندگان)

جدول ۲: وزن معیارها و زیرمعیارهای آسیب‌پذیری توسط نرم‌افزار Expert Choice.

برنامه‌ریزی	وزن	سازه‌ای	وزن	طبیعی	وزن
کاربری اراضی	۰/۰۷۲	کیفیت ساختمان	۰/۱۲۵	گسل	۰/۰۱۹
تراکم جمعیتی	۰/۰۴۲	قدمت ساختمان	۰/۱۰۸	شیب زمین	۰/۰۱۶
		تعداد طبقات	۰/۰۷۱		
بعد خانوار	۰/۰۲۸	گونه‌شناسی سازه‌ای (سازه ساختمان)	۰/۱۰۴	**کل**	**۰/۰۳۵**
گروه درآمدی	۰/۰۳۱	**کل**	**۰/۴۰۸**		
تراکم ساختمان	۰/۰۳۲				
معابر	۰/۰۲۹				
بیمارستان	۰/۰۵۱				
میراث تاریخی و ثبت شده	۰/۰۱۵				
فضای باز	۰/۰۳۶				
ایستگاه آتش‌نشانی	۰/۰۴۱				
شیر آتش‌نشانی	۰/۰۳۴				
هلال احمر	۰/۰۲۵				
دکل برق فشار قوی	۰/۰۳۹				
کل	**۰/۴۸۰**				

(منبع: نگارندگان)

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از میان مخاطرات طبیعی، زمین‌لرزه‌ها مخصوصا با مدت زمان کم و شدت زیاد و نیز اثرگذاری آنها بر اجتماعات و محلات شهری به مواردی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری در سال‌های اخیر تبدیل شده است. برنامه‌ریزی شهری نقش عمده‌ای در کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر این نوع مخاطرات دارد. با توجه به اینکه سنجش آسیب‌پذیری سازه‌های شهری در برابر سوانح طبیعی در مسیر نیل به آرمان توسعه پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، در پژوهش حاضر میزان آسیب‌پذیری شهر اردبیل در برابرخطر زمین‌لرزه در چهارچوب مدلAHP سنجش قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از مقایسهٔ معیارها، حاکی از اهمیت بالای معیارهای برنامه‌ریزی با وزن کلی ۰/۴۸۰ در آسیب‌پذیری شهر اردبیل است. بر اساس تحلیل نقشه‌های زیرمعیارها، کاربری‌های مسکونی و تجاری-مسکونی بیشترین و مهم‌ترین کاربری‌های شهر اردبیل را تشکیل می‌دهند. این نوع کاربری‌ها با توجه به جمعیت ساکن آن بیشترین آسیب‌پذیری را در شرایط بحرانی دارند. در مراتب بعدی مراکز تجمع جمعیتی قرار دارند که به کاربری‌های ویژه معروف‌اند و شامل مراکز آموزشی، بیمارستان‌ها، مراکز امدادرسانی، مراکز مدیریت شهری و... بوده و نهایتاً کاربری‌های فضاهای باز، سبز، زارعی و بایر می‌باشند که از کمترین آسیب‌پذیری برخوردار هستند.

