مهندسی جغرافیایی سرزمین
شاپای چاپی ۱۴۹۰- ۲۵۳۸
شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲- ۲۵۳۸
www.jget.ir

دوره ۸، شماره ۳ (پیاپی ۲۱)، پاییز ۱۴۰۳، صص. ۱۲۳-۱۴۰
DOI: 10.22034/jget.2023.379483.1468
DOR: 20.1001.1.25381490.1403.8.3.8.3

مقاله پژوهشی

مدیریت بحران مخاطرات لرزه‌ای شهری
(مطالعهٔ موردی: شهر اردبیل)

عزیز دنیادیده [۱]، رسول صمدزاده [۲*]، علی پناهی [۳]

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

۳. استادیار گروه جغرافیا، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: nmolaeih@iaurasht.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۶ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۰۹ مهر ۱۴۰۲

چکیده

مقدمه: بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی همواره در کمین جوامع انسانی بوده و می‌توانند در مدت زمان کوتاه آثار زیان‌باری را بر کانون-های مدنی شهری و روستایی تحمیل نمایند. یکی از این آثار زیان‌بار به دلیل عدم توانایی در پیش‌بینی زمانی وقوع سوانح طبیعی مخصوصاً زمین‌لرزه‌ها، بحران‌های ناشی از آن‌ها است.

هدف: هدف مقاله حاضر مخاطرات لرزه‌ای شهری با رویکرد مدیریت بحران در شهر اردبیل است.

روش شناسی: پژوهش حاضر از لحاظ هدف از نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی ـ تحلیلی است. در این پژوهش، ابتدا سناریوی لرزه‌ای شهر اردبیل برای شدت‌های مختلف لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحلهٔ بعد برای بررسی عوامل موثر جهت کاهش آسیب‌های لرزه-ای معیارهای بررسی در مدیریت بحران شامل: وجود نظام ذخیره‌سازی، تجهیزات تخصصی، نیروی انسانی متخصص، نظام اطلاع رسانی، اثر بخشی عملیات و زیرساخت‌های ارتباطی، با استفاده از اطلاعات پرسشنامه‌ای تکمیل گردیده و تحلیل عوامل و متغیرها از روش معادلات ساختاری در نرم‌افزار لیزرل صورت گرفت.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: مناطق پنجگانهٔ شهر اردبیل.

یافته‌ها و بحث: پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین نمایهٔ آسیب‌پذیری شهر اردبیل به ترتیب ۰/۹۰۵ و ۰/۵۸۰ است و کمترین و بیشترین میزان شدت لرزه‌ای در زمین‌لرزه‌های با شدت V-VI و VII به ۰/۶۴۰ و ۲/۵۶۰ می‌رسد. مهم‌ترین متغیرهای پنهان موثر در مدیریت بحران زمین‌لرزه و کاهش آسیب‌پذیری نیز وجود نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد (گویه ذخیره‌سازی لوازم اسکان)، تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب عملیاتی (گویه تجهیزات پشتیبانی)، نیروی انسانی متخصص (گویه آموزش‌های تخصصی و تکمیلی)، و اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین (گویه فعالیت مستمر ستاد اطلاع‌رسانی) و در بین وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی (گویه وجود کمیته بحران) هستند.

نتیجه‌گیری: در حال حاضر هر چند که زمین‌لرزه‌ها از لحاظ مکانی قابل پیش‌بینی هستند ولی هنوز از لحاظ زمانی این امر مقدور نمی‌باشد. لذا در بحث مدیریت بحران لرزه‌ای مخصوصادر سطح شهرستان اردبیل به عنوان یکی از کانون‌های لرزه‌خیز شمال باختری ایران بایستی رویکرد غالب ایجاد آمادگی برای روبرو شدن با خطر لرزه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت بحران؛ مخاطرات لرزه‌ای؛ شهر اردبیل، آسیب‌پذیری شهری.

مقدمه

امروزه شهرها به عنوان کانون‌های ثقل جمعیتی به تناسب جایگاه جغرافیایی و هویت مکانی‌شان با انواع چالش‌های نامتعارف مرتبط با پدیده‌های طبیعی و انسانی همچون تغییرات آب و هوایی، انواع مخاطرات و توسعه سریع شهری مواجه هستند (Nikpour & Ashoori, 2023: 1) و این ویژگی آن‌ها را به محیطی آسیب‌پذیر در برابر انواع بلایای طبیعی تبدیل نموده است (Cremen et al., 2023: 2). آسیب‌پذیری شهری به میزان خسارتی که به یک شهر در صورت بروز سانحه واردشده و بر اجزا و عناصر آن نیز برحسب کیفیت و ماهیت‌شان اثر می‌گذارد اطلاق می‌گردد. یکی از انواع مخاطرات طبیعی آسیب‌رسان به سکونتگاه‌های انسانی مخصوصا شهرها زمین‌لرزه‌ها هستند (Kalaycıoglu et al, 2023, 1).

فضاهای شهری همواره جایگاه بروز، فرصت‌ها و چالش‌های فراوانی بوده است که مردم بایستی به‌صورت مداوم طی زندگی روزمرهٔ خود با ساختارهای فنی آن در تعامل باشند. این تعاملات بنیادین، سبب مطرح شدن موضوعات مهمی نظیر مدیریت آسیب‌پذیری و بحران مخاطرات طبیعی مخصوصا زمین‌لرزه‌ها در فضاهای شهری می‌شود (نامجو و همکاران، ۱۳۹۹، ۲۰۲)

فجایع لرزه‌ای و پیامدهای احتمالی ناشی از آن، نگرانی‌های فزاینده‌ای در کانون‌های جمعیتی، به‌ویژه شهری را به دنبال داشته است(Jiménez et al, 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. نگاهی به تاریخ لرزه‌خیزی شهرهای ایران در کمتر از یکصد سال اخیر که با ویرانگری‌ها و تلفات جانی و مالی بی‌بازگشتی همراه بوده است، بیانگر ابعاد گستردهٔ آسیب‌پذیری شهرهای ایران از این فاجعهٔ طبیعی است.

زمین‌لرزه‌های با شدت بالا در صورت وقوع در مراکز شهری که انواع مختلفی از ساختمان‌های راهبردی و کلیدی، مراکز تاریخی، زیرساخت‌های حیاتی و هستند(Basaglia et al, 2018; Cara et al, 2018, 22) ، با توجه به فشردگی زمانی منجر به بروز بحران می‌گردند. یکی از رویکردهای اصلی به‌منظور کاهش این قبیل بحران‌ها که یک مشکل چندبعدی و پیچیده هستند، مدیریت آن‌ها نگرشی کل‌نگر است.

مدیریت بحران شامل مجموعه‌ای از عملیات و اقدامات مستمر و پویا است و به طور کلی مبتنی بر عملکرد هوشمندانهٔ انسانی است که شامل برنامه‌ریزی، سازماندهی، رهبری و کنترل است. این فرایند مجموعه اقداماتی را دربرمی‌گیرد که پیش، حین و پس از وقوع حادثه برای کاهش اثرات و عوارض آن انجام می شود (Tohidinia et al. 2016, 10). در این میان، فعالیت‌هایی که در مدیریت بحران انجام می‌گیرد، در چهار مرحلهٔ پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی قرار می‌گیرند و نقش برنامه‌ریزی شهری در این چرخه مدیریت بحران، جلوگیری از اتلاف منابع و بهره‌گیری از بیشترین توان موجود در جامعه است.

ایران چهارمین کشور آسیایی پس از هند، بنگلادش و چین و ششمین کشور جهان از نظر تعداد بالای بلایا است (Aminizadeh et al, 2020, 4). این سرزمین به عنوان بخشی از فلات کوه‌زاد ایران ـ آناتولی ـ تبت و نوار کوه-زایی آلپی از دیرباز تا امروز یکی از منطقه‌های پرتکاپو و در عین حال کانون‌های لرزه‌خیز جهان محسوب گردیده (صمدزاده، ۱۳۹۸، ۶۲) و به صورت تقریبی هر ده سال شاهد رخداد یک زمین‌لرزهٔ بزرگ می‌باشد (خواجوی و همکاران، ۱۴۰۰، ۱۴۰). در گوشهٔ شمال باختری این کمربند و ضلع خاوری فلات آتشفشانی آذربایجـان سومین شهر پرجمعیت آذربایجـان و مرکز استان اردبیل؛ یعنی شهر اردبیل جای گرفته اسـت. در سرتاسر پیرامونی این دشت گسل‌های متعددی گسترده شده‌اند. به موازات راستای تقریباً شمالی ـ جنوبی رشته‌کوه‌های باغروداغ، گسل نئور با درازای بیش از ۵۰ کیلومتر امتداد یافته‌اند. کوه‌های عنبران در شمال خاوری دشت نیز در بطن خود گسل‌های اصلی و فرعی بسیاری را جای داده است. از سمت باختر در راستای جادهٔ اردبیل ـ نیر، رودخانهٔ بالیقلوچای مسیر خود را بر گسل بالیقلو تطبیق داده است. از سمت جنوب باختری یعنی مسیر اردبیل ـ فیروزآباد ـ میانهٔ خطوارهٔ معناطیسی اردبیل ـ میانه امتداد یافته است (صمدزاده، ۱۳۹۸، ۶۳).

