****

**فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده**

**www.jvfc.ir**

**دوره سوم، شماره سوم، پیاپی (11)، پاییز 1401**

**صص 26-1**

**شناسایی و تحلیل پیشران­های کلیدی مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی**

**در برابر مخاطره زلزله (مطالعه موردی: کلان‌شهر کرمانشاه)**

**سهراب امیریان -** استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران**[[1]](#footnote-1)**

**مصطفی شاهینی فر-** استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

**تاريخ دريافت: تاريخ پذیرش:**

**چکیده**

**با توجه به اینکه نمی­توان از وقوع زلزله جلوگیری کرد و یا زمان وقوع آن قابل پیش­بینی نیست اما می­توان با کمک علم آینده­پژوهی ­به آمادگی در برابر زلزله پرداخت و راهکار­هایی برای مقابله و یا کاهش آسیب­پذیری آن ارائه داد این راهکار­ها باعث افزایش ابتکارات و ایده­هایی جهت مقاوم­سازی و تاب­آ­وری­ شهر در برابر زلزله خواهد شد. در این راستا پژوهش حاضر، با بهره­گیری از رویکرد آینده­پژوهی به شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر و بررسی میزان و چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بر یکدیگر و بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه می­پردازد. پژوهش حاضر با بهره­گیری از تکنیک تحلیل اثرات متقاطع که یکی از روش­های متداول و مورد پذیرش آینده­پژوهی است و با استفاده از نرم­افزار میک­مک به تحلیل متغیرهای تاب‌آوری کالبدی در کلان‌شهر کرمانشاه پرداخته است. بدین منظور ابتدا با مطالعه اسناد فرادست تمامی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش دلفی 20 متغیر به عنوان متغیرهای اولیه اثرگذار بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله استخراج شدند، در ادامه تحلیل داده­ها با استفاده از روش تحلیل اثرات متقابل/ساختاری به وسیله نرم‌افزار Micmac صورت گرفته است. نتایج تحقیق بیانگر آن است که کلان‌شهر کرمانشاه با توجه به پراکندگی متغیرها دارای سیستمی ناپایدار است و در صفحه پراکندگی پنج دسته (متغیرهای تأثیرگذار، دووجهی، تنظیمی، تأثیرپذیر و مستقل) قابل شناسایی هستند. در نهایت از میان 20 متغیر شناسایی شده، پس از بررسی میزان و چگونگی تأثیرگذاری این متغیرها بر هم­دیگر و بر وضعیت آینده تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه با روش­های مستقیم و غیرمستقیم، به ترتیب 7 عامل کلیدی: تراکم ساختمانی؛ فاصله از گسل؛ تراکم جمعیت؛ توپوگرافی؛ دسترسی به معابر اصلی؛ کیفیت ابنیه و بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، که بیشترین نقش را در ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه دارند، انتخاب شدند. در ادامه با توجه به این پیشران­های کلیدی پیشنهادهایی ارائه شده است.**

**واژگان کلیدی:** **تاب‌آوری کالبدی، مخاطره زلزله، آینده­پژوهی، کلان‌شهر کرمانشاه.**

# مقدمه

بلایای شهری از جمله مخاطرات طبیعی، حوادث بهداشت عمومی و حملات تروریستی در سال‌های اخیر به‌طور تصاعدی در حال افزایش بوده­اند که منجر به افزایش خسارات اقتصادی، انسانی و تهدید توسعه پایدار شهری شده است (Lizarralde et al, 2015: 98). در 22 ژانویه 2021، Aon PLC[[2]](#footnote-2) گزارشی آماری با عنوان «گزارش سالانه نگرش آب‌وهوای، آب‌وهوا و فاجعه 2020» منتشر کرد. بر اساس این گزارش، خسارات مستقیم اقتصادی جهانی ناشی از بلایای طبیعی در سال 2020 بالغ‌بر 268 میلیارد دلار برآورد شده است. اگرچه بسیار کمتر از سال­های اوج زیان در سال­های 2011 (557 میلیارد دلار) و 2017 (485 میلیارد دلار) است، اما بالاتر از میانگین (244 میلیارد دلار) در قرن بیست و یکم بوده است. این در حالی است که در سال 2020 حدود 8100 نفر بر اثر حوادث طبیعی جان خود را از دست دادند (Aon plc, 2021). این خسارات و تلفات اقتصادی ناشی از بلایای چندگانه، از جمله سیل‌های فصلی، زمین­لرزه­ها، طوفان لورا، طوفان آمفان و غیره است. علاوه بر این، در آغاز سال 2020، کووید 19 سراسر جهان را درنوردید و به مرگ‌بارترین بیماری همه‌گیر روی کره زمین از سال 1918 تبدیل شد. از این‌رو با وجود پیشرفت‌های علمی و فناوری، هنوز نمی­توان به‌طور دقیق از وقوع برخی بلایا جلوگیری کرد (Xu et al, 2021: 1).