معیار سازه‌ای شامل چهار زیرمعیار کیفیت، قدمت، تعداد طبقات و گونه‌شناسی سازه‌ای بناهای شهری وزن کلی ۰/۴۰۸ را به خود اختصاص داده است. این معیار هرچند که از لحاظ وزن کلی در مرحلهٔ دوم اهمیت قراردارد، ولی با در نظر گرفتن نسبت زیرمعیارها، بیشترین تاثیر را در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر اردبیل دارد. در همین رابطه ۸۵ درصد بناهای شهر در وضعیت آسیب‌پذیری کم تا خیلی کم قرار دارند. بیشتر مناطق آسیب‌پذیر را نیز محلات حاشیه‌ای شهر و بافت‌های فرسوده مرکز شهر تشکیل می‌دهند. با در نظر گرفتن شاخص کیفیت بناها، بیشتر ساختمان‌ها و بناهای موجود در شهر اردبیل در گروه آسیب‌پذیری کم قرار دارند. از لحاظ گونه‌شناسی سازه‌ای نیز بیش از ۵۵ درصد بناهای شهری در طیف آسیب‌پذیری خیلی کم تا کم و بیش از ۴۴ درصد نیز در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند. از لحاظ زیرمعیار قدمت ساختمان‌های شهر اردبیل، ساختمان‌های با آسیب‌پذیری پایین مربوط به بافت جدید شهر و نیز نوسازی‌هایی که در طول چند سال اخیر صورت گرفته می‌باشد. همچنین بناهای دارای آسیب‌پذیری متوسط در بیشتر نقاط شهری پراکنده‌اند و بیشترین آمار را نیز به خود اختصاص داده‌اند. ساختمان‌های با آسیب‌پذیری زیاد عمدتاً مربوط به بافت فرسوده و هسته قدیمی شهر به علت قدمت تاریخی و نیز بعضی مناطق حاشیه‌ای دارای اسکان‌های غیررسمی می‌باشند. نتایج زیرمعیار تعداد طبقات در سطح شهر اردبیل نشان می‌دهد که بیشتر مناطق از ساختمان‌های یک و دو طبقه ساخته شده‌اند که این مورد آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه را کاهش می‌دهد. عمده ساختمان‌های بلند مرتبه

نیز در مناطق و شهرک‌های تازه تاسیس از قبیل شهرک‌های کارشناسان، کوثر، سبلان و... و همچنین بصورت پراکنده در مناطق مرکزی شهر قرار دارند.

نتایج زیرمعیار گسل حاکی از آن است که در قسمت شمال و شرق شهر، گسلی که برای مراکز سکونتی محدودیت ایجاد نماید وجود ندارد. در حالی که در قسمت شمال غربی و جنوب غربی و غربی به سبب نزدیکی به گسل‌ها از جمله گسل‌های شعاعی دامنه‌های سبلان و گسل بالیقلوچای احتمال آسیب‌رسانی آن‌ها وجود دارد و محدودیت عمده توسعه منطقه را باعث می‌شود. زیر معیار شیب نیز حاکی از آن است که 68/67 درصد از فضاهای شهر شیب صفر تا سه درصدی داشته و آسیب‌پذیری خیلی کم را در بر می‌گیرد.

به‌طورکلی نتایج تحلیل آسیب‌پذیری فضاهای شهر اردبیل نشان می‌دهد حدود ۳۰ درصد از فضاهای شهری در برابر خطر زمین‌لرزه آسیب‌پذیری متوسط به بالایی دارند و ساختار کالبدی مناسب و موزونی را برای مدیریت بحران ناشی از لرزه‌خیزی شهری ارائه نمی‌نمایند. لذا پیشنهاد می‌گردد به منظور مدیریت هدفمند و بهینه خطرپذیری لرزه‌ای دو رویکرد تقریباً نامتجانس از هم، یکی برنامه‌ریزی کاربری زمین برای شرایط عادی شهر و دیگری برنامه‌ریزی کاربری اراضی در شرایط بحرانی با آمادگی پذیرش و پاسخگویی به نیازها در جهت فراهم نمودن امکانات لازم جهت امداد و نجات و بسیار مهم‌تر از آن کاهش آسیب‌های وارده به سیستم‌های فیزیکی و اقتصادی و اجتماعی در شهر مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به موارد یاد شده پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

- اتخاذ سیاست‌ها و تسهیل و اجرای برنامه‌های اجتماع محور برای بهسازی، سبک‌سازی و مقاوم‌سازی بناهای آسیب‌پذیر مخصوصا بافت‌های فرسوده در برابر زمین‌لرزه؛
- ایجاد سازو کارهایی برای تسهیل آمد و شد وسایل نقلیه اضطراری همچون آتش‌نشانی، آمبولانس و امدادرسانی در زمان وقوع زلزله؛
- افزایش تعداد و ارتقای کیفیت مراکز درمانی و امدادرسانی در منطقه جهت خدمات دهی برای آسیب‌دیدگان به هنگام وقوع زمین‌لرزه،
- تدوین و اجرای برنامه‌ها و مکان‌یابی مراکز و اماکن امن به عنوان پناهگاه در هنگام وقوع زمین‌لرزه.