در دامنه‌های جنوب خاوری تودهٔ آتش‌فشانی سبلان نیز دو گروه گسل به صورت خطی و کمانی وجود دارند. این محدوده و مناطق پیرامونی آن در جایی قرار گرفته است که در آن روند ساختارها از خاوری ـ باختری تقریباً به طرف شمالی؛ یعنی‌در جهت کاملا متفاوت تغییر می‌یابد، مخصوصاً این‌که بسیاری از زمین‌لرزه‌های تاریخی و ویرانگر منطقه نیز در این محدوده و در امتداد گسل‌های یاد شده روی داده است. برای نمونه می‌توان به قدیمی‌ترین آن‌ها؛ یعنی زمین‌لرزه‌های ۱۵۹۳ سراب و همچنین زمین‌لرزهٔ هیر ـ اردبیل در ۳۰ دسامبر ۱۸۶۳ اشاره نمود. ویرانگرترین و درعین‌حال جدیدترین آن نیز زمین لرزهٔ روستای گلستان در تاریخ ۱۳۷۵/۱۲/۱۰ با بزرگی $M_S=6/1$ است، که ۹۵۴ کشته و ۲۵۰۰ نفر نیز مجروح و ویرانی‌های فراوانی نیز در سیزده روستای تابعه استان برجای گذاشت (تیو و هکاران، ۱۳۷۷؛ اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۲،۴۴). بنابراین می‌توان گفت که منطقه توان بالقوهٔ ایجاد زمین-لرزه‌هایی با بزرگی ۶ تا ۶/۵ ریشتر را دارد (صمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹).

به اعتبار چنین تاریخ طبیعی تکوینی، شهر اردبیل از مناطق لرزه‌خیز محسوب گردیده و همواره متحمل آسیب‌های شدیدی شده است، علاوه بر این از وضعیت تاب‌آوری چندان مطلوبی نیز برخوردار نمی‌باشد (نظم‌فر و پاشازاده، ۱۰۲:۱۳۹۷). تمامی موارد یادشده تماماً گواه بر آسیب‌پذیری شهر اردبیل و گستره‌های پیرامونی از مخاطرات لرزه‌ای است. طبیعتاً این مخاطرات با توجه به فشردگی زمانی و گاهی نیز مکانی پیامدهای متعددی به دنبال دارد. یکی از این پیامدها که مخصوصاً بعد از رویداد زمین‌لرزه‌های ویرانگر نمود عینی پیدا می‌کند بحران‌های شهری است. پژوهش حاضر به دنبال بررسی این خطرپذیری لرزه‌ای از منظر مدیریت بحران شهری است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از لحاظ هدف از نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی ـ تحلیلی است. در این پژوهش به منظور تبیین وضعیت لرزه‌خیزی شهر اردبیل و ضرورت توجیه مدیریت خطرپذیری لرزه‌ای با رویکرد مدیریت بحران، ابتدا با توجه به پراکنش گسل‌های اصلی و فرعی دشت اردبیل و گستره‌های پیرامونی آن تا شعاع ۷۰ کیلومتری (از قبیل گسل‌های نئور، گسل‌های شعاعی و خطی دامنه‌های خاوری سبلان و گسل بالیقلوچای) و خطواره‌های مغناطیسی موجود (خطوارهٔ مغناطیسی میانه ـ اردبیل) سناریوی لرزه‌ای شهر اردبیل بر حسب شدت‌های مهلرزه‌ای، شتاب پایه، ab(g) و دوره‌های بازگشت و نمایهٔ آسیب‌پذیری و میانگین درجهٔ آسیب برای شدت‌های مختلف لرزه‌ای مناطق پنجگانهٔ شهر اردبیل مورد بررسی قرار گرفته است. سپس نقشهٔ آسیب‌پذیری شهر اردبیل بر اساس فاصله از گسل تهیه و ترسیم گردیده است. اطلاعات دقیق در مورد طراحی ساختمان با جمع‌آوری، تنظیم، بهسازی و تکمیل پایگاه اطلاعاتی شهرداری به‌دست آمده است.

سپس با توجه به این که مراکز واکنش اضطراری نقش اساسی در کاهش تلفات انسانی هنگام رویداد حادثه دارند و انجام اقدامات لازم در ارتباط با این مراکز در مراحل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی توانایی مدیران را در کنترل شرایط افزایش می‌دهد، پراکنش امکانات مراکز یادشده (آتش‌نشانی، مراکز درمان و هلال احمر) و اسکان اضطراری و تخلیهٔ امن در قالب نقشه‌های GIS تهیه و ترسیم گردید.

حجم نمونه پژوهش کارشناسان مرتبط با مسئله مدیریت بحران، در شهرداری و سازمان مدیریت بحران اردبیل و اساتید دانشگاه است که با توجه به نامشخص بودن تعداد آن‌ها سعی شد تا پرسشنامه توسط تمامی کارشناسان مربوطه تکمیل شود که در نهایت به روش نمونه‌گیری هدفمند تعداد ۵۰ پرسشنامه جمع‌آوری شد (دلیل استفاده از خبرگان در این پژوهش، تخصصی بودن موضوع مدیریت بحران لرزه‌ای شهری و آشنایی تقریباً کامل کارشناسان نسبت به شهروندان عادی در این خصوص است). مولفه‌های تشکیل دهندهٔ پرسشنامه شامل عوامل موثر بر کاهش آسیب‌های - لرزه‌ای از معیارهای بررسی در مدیریت بحران شامل پنج عامل: وجود نظام ذخیره‌سازی، تجهیزات تخصصی و تشکیلات مناسب عملیاتی، نیروی انسانی متخصص، نظام اطلاع رسانی، اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین، زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی هستند. پایایی ابزار پژوهش هم از طریق آزمون آلفای کرونباخ سنجیده شده که

ضریب ۹۲/۰۱ درصد نشان سطح بالای پایایی پرسشنامه می‌باشد. لازم به یادآوری است که در طراحی پرسشنامه، برای سنجش سؤالات از طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای استفاده شد. واکاوی آماری عوامل و متغیرهای تاثیرگذار در مدیریت بحران لرزه‌ای معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار لیزرل صورت گرفته است.

جدول ۱. *نتایج میزان انطباق مدل اندازه گیری با شاخص‌های برازندگی*

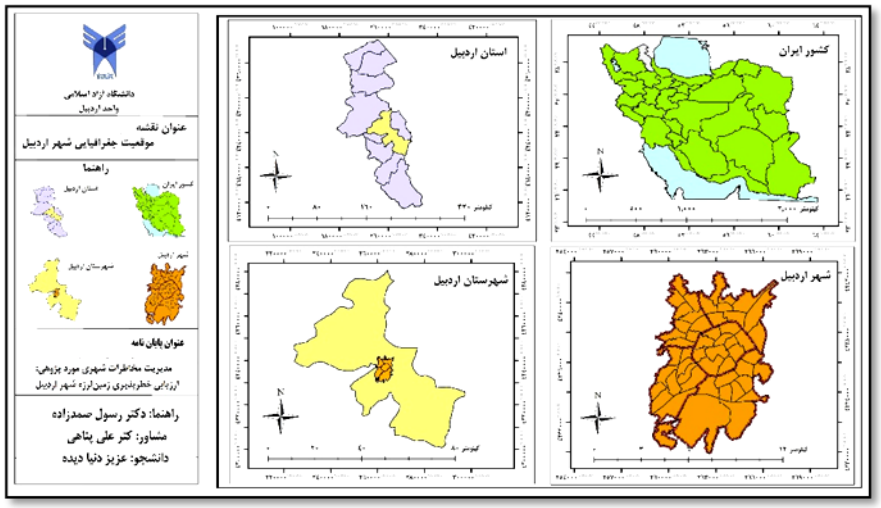
نمایه‌های برازش مدل	حد مطلوب	گزارش شده	نتیجه
مقدار کای اسکویر(X^2)	-	۵۳۱/۴۲	برازش مناسب
درجه آزادی(df)	-	۱۸۴	برازش مناسب
نسبت کای اسکویر به درجه آزادی(x^2/df)	≤3	۲/۸۸	برازش مناسب
ریشه میانگین توان دوم خطای تقریب(RMSEA)	RMSEA ≤ 0/08	۰/۰۶۴	برازش مناسب
مجذور مقادیر باقیمانده(RMR)	RMR ≤0/05	۰/۰۵۱	برازش مناسب
مجذور مقادیر باقیمانده استاندارد شده (SRMR)	SRBMR ≤0/05	۰/۰۵۲	برازش مناسب
شاخص برازندگی (GFI)	0/80 ≤ GFI	۰/۸۳	برازش مناسب
شاخص برازش تطبیقی(CFI)	0/90 ≤ CFI	۰/۹۳	برازش مناسب
شاخص برازش نرم شده(NFI)	0/90 ≤ NFI	۰/۹۳	برازش مناسب
شاخص برازش نرم نشده(NNFI)	0/90 ≤ NNFI	۰/۹۴	برازش مناسب
شاخص برازندگی فزاینده (IFI)	0/90 ≤ IFI	۰/۹۵	برازش مناسب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

جهت ارزیابی مدل، از نمایه‌های برازندگی ذکر شده در جدول ۱ استفاده شده است. در حالت ایده‌آل مقدار مربع کای باید دارای سطح معنی‌داری بیش از ۰/۰۵ باشد تا بتوان گفت مدل از برازش کامل برخوردار است، اما از آنجا که مقدار آماره مربع کای به حجم نمونه بسیار حساس است، معمولاً از نمایهٔ نسبت مربع کای به درجه آزادی برای ارزیابی برازش مدل استفاده می‌شود که حد مطلوب آن کمتر از ۳ است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

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. همانند دیگر شهرها و مراکز استانی بزرگ ایران، شهر اردبیل نیز شامل نواحی و کانون‌های جمعیتی متعددی در پیرامون بوده 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 ۵ منطقه و ۱۵ ناحیه تشکیل شده که قدیمی‌ترین آن ناحیه یک واقع در منطقه یک است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل

یافته‌ها و بحث

رویکرد سناریوهای لرزه‌ای

بر اساس اطلاعات نقشهٔ خطر لرزه‌ای ایران (توکلی و غفوری آشتیانی، ۱۳۷۸) دشت اردبیل و شهرستان اردبیل به عنوان بخشی از این دشت هموار در منطقهٔ با خطر نسبی بالا قرار گرفته است. علاوه بر این با توجه به پهنه‌بندی a/b- Value (ضرایب لرزه‌خیزی در رابطهٔ گوتنبرگ‌ـریشتر Log N= a-b (M) بر اساس نگاشت‌های دستگاهی سدهٔ بیستم تا عصر حاضر) در گسترهٔ ایران، دشت اردبیل و محدوده‌های پیرامونی آن در دامنهٔ ۶/۷ـ۶/۵ (گستره‌ای با توان لرزه‌زائی بالا) قرار دارد (بیت‌اللهی و رزاقیان، ۱۳۹۷).

از طرف دیگر با توجه به برداشت‌های میدانی و ترانشه‌ها و گمانه‌های موجود شهر اردبیل بر روی نهشته‌های دریاچه‌ای پلیو‌ـکواترنری با بیشینهٔ ستبرای ۲۸۰ متری و همچنین نهشته‌های مخروط‌افکنه‌ای و تراس‌های رودخانه‌ای کواترنری (ازجمله شهرک‌های ساحلی و اداری کارشناسان و تمامی بناهای ساخته شده در امتداد رودخانهٔ بالیقوچای از خیابان معلم تا شهرک زرناس) استقرار یافته است. این نهشته‌های دریاچه‌ای و رودخانه‌ای در مجموع شهر را علاوه بر آسیب‌پذیری مستقیم در برابر خطر زمین‌لرزه برای پدیده‌های ثانوی آن همچون روانگرایی مستعد ساخته است. از طرف دیگر پیرامون شهر نیز گسل‌های متعددی امتداد یافته‌اند که بیانگر توان لرزه‌خیزی بالای شهر می‌باشد.

آیین‌نامهٔ لرزه‌ای کشور (۱۳۹۳، ویرایش ۴) برای تخمین شتاب‌های پایه (a_b) و دوره‌های بازگشت (RT) مربوط به شدت تعیین شده مهلرزه‌ای استفاده می‌شود. برای پیدا کردن شتاب پایهٔ مربوط به سناریوهای لرزه‌ای در نظر گرفته شده، از معادلهٔ زیر (NCSE-94, 1994) استفاده شده است:

رابطه ۱:
$$\log_{10} a_b = 0.301030\, I - 0.2321$$

که در آن a_b شتاب پایه است، که معمولاً به عنوان شتاب اوج موثر نیز شناخته می‌شود، و I نیز شدت EMS-98 مهلرزه است. بر اساس معادله (۲)، ارزش a_b (شتاب پایه) ۰٫۰۴ g برای شهر اردبیل اختصاص داده شده، که منطبق با شدت مهلرزه‌ای VII است. یعنی شهر در پهنهٔ با خطر لرزه‌ای متوسط تا بالا قرار دارد.

آیین‌نامهٔ استاندارد ۲۸۰۰ شتاب‌های پایهٔ را با دوره بازگشت ۴۷۵ سال برای همه شهرهای ایران تعیین کرده (g ۰٫۰۴ برای شهر اردبیل) و معادلهٔ زیر را برای محاسبه دوره‌های بازگشت شتاب‌های پایهٔ دیگر پیشنهاد نموده است (زارع، مهدی، ۱۳۹۵):

رابطهٔ ۲:

$$a_b|_{PR=t} = a_b|_{PR=500}\left[\frac{t}{500}\right]^{0.37}$$

که در آن $a_b|_{PR=t}$ شتاب پایهٔ با دوره بازگشت t و $a_b|_{PR=500}$ شتاب پایه برای دورهٔ بازگشت ۵۰۰ سال است.

جدول ۲. *سناریوهای لرزه‌ای بررسی شده، بر حسب شدت‌های مهلرزه‌ای، شتاب پایه، ab(g) و دوره‌های بازگشت*

شدت زمین‌لرزه	ab(g)	دوره‌های بازگشت (RT) برحسب سال
V	۰/۰۱۹	۷۵
V-VI	۰/۰۲۷	۱۷۵
VI	۰/۰۴۰	۵۰۰
VI-VII	۰/۰۵۴	۱۱۳۰
VII	۰/۰۷۷	۳۰۰۰

نمایهٔ آسیب‌پذیری (VIM) در مرحلهٔ نخست با توجه به گونه‌شناسی سازه‌ای با رویکرد ارزیابی خسارت مورد انتظار (جدول ۱) برای پنج حالت آسیب در دامنهٔ کمی بین صفر(بدون آسیب‌پذیری) و یک (آسیب‌پذیری خیلی زیاد) توابع نیمه‌تجربی تعیین گردیده است. این نمایهٔ آسیب‌پذیری به مقادیر یک پارامتر عضویت، χ، از رده‌های آسیب‌پذیری مقیاس EMS-98 مربوط می‌شود: χ شامل مقادیر بین ۱، کل عضویت؛ و صفر، عدم عضویت؛ را دربر می‌گیرد. جدول ۱ این نمایه‌های آسیب‌پذیری (VI) را برای ساختمان‌های شهر را نشان می‌دهد $(\chi = 1)$ BTM^{VI} * محتمل‌ترین مقدار است، $(\chi = 0.5)$ $[-BTM^{VI}+ BTM^{VI}]$، فاصله‌ای را نشان می‌دهد که در آن نمایه‌های آسیب‌پذیری احتمالی یافت می‌شود، و $(\chi = 0.2)$ $[\min, BTM^{VI} \quad \max , BTM^{VI}]$ کمینه و بیشینهٔ مقادیر ممکن را تعریف می‌کند. نکته جالب توجه این است که این روش طرح‌ها و دستورالعمل‌هایی را برای شش محدودهٔ نمایهٔ آسیب-پذیری، همانطور که در اینجا پیشنهاد شده است، ارائه می‌دهد و یا برای واسنجی موارد جدید، کمیت و کیفیت اطلاعات موجود، و همچنین ویژگی‌های خاص ساختمان‌هایی که مورد واکاوی قرار می‌گیرند را بررسی می‌نماید. بنابراین، هر ساختمان با استفاده از یک نمایهٔ آسیب‌پذیری خاص، که از یک نمایهٔ اصلی، BTM^{VI} *در جدول ۱، به دست می‌آید، و اصلاح‌کننده‌های مناسب مشخص می‌شود، به گونه‌ای که می‌توان این مقدار مرکزی را با طول عمر، ویژگی‌های هندسی، موقعیت و سایر خصوصیات مکانیکی خاص ساختمان، در محدودهٔ مقادیر مجاز محتمل و ممکن تطبیق داد. به طور خاص، در این مطالعه، اصلاح‌کننده‌های ناحیه‌ای و رفتاری در نظر گرفته شده است (جدول ۳).

جدول ۳. *گونه‌شناسی سازه‌ای و رده‌های آسیب‌پذیری در شهر اردبیل*

نوع ساختمان		نمایهٔ آسیب‌پذیری				
		max, BTMVI	+BTMVI	*BTMVI	- BTMVI	min, BTMVI
بنایی تقویت	دال‌های چوبی	M3.1	۱/۰۲۰	۰/۸۳۰	۰/۷۴۰	۰/۶۵۰	۰/۴۶۰
نشده	تاق‌های بنایی	M3.2	۱/۰۲۰	۰/۹۵۳	۰/۷۷۶	۰/۶۵۰	۰/۴۶۰
(غیرمسلح)	دال‌های‌چوبی مسلح	M3.3	۱/۰۲۰	۰/۹۱۰	۰/۶۰۰	۰/۵۰	۰/۵۰۰
بتن آرمه با قاب‌های نامنظم		RC3.2	۱/۰۲۰	۰/۸۸۰	۰/۵۲۲	۰/۱۲۷	۰/۰۶۰
قاب فولادی و دیوارهای میانقابی بنایی غیرمسلح		S3	۰/۸۶۰	۰/۶۴۰	۰/۴۸۴	۰/۳۳۰	۰/۱۴۰
شبکهٔ مختلط فولادی و RC		S5	۱/۰۲۰	۰/۷۲۰	۰/۴۰۲	۰/۲۵۷	-/۰۲۰

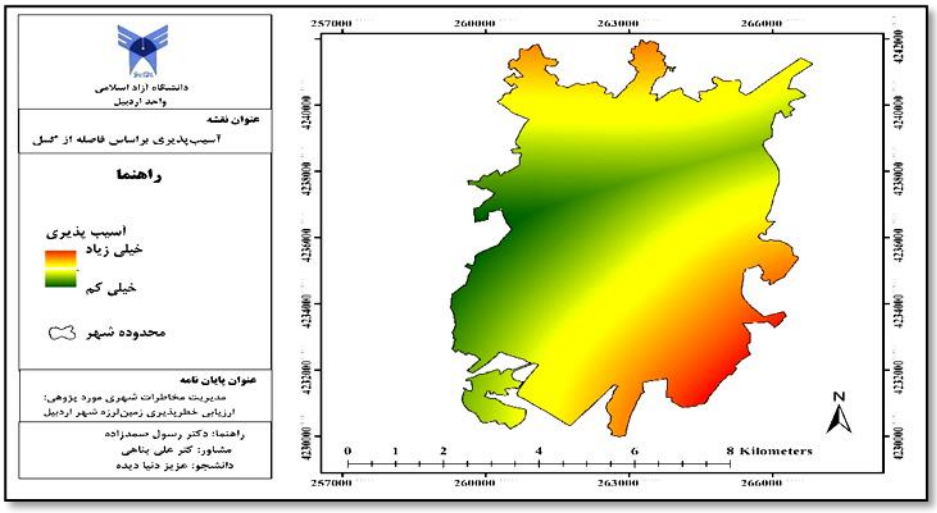
میانگین این نمایهٔ (VIM) برای مناطق پنجگانهٔ شهری بین کمینهٔ ۰/۵۸۰ و بیشینهٔ ۰/۹۰۵ محاسبه گردید (جدول۲). واکاوی خطرپذیری برای سناریوهای زمین‌لرزه تعریف شده توسط شدت‌های مهلرزه‌ای V، V-VI، VI،

VI-VII و VII برای طراحی برنامه‌های اضطراری لرزه‌ای نیز بین کمینهٔ شدت لرزه‌ای (۰/۶۴۰) و بیشینهٔ ۲/۵۶۰ انجام شده است (جدول ۴).