منابع و مآخذ

احمدپور، ا.، حاتمی نژاد، ح.، مدیری م.، و عظیم زاده ایرانی، ا. (۱۴۰۰). تحلیل بافت‌های تاریخی شهری برای مقابله با مخاطرات انسانی مطالعه موردی: منطقه ۱۲ شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۹(۳): ۵۸۹-۶۱۳.

پویان، ژ.، و ناطقی الهی، ف. (۱۳۷۸). آسیب‌پذیری ابر شهرها در برابر زمین‌لرزه مطالعه موردی شهر تهران، سومین کنفرانس بین‌المللی زمین‌لرزه شناسی و مهندسی زمین‌لرزه، تهران.

پویان، م. ح.، صنایعی، ع.، و انصاری، آ. (۱۳۹۹).مدل‌سازی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری تحت سناریوهای مختلف به منظور مدیریت بحران در برابر زلزله (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ یک شهرداری تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی،۵۲(۴): ۱۲۹۳-۱۲۷۵.

حاجی زاده، ف، و ایستگلدی، م. (۱۳۹۷). تحلیلی بر تاب آوری سکونتگاه های روستایی با تأکید بر زلزله (مطالعه موردی: دهستان حومه شهرستان لامرد). مدیریت مخاطرات محیطی، ۵(۱)، ۶۷-۸۳.

حبیبی، ک.، عزتی، م.، ترابی، ک.، و عزت پناه، ب. (۱۳۹۵). بررسی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل MIHWP (مطالعه موردی منطقه ۱۰ تبریز). جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۰(۵۸)، ۱۰۱-۱۱۸.

حیدری، م. (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری از خطر زلزله (مطالعهٔ موردی: بافت قدیم شهر زنجان)، مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۲(۳): ۱۰۱-۱۱۵.

خواجوی، ا.، صمدزاده، ر.، و معصومی، م. ت. (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی ـ اقتصادی بافت‌های فرسودهٔ شهر اردبیل در مقابل خطرپذیری لرزه‌ای، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۵(۷۸): ۱۵۷-۱۳۹.

دربان آستانه، ع.، هرائینی، م. (۱۳۹۸). تحلیل فضایی تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی اجتماعات محلی در برابر زلزله (مطالعه موردی: بخش آفتاب – شهرستان تهران). جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳(۶۸)، ۹۱-۱۱۱.

روستا، م.، ابراهیم زاده ع.، و ایستگلدی، م. (۱۳۹۶). تحلیل تاب آوری کالبدی در برابر زلزله مطالعه ی موردی: بافت فرسوده شهر مرزی زاهدان، جغرافیا و توسعه،۱۵(۴۶): ۱۸-۱.

صمدزاده، ر. (۱۳۹۸). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات سمت، چاپ نخست، تهران، ۱۵۶ ص.

صمدزاده، ر. (۱۴۰۱). سناریوهای خطرپذیری زمین‌لرزه در مناطق شهری موردپژوهی؛ شهر اردبیل. پژوهش‌های دانش زمین. مقاله پذیرفته شده برای چاپ. DOI: 10.52547/ESRJ.2022.222792.1054

صمدزاده، ر.، خیام، م.، و حسینی‌امینی، ح. (۱۳۸۹). نگرشی نو بر تکامل ژئومورفولوژیکی چالهٔ زمین‌ساختی اردبیل با رویکرد آمایش سرزمین، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۱(۱): ۱۰۵-۱۳۰.