جدول ۴. *نمایهٔ آسیب‌پذیری و میانگین درجهٔ آسیب برای شدت‌های مختلف لرزه‌ای مناطق پنجگانهٔ شهر اردبیل*

مناطق	نمایهٔ آسیب‌پذیری	شدت لرزه‌ای			
		V-VI	VI	VI-VII	VII
۱	۰/۹۰۵	۱/۱۱۰	۱/۴۵۰	۲/۱۱۰	۲/۵۶۰
۲	۰/۶۵۰	۰/۷۲۰	۱/۰۱۰	۱/۸۶۰	۲/۱۲۵
۳	۰/۸۵۰	۰/۹۶۰	۱/۲۲۰	۱/۹۱۵	۲/۲۴۳
۴	۰/۸۳۰	۰/۹۲۵	۱/۱۶۰	۱/۸۲۰	۲/۲۳۵
۵	۰/۵۸۰	۰/۶۴۰	۱/۰۸۰	۱/۷۶۵	۲/۲۱۶

با توجه به داده‌های جدول‌های ۱، ۲ و ۳ نقشهٔ آسیب‌پذیری شهر اردبیل به منظور ارائهٔ وضعیت کلی شهر از لحاظ شدت آسیب‌پذیری تهیه گردیده است (شکل ۲).



شکل۲. آسیب‌پذیری شهر اردبیل براساس گسل‌های اصلی و فرعی پیرامونی

رویکرد مدیریت بحران زمین‌لرزه

پراکنش امکانات واکنش اضطراری (آتش‌نشانی، مراکز درمانی و هلال احمر)

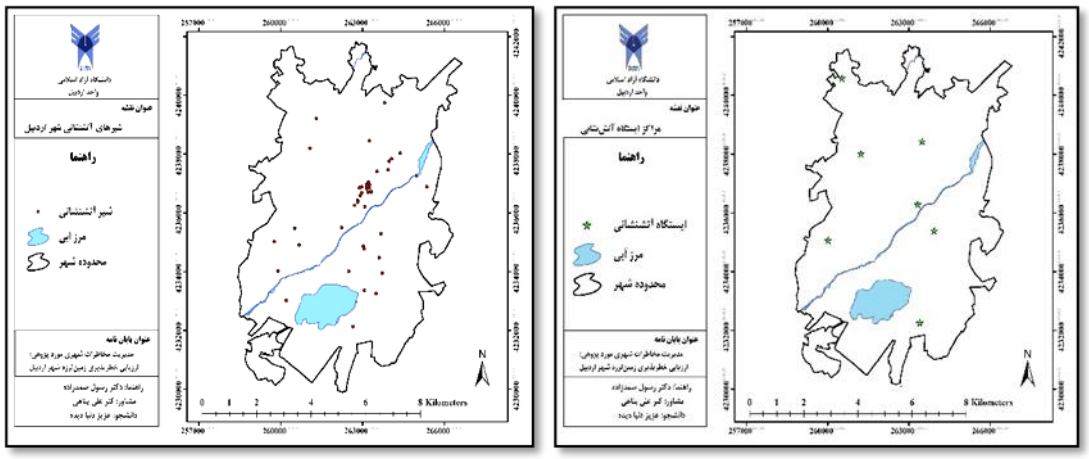
مراکز واکنش اضطراری در کاهش تلفات انسانی هنگام وقوع حادثه نقش اساسی دارند و انجام اقدامات لازم در ارتباط با این مراکز در مراحل پیشگیری، امادگی، مقابله و بازسازی توانایی مدیران را در کنترل شرایط افزایش می‌دهد.

اصولاً خطوط ارتباطی شهری، خیابان‌ها و کوچه‌های اصلی و فرعی) بایستی به اندازه‌ای عریض باشد تا در صورت روی‌داد خطر زمین‌لرزه ارتباط بین مرکز مدیریت بحران و سایر مراکز اضطراری؛ یعنی مراکز جستجو و نجات، ایستگاه-های آتش‌نشانی و پایگاه‌های هلال احمر و فوریت‌های پزشکی و نیز مکان‌های تخلیه امن را به آسانی پس از وقوع بحران برقرار نماید.

ایستگاه‌ها و شیرهای آتش‌نشانی در مواقع بروز بحران و آتش‌سوزی تا حدودی می‌توانند از بروز آسیب‌های احتمالی جلوگیری کنند. براساس نقشه‌های تهیه شده بیشتر شیرهای آتش‌نشانی در مناطق مرکزی و مناطق حساس شهر

تمرکز یافته‌اند و محلات حاشیه‌ای دسترسی به شیرهای آتش‌نشانی در مواق اضطراری ندارند که این امر میزان آسیب‌پذیری در مواقع بحران را در این مناطق بالا می‌برد. علاوه بر این شهر اردبیل دارای 7 ایستگاه آتش‌نشانی در مناطق مختلف شهر می‌باشد که بخش‌های مرکزی و شمالی غربی شهر از دسترسی مناسبی به خدمات آتش نشانی برخوردارند ولی در بخش جنوبی و حاشیه‌های شرقی شهر، خلاء ایستگاه آتش‌نشانی احساس می‌شود (شکل ۳).

بر اساس این دو مولفه آسیب‌پذیری ناشی از عدم دسترسی به شیرهای آتش‌نشانی می‌توان گفت که 23/12 درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم را شامل می‌شود، 20/11 درصد آسیب‌پذیری کم، 29/29 درصد آسیب‌پذیری متوسط، 16/31 درصد آسیب‌پذیری زیاد و 11/17 درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از 1600 متر است .در حالت کلی می‌توان گفت که حدود 28 درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از شیرهای آتش‌نشانی، آسیب پذیری بالایی خواهد داشت.

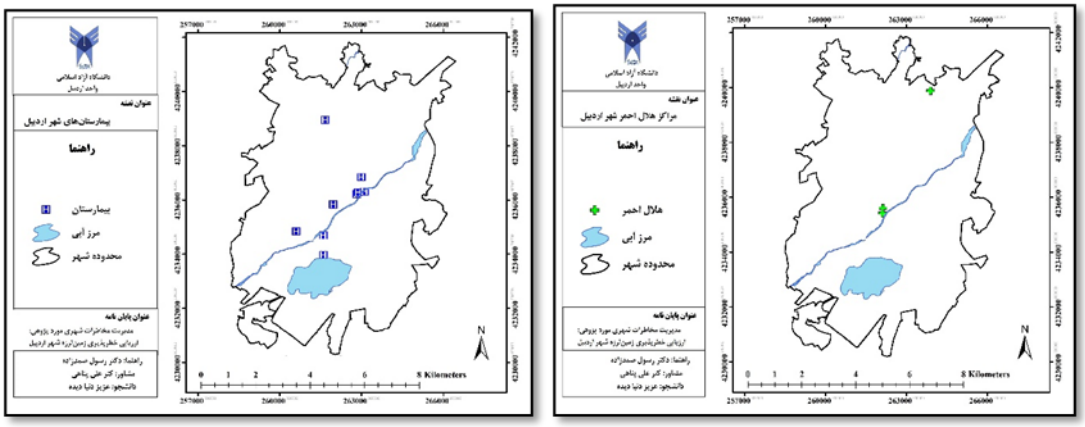


شکل۳. موقعیت ایستگاه‌ها و شیرهای آتش‌نشانی شهر اردبیل

علاوه بر این آسیب‌پذیری ناشی از عدم دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌توان گفت که 17/20 درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم را شامل می‌شود، 35/13 درصد آسیب‌پذیری کم، 18/32 درصد آسیب‌پذیری متوسط، 28/59درصد آسیب‌پذیری زیاد و 4/10 درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از 1600متر از ایستگاه‌ها است .در حالت می‌توان گفت که حدود 30 درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت.

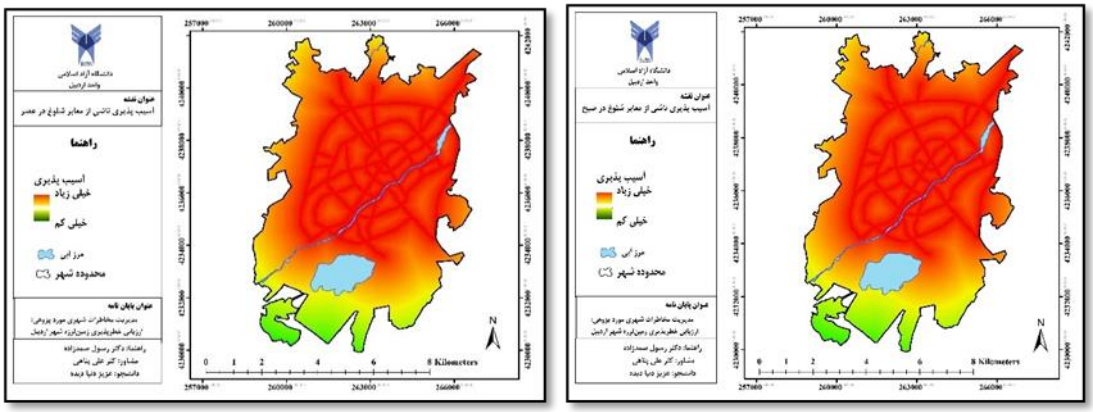
نتایج حاصل از تحلیل داده‌های مربوط به پراکنش مراکز درمانی نشان می‌دهد که در شهر اردبیل، قطاع مرکز شهر و تا حدودی جنوب باختری آن دسترسی مناسبی به خدمات اورژانسی مراکز درمانی را دارند. بنابراین آسیب دیدگی بجز در قطاع جنوب خاوری شهر، در دیگر مناطق به سبب عدم دسترسی بیشتر خواهد بود. بر اساس تحلیل داده‌های مربوط به فاصله از مراکز درمانی، می‌توان گفت که ۱۶ درصد از شهر، آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۴ درصد آسیب‌پذیری کم، ۳۴ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۱۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۹ درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می شود 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. همچنین شهر اردبیل دارای ۳ هلال احمر و تمرکز آن در مرکز شهر می‌باشد. در این راستا نتایج حاصل از تحلیل داده‌های مربوط به مراکز درمانی نشان می‌دهد که در محدوده مطالعاتی، قطاع مرکز و تا حدودی شمال شهر دسترسی مناسبی به خدمات هلال احمر را دارند. با این شرایط، نیاز به مراکز هلال احمر در دیگر مناطق شهر، به جهت خلاء وجود مراکز هلال احمر مطابق با استانداردهای شهرسازی، به وضوح درک می‌شود. با توجه به جدول (۱۷-۴) آسیب‌پذیری ناشی از عدم دسترسی به هلال احمر باید گفت که 13/19 درصد از شهر آسیب‌پذیری خیلی کم را

شامل می‌شود، 17/18 درصد آسیب‌پذیری کم، 23/41 درصد آسیب‌پذیری متوسط، 38/10 درصد آسیب‌پذیری زیاد و 8/13 درصد آسیب‌پذیری خیلی زیاد را شامل می‌شود که مربوط به فواصل بیش از 1600 متر است. در حالت می‌توان گفت که حدود 46 درصد از شهر تحت تأثیر شاخص فاصله از مراکز هلال احمر، آسیب‌پذیری بالایی خواهد داشت.



شکل ۴. موقعیت بیمارستان‌ها و هلال احمر شهر اردبیل

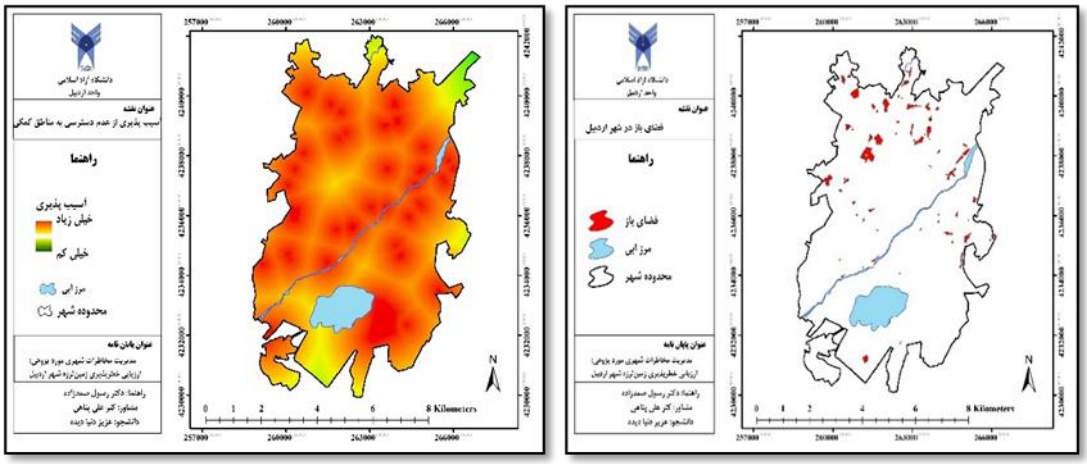
با توجه به نقشه مسیرهای ارتباطی، شبکه معابر شهر اردبیل در حال حاضر فاقد یک ساختار منظم و دارای سلسله مراتب می‌باشد. این شبکه در معابر عمده از یک ساختار شطرنجی تبعیت می‌کند. بر خلاف اغلب شهرهای هم‌تراز که شبکه ارتباطی مطلوب دارند و دارای سلسله مراتب شبکه‌ای و به تبعیت از آن ساختارهای مرکزیت خطی هستند، شهر اردبیل از این امر مستثنی است. بررسی داده‌های مربوط به شبکه معابر محلات شهر حاکی از آن است که علی‌رغم وجود محدودیت‌هایی در شبکه نظیر کافی نبودن عرض معابر، می‌توان در حالت کلی معابر شهر را در شرایط بحران به سه نوع مطلوب، متوسط و نامناسب تقسیم کرد. در این راستا مناطق جدید شهر با توجه به ساختار جدید و مهندسی‌ساز بودن آن‌ها از شبکه‌ای مطلوب برخوردارند. شبکه ارتباطی نواحی مرکزی از معابر نوع متوسط محسوب می‌شوند، بخش مرکزی با توجه به رشد ارگانیکی که شهر از بافت قدیمی خود داشته، خود را با شرایط کنونی بافت منطقه سازگار کرده و از نظر مدیریت ترافیک از شرایط مطلوبی برخوردار بوده، ولی این مناطق به دلیل تردد بالای وسایل نقلیه از یک سو و کم عرض بودن معابر از سوی دیگر، همواره با ترافیک سنگین همراه هستند. از این رو به نظر می‌رسد در زمان وقوع بحران این معابر ممکن است با مشکل دسترسی و تردد وسایل و خودروهای امدادی مواجهه شوند. مناطق نوع سوم، مناطق خاوری و شمال خاوری و نیز ناحیه میانی و تا حدودی ناحیه خاوری نیمه جنوبی شهر هستند که از شرایط مساعدی برخوردار نیستند و به ترتیب عمدتا، از بافت حاشیه‌ای و فرسوده تشکیل شده‌اند و به علت حاشیه‌نشینی و بعضا، توپوگرافی نامناسب شبکه ارتباطی از حالت مناسبی برخوردار نیست. عرض کم معابر، دسترسی نامطلوب، عدم جداسازی معابر پیاده و سواره از دیگر مشکلات این معابر می‌باشد. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری می‌توان گفت حدود ۱۰ درصد از فضاهای شهری اردبیل با توجه به شاخص فاصله از معابر و دسترسی به شبکه ارتباطی، در طیف آسیب‌پذیری بالا قرار می‌گیرد.



شکل ۵. آسیب‌پذیری ناشی از معابر شلوغ در عصر و صبح

اسکان اضطراری و تخلیهٔ امن

فضاهای باز عمومی نظیر پارک‌ها، فضاهای سبز، پارکینگ‌های روباز، علاوه بر تأمین نور، هوا و تنفس شهر و همچنین سهولت اجرای پروژه‌های شهری، بر کاهش آسیب‌پذیری ناشی از بحران‌های طبیعی نیز مؤثر است. هرچه تعداد و وسعت فضاهای باز بیشتر و توزیع آنها منطقی‌تر و قابلیت دسترسی آنها مناسب‌تر باشد، آسیب‌پذیری مردم از بحران‌ها کمتر خواهد بود.



شکل۶. فضاهای باز شهری و آسیب‌پذیری ناشی از عدم دسترسی به مناطق کمکی

شکل شمارهٔ ۶ موقعیت استقرار و میزان وجود فضای باز و عمومی در مناطق مختلف شهر اردبیل نشان می‌دهد که توزیع یکسانی در شهر در خصوص فضاهای باز و عمومی وجود ندارد. دلیل این امر روند توسعه تاریخی شهر، کمبود و یا عدم وجود عرصه‌های باز شهری و وجود عرصه های خدماتی، صنعتی و نظامی است که در مناطق مختلف شهر وجود دارد .برخلاف مناطق مرکزی، نواحی حاشیه‌ای شهر در مجموع وضعیت بهتری را دارا هستند. در اکثر محلات و نواحی مرکزی شهری مکان‌هایی با این مشخصات که بلا استفاده رها شده باشند، به ندرت به چشم می‌خورد. چون با توجه ارزش منطقه‌ای این نواحی و نیز رشد تدریجی در طی سالیان متمادی، کمتر فضاهای خالی می توان در این مناطق یافت. این در حالی است که در حاشیه‌های شهر به وفور دستیابی به مناطق بایر و باز عمومی امکان‌پذیر است. البته لازم به یادآوری است که تمامی فضاهای باز برای تخلیه و اسکان موقت زلزله‌زدگان مناسب نیستند و باید از امکانات بهداشتی، تجهیزاتی و رفاهی برخوردار باشند. بنابراین، بقایای خانه‌های مخروبه قابل استفاده نخواهند بود.

واکاوی آماری عوامل موثر بر مدیریت بحران لرزه‌ای

بر اساس نتایج به‌دست آمده از واکاوی آماری، مقدار مربع کای برابر با ۵۳۱/۴۲ با درجه آزادی ۱۸۴ می‌باشد که در سطح خطای یک درصد($p<0/01$) معنی‌دار شده است، اما مقدار نسبت کای اسکوئر به درجه آزادی برابر با ۲/۸۸ می‌باشد که نشان‌دهنده برازش قابل قبول مدل است. نتایج شاخص‌های بررسی باقیمانده کوواریانس و واریانس در بافت داده‌ها($SRMR=0/052$ و$RMR=0/051$) نشان می‌دهد که کوواریانس و واریانس خطا به‌خوبی کنترل شده است. شاخص GFI نشان‌دهنده مقدار نسبی واریانس‌ها و کوواریانس‌های است که توسط مدل تبیین می‌شوند. مقدار به‌دست آمده برای این شاخص($GFI=0.93$) تأییدکننده نتایج مربع کای است. نتایج شاخص‌های بررسی الگوهای جایگزین نیز نشان می‌دهد که مقادیر این شاخص‌ها برای مدل بالاتر از ۰/۹ محاسبه شده که مقدار قابل قبولی است. مقدار شاخص RMSEA برای مدل‌های با برازش مطلوب ۰/۰۵ و کمتر می‌باشد که مقدار این شاخص برای مدل از دیدگاه کارشناسان برابر ۰/۰۶۴ به‌دست آمده که حاکی از برازش نسبتاً مناسب مدل است. در مجموع، مدل عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن از معیارهای برازش کلی قابل قبولی برخوردار است. بدین معنی که داده‌های میدانی جمع‌آوری شده تأیید کننده چالش‌های شناسایی شده در مرحله کیفی پژوهش هستند (جدول۱).