عفیفی، م. (۱۴۰۰). ارزیابی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی با تاکید بر زلزله (مطالعه موردی: روستاهای بخش مرکزی شهرستان داراب). نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۱۳(۲)، ۱۳۲-۱۵۰.

نورمحمدی، س. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی)، ۱۳۹۸.

نوروزی، ح.، عزت پناه، ب.، و ولیزاده، ر. (۱۳۹۹). آینده پژوهی مدیریت ریسک در شهرها با تاکید بر آسیب پذیری خطرات زلزله، ۱۲(۴۲)، ۳۹-۵۱.

Bastaminia, A., Rezaie, M. R., Saraie, M. H. (2016). Explaining and analyzing the concept of resiliency and its indicators and frameworks in natural disasters. Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly), 6(1): 32-46.

Boroumandi, M., Khamehchiyan, M., & Nikoudel, M. R. (2015). Using of analytic hierarchy process for landslide hazard zonation in Zanjan Province, Iran. In Engineering Geology for Society and Territory-Volume 2: Landslide Processes (pp. 951-955). Springer International Publishing.

Brown, K. (2014). Global environmental change I: A social turn for resilience. Progress in human geography, 38(1): 107-117.

Desai, B., Sarmiento, J. P. (2015). Risking disaster–The role of private investment and public regulation in disaster risk management. International Journal of Disaster Risk Reduction, 14(3): 203-204.

Despotaki, V., Silva, V., Lagomarsino, S., Pavlova, I., & Torres, J. (2018). Evaluation of seismic risk on UNESCO cultural heritage sites in Europe. International Journal of Architectural Heritage, 12(7-8), 1231-1244.

Ebert, A., Kerle, N., & Stein, A. (2009). Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air-and spaceborne imagery and GIS data. Natural hazards, 48, 275-294.

Horita, F. E., de Albuquerque, J. P., & Marchezini, V. (2018). Understanding the decision-making process in disaster risk monitoring and early-warning: A case study within a control room in Brazil. International journal of disaster risk reduction, 28, 22-31.

Jiménez, B., Pelà, L., & Hurtado, M. (2018). Building survey forms for heterogeneous urban areas in seismically hazardous zones. Application to the historical center of Valparaíso, Chile. International Journal of Architectural Heritage, 12(7-8): 1076-1111.

Lantada, N., Pujades, L. G., & Barbat, A. H. (2018). Earthquake risk scenarios in urban areas: a review with applications to the Ciutat Vella District in Barcelona, Spain. International Journal of Architectural Heritage, 12(7-8), 1112-1130.

Maio, R., Santos, C., Ferreira, T. M., & Vicente, R. (2018). Investigation techniques for the seismic response assessment of buildings located in historical centers. International Journal of Architectural Heritage, 12(7-8), 1245-1258.

Masuya, A. (2014). Flood Vulnerability and Risk Assessment with Spatial Multi-criteria Evaluation. In Dhaka Megacity (pp. 177-202). Springer Netherlands.

Meslem, A., & Lang, D. H. (2017). Physical vulnerability in earthquake risk assessment. In Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science.

Rus, K., Kilar, V., & Koren, D. (2018). Resilience assessment of complex urban systems to natural disasters: A new literature review. International journal of disaster risk reduction, 31, 311-330.

Taffarel, S., da Porto, F., Valluzzi, M. R., & Modena, C. (2018). Comparing expeditious procedures for the seismic vulnerability assessment on the European territorial context: reliability, feasibility, cost, and time consumption. International Journal of Architectural Heritage, 12(7-8), 1150-1161.

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ..., Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the national academy of sciences, 100(14): 8074-8079.

Wisner, B., Blaikie, P. M., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Psychology Press.

یادداشت‌ها

[1] *Maio et al.*
[2] *Taffarel et al.*
[3] *Despotaki*
[4] *Lantada*
[5] *Capacity Spectrum-based Methods*