ارزیابی روایی مدل اندازه‌گیری با استفاده از بارهای عاملی، آمارهٔ T و میانگین واریانس استخراج شده((AVE) و پایایی مدل اندازه گیری، با استفاده از ضریب پایایی ترکیبی((CR) انجام شد. چنانچه مقدار ضرایب بارهای عاملی برابر و یا بیش‌تر از ۰/۴، مقدارآمار T بیش‌تر از ۱/۹۶ باشد، مقدار AVE بیش از ۰/۰۵ و مقدار پایایی ترکیبی بیش از ۰/۷ باشد، روایی و پایایی بخش اندازه گیری مدل مناسب و قابل قبول است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، همه نشانگرها دارای بار عاملی استاندارد شده بیش‌تر از ۰/۴ و مقدار آمار T در مورد همه نشانگرها بیش‌تر از ۱/۹۶ است که حاکی از وجود رابطه معنی دار بین نشانگرها و عامل‌ها است، بنابراین، همه نشانگرها از دقت لازم برای اندازه‌گیری سازه مربوط به خود برخوردار بودند. همچنین مقدار شاخص میانگین واریانس استخراج شده برای هر چهار سازه مورد مطالعه بیش‌تر از ۰/۰۵ است(۱۷-۴). بنابراین، هر نشانگر فقط سازه مربوط به خود را اندازه‌گیری کرده و نشانگرها به درستی در قالب موانع کلیدی طبقه‌بندی شده‌اند. جهت بررسی پایایی مدل اندازه‌گیری از شاخص پایایی ترکیب استفاده شد.

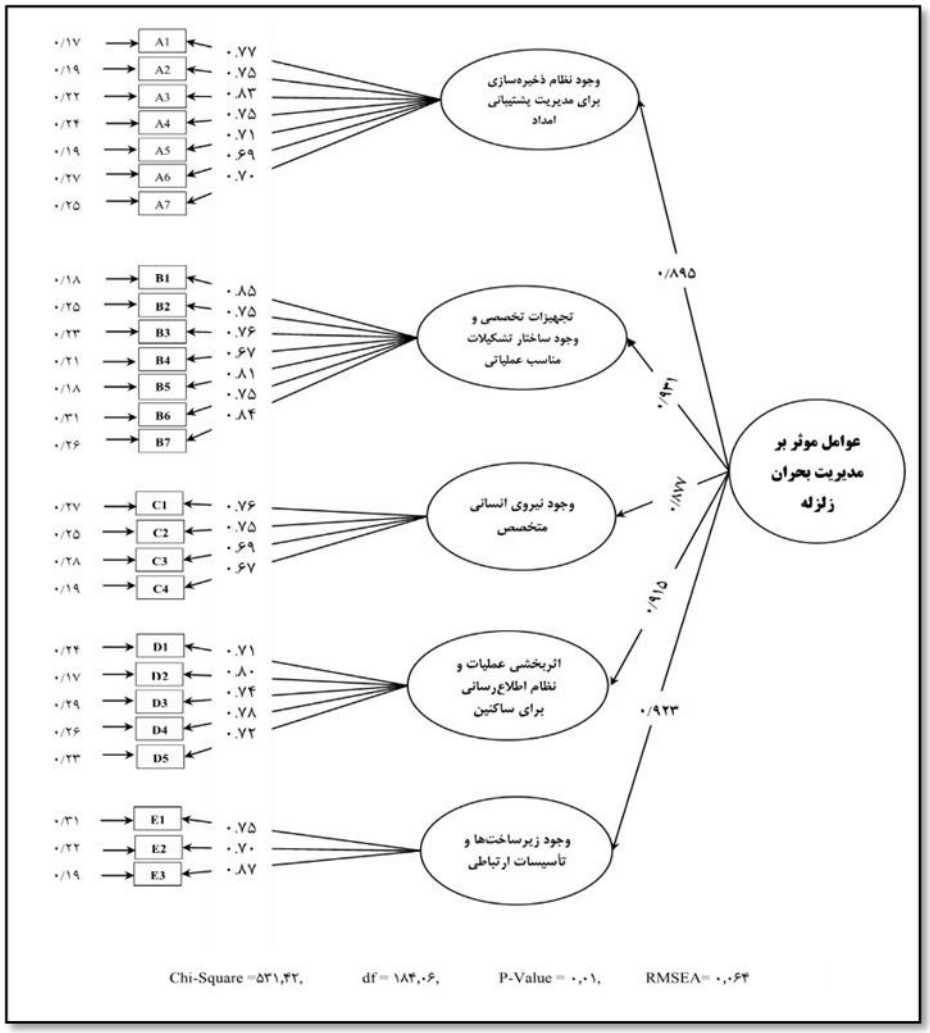
مقادیر ضریب پایایی ترکیبی برای هر یک از سازه‌های مدل بیش‌تر از ۰/۷ به‌دست آمد، بنابراین برداشت یکسانی از نشانگرها در بین پاسخگویان در زمان پاسخگویی به پرسشنامه وجود داشته است. در مجموع، نشانگرها به خوبی توانسته‌اند متغیرهای پنهان را اندازه‌گیری کنند. بارهای عاملی در حالت تخمین استاندارد میزان تأثیر هر یک از نشانگرها را در تبیین واریانس نمرات عامل‌ها یا عوامل موثر نشان می‌دهد. براساس تخمین‌های این بخش بیش‌ترین بار عاملی در بین نشانگرهای مولفه وجود نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد به گویه ذخیره‌سازی لوازم اسکان (بار عاملی ۰/۸۳)، در بین نشانگرهای عامل تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب عملیاتی به گویه تجهیزات پشتیبانی(بار عاملی ۰/۸۵)، در بین نشانگرهای مولفه وجود نیروی انسانی متخصص به گویه آموزش‌های تخصصی و تکمیلی (بار عاملی ۰/۷۶)، در بین مولفه اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین به گویه فعالیت مستمر ستاد اطلاع‌رسانی (بار عاملی ۰/۸۰) و در بین وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی به گویه وجود کمیته بحران (بار عاملی ۰/۸۷) اختصاص یافته است. به‌عبارتی، این نشانگرها بیش‌ترین نقش را در تبیین تغییرات متغیرهای پنهان(عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن) داشته‌اند. جدول(۲) عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن را بر اساس ضرایب استاندارد شده و ضرایب معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول ۵).

جدول ۵. *عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن برحسب ضریب تغییرات*

عامل	گویه	نماگر	بار عاملی استاندارد	خطای استاندارد	آمارهٔ T	CR	AVE
وجود نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد	انبارهای ذخیره‌سازی	A1	۰,۷۷	۰,۱۷	۱۵,۲۳	۰/۸۹۵	۰/۶۶۵
	دخیره سازی لوازم زیستی	A2	۰,۷۵	۰,۳۱	۱۳,۸۵		
	ذخیره‌سازی لوازم اسکان	A3	۰,۸۳	۰,۲۱	۱۴,۸۹		
	ذخیره‌سازی پوشاک	A4	۰,۷۵	۰,۱۹	۱۵,۱۹		
	ذخیره‌سازی لوازم پزشکی	A5	۰,۷۱	۰,۲۹	۱۳,۶۶		
	ذخیره‌سازی لوازم بهداشتی	A6	۰,۶۹	۰,۳۴	۱۱,۸۹		
	ذخیره‌سازی لوازم گرما و سرمازا	A7	۰,۷۰	۰,۳۳	۱۱,۹۲		
تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب عملیاتی	تجهیزات پشتیبانی	B1	۰,۸۵	۰,۲۲	۱۵,۱۷	۰/۹۳۱	
	تجهیزات سبک عملیات	B2	۰,۷۵	۰,۳۲	۱۳,۸۶		
	تجهیزات نیمه سنگین	B3	۰,۷۶	۰,۳۴	۱۳,۹۱		
	اطلاع از انبار سایر سازمان‌ها	B4	۰,۶۷	۰,۳۴	۱۱,۵۷		
	تشکیل ستاد اطلاع‌رسانی	B5	۰,۸۱	۰,۲۱	۱۳,۰۴		
	وجود برنامه مدون	B6	۰,۷۵	۰,۲۶	۱۲,۸۹		
	تقسیم کار و دسته‌بندی فعالیت‌های افراد	B7	۰,۸۴	۰,۲۵	۱۴,۹۸		
وجود نیروی انسانی متخصص	آموزش‌های تخصصی و تکمیلی	C1	۰,۷۶	۰,۲۵	۱۲,۷۸	۰/۸۷۷	۰/۵۸۹
	آموزش تربیت مربی	C2	۰,۷۵	۰,۲۵	۱۲,۷۷		
	تمرینات آموزشی	C3	۰,۶۹	۰,۳۰	۱۱,۰۸		
	استفاد از رسانه‌ها برای تقویت آمادگی	C4	۰,۶۷	۰,۳۳	۱۰,۹۲		
اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین	وجود زیر ساخت اطلاع‌رسانی	D1	۰,۷۱	۰,۳۰	۱۲,۰۱	۰/۹۱۵	۰/۶۸۹
	فعالیت مستمر ستاد اطلاع‌رسانی	D2	۰,۸۰	۰,۲۴	۱۳,۵۲		
	استقرارکشیک برای اطلاع‌رسانی	D3	۰,۷۴	۰,۲۹	۱۲,۴۱		
	استقرار نظام هماهنگ با سایردستگاه‌ها	D4	۰,۷۸	۰,۲۴	۱۲,۸۹		
	شناخت اماکن	D5	۰,۷۲	۰,۳۴	۱۲,۲۲		
وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی	وجود زیرساخت‌های ارتباطی	E1	۰,۷۵	۰,۲۶	۱۲,۴۷	۰/۹۲۳	
	وجود کمیته گزارش‌دهی	E2	۰,۷۰	۰,۳۵	۱۲,۰۳		
	وجود کمیته بحران	E3	۰,۸۷	۰,۱۸	۱۴,۲۸		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

شکل ۳ پارامترهای تخمین زده شده برای بخش ساختاری مدل عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن را نشان می‌دهد. بر اساس مقادیر آماره T ارتباط بین، متغیرهای پنهان درونی و بیرونی مدل از نظر آماری معنی‌دار است. در این قسمت با توجه به مقادیر ضرایب اثر می‌توان به رتبه‌بندی و تعیین سهم هر یک از عوامل در مدل تحقیق به‌طور مجزا پرداخت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، عامل تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب عملیاتی با ضریب اثر ۰/۹۳۱ مهم‌ترین عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن می‌باشد. عامل وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی با ضریب اثر ۰/۹۲۳ دومین گروه و بعد از آن عوامل اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین با ضریب اثر ۰/۹۱۵ سومین گروه از عوامل موثر بر مدیریت بحران زلزله و کاهش آسیب‌پذیری آن در شهر اردبیل از نظر کارشناسان می‌باشد.



شکل ۷. عوامل موثر بر مدیریت بحران زمین‌لرزه و کاهش آسیب‌پذیری آن برحسب بار عاملی

نتیجه‌گیری

بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی همیشه در کمین انواع کانون‌های مدنی بوده و می‌توانند در مدت زمان کوتاه خرابی‌ها و آثار زیان‌باری را بر انسان‌ها و متعلقات ارزشمندشان تحمیل نمایند. یکی از دلایل اصلی تقبل آثار زیان‌بار عدم توانایی در پیش‌بینی وقوع سوانح طبیعی مخصوصاً در مورد زمین‌لرزه‌هاست. از این‌رو امروزه به جای پیش‌بینی زمان وقوع این سوانح، رویکرد غالب بیشتر حرکت به سمت ایجاد آمادگی برای روبرو شدن با این سوانح است، زیرا پیشگیری و آمادگی قبلی در برابر بحران شرایط را برای مواجهه با آن در هنگام وقوع سانحه بهبود بخشیده و میزان خسارت و تلفات را کاهش می‌دهد. ایجاد این آمادگی مرحله نخست از فرایند سه مرحله‌ای مدیریت بحران می‌باشد. بررسی آثار سوانح طبیعی بر سکونتگاه‌های انسانی، به‌ویژه شهرها از جمله مسائل مهم مورد توجه مدیران بحران و بالطبع برنامه‌ریزان شهری است. ویژگی‌ها و شرایط حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها را در برابر انواع مخاطرات ضروری ساخته است. کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زمین‌لرزه زمانی محقق خواهد شد که ایمنی شهر در برابر خطرات لرزه‌ای به‌عنوان یک هدف در تمام سطوح برنامه‌ریزی مدنظر قرار گیرد. اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی علاوه بر این‌که به‌طور عام افق‌ها و کیفیت توسعه شهر را کنترل و هدایت می‌کند، می‌بایست سیاست‌ها و اقدامات خاصی جهت پیشگیری از بحران و کاهش آسیب‌پذیری داشته باشد.

پژوهش‌های پیشین با رویکرد بررسی مخاطرات لرزه‌ای شهر اردبیل (ارجمندنوشهر، ۱۳۹۰؛ صمدزاده، ۱۴۰۲) و آسیب‌پذیری لرزه‌ای (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۲) و تاب‌آوری شهری (نظم‌فر و پاشازاده، ۱۳۹۷) تماما بیانگر توان آسیب‌پذیری و لرزه‌زایی بالا و همچنین تاب‌آوری پایین شهر اردبیل است. نتایج پژوهش حاضر مبتنی بر پراکنش امکانات واکنش اضطراری و مکان‌های لازم برای اسکان اضطراری و تخلیهٔ امن مدیران و متولیان بحران‌های شهری ناشی از مخاطرات طبیعی مخصوصا لرزه‌ای عملیات امدادرسانی، جستجو و نجات را کاملاً هدایت و مدیریت نموده و از سرگردانی و اتلاف زمان طلایی نجات جلوگیری کنند. علاوه بر این، وجود چنین سناریوها و نقشه‌هایی پیش از وقوع حادثه، راهنمایی علمی برای تعیین نقاط ضعف و قوت در برابر زمین‌لرزه برای مدیران شهری و تعیین رویه‌ای برای اصلاح ضعف‌ها و افزایش ضریب ایمنی شهر است.

علاوه بر این نتایج حاصل از بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در مدیریت بحران لرزه‌ای شهر اردبیل با استفاده از روش معادلات ساختاری و نرم‌افزار لیزرل نشان می‌دهد که به ترتیب عوامل تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب عملیاتی با ضریب اثر ۰/۹۳۱، وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی با ضریب اثر ۰/۹۲۳ و اثربخشی عملیات و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین با ضریب اثر ۰/۹۱۵ از عوامل موثر بر مدیریت بحران زمین‌لرزه و کاهش آسیب‌پذیری آن محسوب می‌گردند. قطعاً یکی از وظایف این تشکیلات مخصوصاً در زمان وقوع زمین‌لرزه رساندن به‌موقع اقلام ضروری به مردم خواهد بود که کاهش میزان آلام مردم آسیب دیده از زمین‌لرزه را به دنبال خواهد داشت.

لذا به‌طور کلی می‌توان گفت که علی‌رغم توانایی دانش کنونی بشری در پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها از لحاظ مکانی، هنوز انسان از پیش‌بینی زمانی آن ناتوان است. لذا در بحث مدیریت بحران لرزه‌ای مخصوصا در سطح شهرستان اردبیل به عنوان یکی از کانون‌های لرزه‌خیز شمال باختری ایران بایستی رویکرد غالب ایجاد آمادگی برای روبرو شدن با خطر لرزه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

پیشنهادات کاربردی با رویکرد مهندسی جغرافیایی فضا

با توجه به آسیب‌پذیری بسیاری از شهرهای ایران در مقابل مخاطرات طبیعی مخصوصاً لرزه‌ای امروزه یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در ارتباط با مدیریت این مخاطرات وجود سازمان‌های متعدد مرتبط با بحران است. تعدد این سازمان‌ها به‌ویژه بر اساس آموزه‌های زمین‌لرزه‌های مناطق مختلف کشور، علاوه بر بغرنج ساختن فرایند مدیریت بحران، مردمان آسیب‌دیده از زمین‌لرزه را با مشکلات عدیده‌ای مواجه می‌سازد. لذا گذر از این وضعیت موجود و رسیدن به وضعیت مطلوب ساماندهی مدیریت بحران مخصوصاً بحران‌های لرزه‌ای زیر چتر مدیریتی واحد در سطح کلان است که بتواند نیازهای حیاتی حین بحران را پوشش داده و تأمین نماید بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد.

لازم به یادآوری است با توجه به مقبولیت نظریهٔ سلسله مراتبی و پی‌ریزی بنیان‌های برنامه‌ریزی و نظام سیاسی ـ اداری کشور بر اساس این نظریه از آغاز فرایند برنامه‌ریزی در کشور، هر گونه پیشنهاد مطرح شده در پژوهش حاضر نخست بایستی در سطح کلان تصویب گردد. در چنین حالتی می‌تواند در مرحلهٔ بعدی به سطوح پایین‌تر تسری یابد، در غیر این‌صورت صرفا به یک پیشنهاد آکادمیک منحصر خواهد شد.

بر این اساس علاوه بر برداشتن نخستین گام در فرایند مدیریت کارآمد مخاطرات لرزه‌ای (چتر مدیریتی واحد) به منظور تسهیل در عملیات مدیریت بحران، شهر اردبیل به چند حوزهٔ کالبدی تقسیم گردیده، و در رابطه با برازش‌های انجام شده از پنج عامل همراه با ۲۶ گویه موارد زیر در نظر گرفته شود:

نخستین عاملی که بیشترین برازش را به‌خود اختصاص داده بود، عامل وجود نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد و نجات می‌باشد. در این زمینه موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

ـ استقلال و تمکن مالی ستاد مدیریت بحران استان از طریق الزام اختصاص بخشی از درآمدهای مراکز تولیدی و سودآور دولتی و خصوصی به این مرکز.

ـ تنظیم آیین‌نامهٔ نحوهٔ استفاده از خدمات و تجهیزات کلیهٔ ادارات و همچنین سازمان‌ها مخصوصاً سازمان‌های مرتبط با بحران توسط استانداری و ابلاغ آن به تمامی زیرمجموعه‌های استانداری.

دومین عاملی که بیشترین برازش را در میان عوامل داشته است، عامل وجود تجهیزات تخصصی و وجود ساختار تشکیلات مناسب برای هدایت عملیات امداد و نجات می‌باشد. در این زمینه پیشنهاد می‌شود:

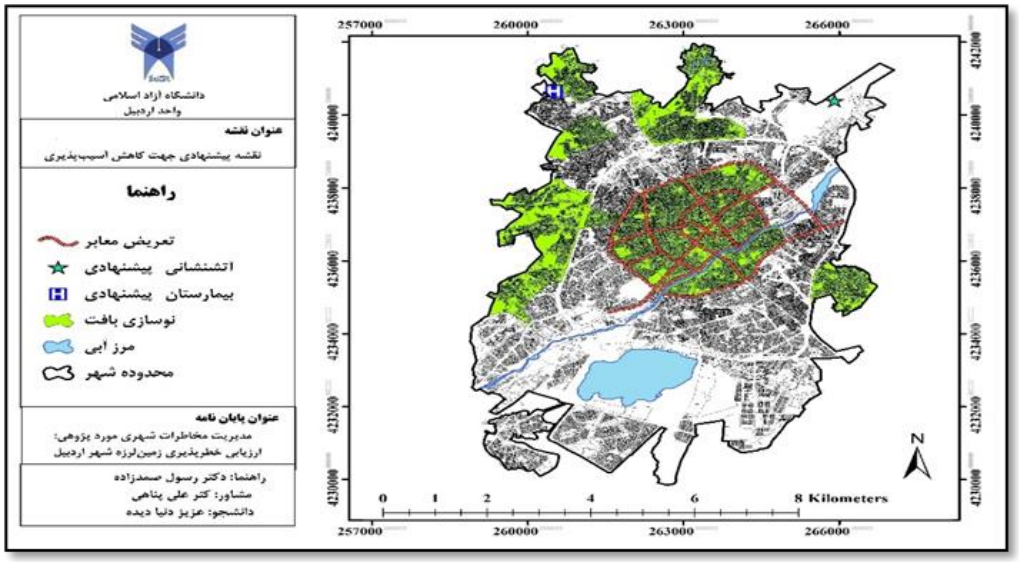
ـ الزام سازمان مدیریت بحران استان به ارائهٔ گزارش مخصوصاً بعد از حوادث و استفاده از آموزه‌های حوادث اتفاق افتاده به‌منظور آماده‌سازی و مقابلهٔ با رویدادهای آتی.

ـ عامل ضعف دیگر در آسیب‌پذیری مدیریت بحران شهری در سطح استان اردبیل، نبود و یا کمبود نیروی انسانی متخصص و آموزش دیده است که بایستی مدنظر قرار گیرد.

عامل چهارم، وجود نظام اطلاع رسانی می‌باشد. تأخیر در دستیابی به ابعاد یک بحران، نبود اطلاعات موردنیاز جهت تصمیم‌سازی و شروع فعالیت‌های بازیابی همواره از مهم‌ترین مشکلات مدیریت بحران محسوب می‌گردد. کسب اطلاعات، ذخیره، بازیابی و واکاوی اطلاعات مهم‌ترین عامل موفقیت مدیریت بحران می‌تواند باشد. نکتهٔ قابل ذکر در این رابطه بایستی به‌وسیلهٔ نهادهای ذیربط آموزش‌های جامع و کامل بری همهٔ مردم و مدیران شهری صورت پذیرد.

از طریق توانمندسازی شهروندان اردبیلی از طریق آگاهی‌بخشی، فرهنگ‌سازی و آموزش‌های مهارتی به منظور کاهش آسیب‌پذیری آن‌ها در زمان وقوع زمین‌لرزه مطرح می‌گردد. لذا پیشنهاد می‌گردد که بحث آگاهی شهروندان از مدیریت بحران، از مدارس و رسانه‌های جمعی دنبال شود، به‌گونه‌ای که شهروندان اردبیلی به این امر واقف باشند که شهر مستعد وقوع انواع مخاطرات طبیعی مخصوصا زمین‌لرزه بوده و نخستین شرط لازم جهت مصونیت در برابر این خطر اقدامات پیشگیرانه است.

عامل دیگر، اثر بخشی عملیات تخلیه اضطراری و نظام اطلاع‌رسانی برای ساکنین آسیب دیده از زمین‌لرزه است. و آخرین عامل استخراج شده، وجود زیرساخت‌ها و تأسیسات ارتباطی است. تجربه نشان داده که تأسیسات سازمان‌های جدید برای آمادگی در برابر بحران در سطح ملی به تنهایی کارساز نبوده و در مقابل آن، توجه به ساختار و نظام‌های موجود و تلاش در جهت تقویت نمودن تشکیلات موجود و اجتناب از تأسیس لایه‌های اضافی همراه با بوروکراسی دولتی و اداری می‌تواند مفید و مؤثر واقع شود.



شکل ۸. نقشهٔ پیشنهادی جهت کاهش آسیب‌پذیری شهر اردبیل

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری آقای عزیز دنیادیده در رشتهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل تحت عنوان « مدیریت مخاطرات شهری؛ موردپژوهی ارزیابی خطرپذیری زمین‌لرزهٔ شهر اردبیل» به راهنمایی آقای دکتر رسول صمدزاده و مشاورهٔ دکتر علی پناهی است. با سپاس از تمامی مسئولین و دست‌اندکاران، مخصوصاً حوزهٔ معاونت پژوهشی واحد اردبیل.

منابع

Aminizadeh, M. Farrokhi, M. Ebadi, A. Masoumi, G. Kolivand, P. Khankeh, HR. (2020). Hospital preparedness challenges in biological disasters: A qualitative study. Disaster Medicine and Public Health Preparedness. 2020; 1-5. [DOI:10.1017/ dmp.2020.434.

Arjamandnousher, A. (۲۰۱۳). Seismic hazards survey of Ardabil city, unpublished master's thesis, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran (In Persian).

Basaglia, A, A. Aprile, E. Spacone, M. and Pilla, F. (2018). Performance-based seismic risk assessment of urban systems. *International Journal of Architectural Heritage*, 18(72), 18-28, Doi: 10.1080/15583058.2018.1503371

Baitullahi, A. and Razakian, G, h. (2017). The zoning of Iran based on changes in the ratio of seismic coefficients a/b, *Journal of Advanced Applied Geology*, (10)29, 75-83. (In Persian)

Esfandiari, F. Ghafari Gilande, A, and Lotfi, K. (2012). Modeling the vulnerability coefficient of cities against earthquakes using the TOPSIS method with Technique GIS (case study: Ardabil city), *scientific-research quarterly of quantitative geomorphology researches*, 2(6), 43-79. (In Persian)

Cara, S, A. Aprile, L. Pelà, A. and Roca, P. (2018). Seismic risk assessment and mitigation at emergency limit condition of historical buildings along strategic urban roadways. Application to the "Antiga Esquerra de l'Eixample" neighbourhood of Barcelona. *International Journal of Architectural Heritage*, 4(18), 22-38, DOI: 10.1080/ 15583058. 2018.1503376.

Cremen, G. Galasso, J. Closkey, M. Barcena, M. Creed, M.E. Filippi, R. Gentile, L.T. Jenkins, M. Kalaycioglu, E.Y. Mentese, M. Muthusamy, K. Tarbali, R. S. Trogrli, C. (2023) A state-of-the-art decision-support environment for risk-sensitive and pro-poor urban planning and design in Tomorrow's cities, Int. J. Disaster Risk Reduc. 85, 103400, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103400. ISSN 2212-4209.

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, Chil, *International Journal of Architectural Heritage*, 4(18), 1-36, DOI: 10.1080/15583058.2018.1503370.

Kalaycıoglu, M. Kalaycıoglu, S. Çelik, K. Ryerson, G. Evangelina, Filippi, M. (2023). An analysis of social vulnerability in a multi-hazard urban context for improving disaster risk reduction policies: The case of Sancaktepe, ˙ Istanbul, International Journal of Disaster Risk Reduction, 91, 103679

Khajawi, A. Samadzadeh, R. and Masoumi, M, T. (1400). Physical-economic vulnerability assessment of worn-out tissues of Ardabil city against seismic vulnerability, *Scientific Journal of Geography and Planning*, 25(78), 139-157 (In Persian).

Namjoo, F. Samadzadeh, R. Masoumi, M, T. (2019). Measuring urban resilience against earthquakes (case study: Tabriz metropolis), Geography and Environmental Hazards Magazine, No. 36, pp. 201-2019 (In Persian).

Nazmfar, H. Pashazadeh, A. (2017). Evaluation of urban resilience against natural hazards, case study: Ardabil city, Journal of Space Geographic Survey, 8 (1), 102-115 (In Persian).

Nikpour, A. Ashoori, M. (2023). Evaluation of the principles and criteria of resilience in urban management (case study: Qazvin), Sustainable Cities and Society, 91, 104590.

Road, Housing and Urban Development Research Center. (2013). (4nd Ed). Code of design of buildings against earthquakes, standard 2800, publication No. Z-253. (In Persian)

Samadzadeh, R. Khayyam, M. and Hosseini-Amini, H. (2010). A new insight on the geomorphological evolution of the Ardabil tectonic plain with the land use approach, *Scientific Research Quarterly of Geography and Environmental Planning*, 21(1), 105-130. (In Persian).

Samadzadeh, R. (۲۰۲۳). Earthquake risk scenarios in urban areas. case study; Ardabil City, *Earth Science Research Quarterly*, 14(3), 20-39 (In Persian).

Tavakoli, B. and Ghafouri-Ashtiani, M. (1999). Seismic hazard map of Iran in scale: 1:5,000,000, *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, Tehran, first edition. (In Persian)

Tiw, M. Ghafouri-Ashtiani, M. Abbasi, M, R. Tavakoli, B. Parsizadeh, F. Pooyan. J. Kohian-Afzali, R. and Falahi, V. (1998). (1nd Ed). Earthquake of 10/12/75 Golestan, Ardabil (Special report), [Tehran]: *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, 174 p. (In Persian).

Tohidinia, H. Mosalman Yazdi, H, Qajavand, N, Pourmoradi, A. (2016). Crisis management for vital arteries in the event of earthquake (Persian]. Paper presented at: 2nd International Conference on Modern Research in Civil Engineering, Architectural & Urban Development. 14 March 2016; Istanbul, Turkey. https://civilica. com/doc/509448/.

UNESCO. (2013). New life for historic cities: The historic urban landscape approach explained. (1nd Ed). Parigi, Francia: UNESCO Publishing.

UNISDR. (2004). Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives: United Nations, http://www.unisdr.org/files/657_lwr21.pdfaccessed 20 August 2012).

UNISDR. (2009). Terminology on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdfaccessed 21 August 2012).

Wisner, B. Blaikie, P. Cannon, T. Davis, I. (2004). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. (2nd Ed). Routledge, London.

Zare, M. (2015). *An introduction to applied seismology, International Research Institute of Seismology and Earthquake Engineering*. (1nd Ed), Tehran (In Persian).