طبق آمار، تعداد بلایا در سراسر جهان در طول 30 سال گذشته تقریباً چهار برابر شده است (UNISDR, 2020). بلایای شهری ویژگی‌های منحصر به فردی دارند به این معنا که شهرها در محیطی قرار دارند که حجم زیادی از جمعیت و امکانات را جذب می‌کنند. در نتیجه، مقامات و مسئولین شهری با چالش‌های ایجاد راهبردهایی برای انواع مختلف کاهش خطر بلایا و سازگاری و ترویج بیشتر توسعه پایدار شهرها مواجه هستند (Xu et al, 2021: 1)؛ بنابراین، شهرها نیاز فوری به جستجوی ایده‌های مؤثرتر برای هدایت توسعه پایدار خود دارند. به عنوان یک استراتژی مهم برای کاهش خطرات شهری، تاب‌آوری شهری مورد توجه روزافزونی قرار گرفته است (Chen et al, 2023: 2) تاب‌آوری شهری مفهومی جدید در برنامه‌ریزی شهری پایدار است که در آن شهرها و دولت‌های محلی باید توانایی خود را برای کاهش تلفات و کوتاه‌تر کردن دوره‌های بهبودی از هرگونه فاجعه بالقوه افزایش دهند (Xiao et al, 2023: 2) تاب‌آوری شهری به توانایی یک شهر یا سیستم شهری جهت تحمل و مقاومت در برابر شوک‌های خارجی، حفظ ویژگی‌ها و عملکردهای کلیدی خود بدون تأثیر قابل‌توجه (Wang et al, 2023: 2) و به کارگیری منطقی منابع برای بازیابی سریع آن‌ها اشاره دارد.(Deng & Liu, 2023: 3) در حال حاضر، «تاب‌آوری شهری» از سوی چندین کشور و سازمان مورد توجه قرار گرفته است (Xu & Jiao, 2021; Wang et al, 2022) پروژه‌ها یا ابتکارات بین‌المللی مانند 100 شهر تاب­آور جهانی، اهداف توسعه پایدار 2030 سازمان ملل متحد (SDGs[[3]](#footnote-3)) و دستور کار جدید شهری شامل ساخت شهرهای تاب آور و بهبود تاب‌آوری شهری به عنوان اهداف مهم است (Zhao et al, 2020: 1719) در میان آن‌ها، هدف 11 از اهداف توسعه پایدار بر اهمیت ساخت شهرها و جوامع پایدار، با تمرکز بر تاب‌آوری شهری و فراگیر تأکید می‌کند. افزایش تاب‌آوری شهری یک جزء حیاتی از هدف 11 در چارچوب اهداف توسعه پایدار را تشکیل می‌دهد و کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که شهرها می‌توانند به‌طور مؤثر به اهداف توسعه پایدار جهانی کمک کنند (Mallick et al, 2020).

از دیرباز زمین‌لرزه، به عنوان یکی از فاجعه­بارترین و مخرب­ترین انواع مخاطرات طبیعی؛ به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه مطرح بوده است ­(85 ­Dong & Shan, 2013:). به دلیل خسارت­های وسیع و بی‌هنجاری‌های گسترده اجتماعی، زمین­لرزه­ها نسبت به سایر حوادث، اولویت بالاتری برای تقویت تاب‌آوری جوامع در برابر سوانح طبیعی دارند (رضایی و همکاران، 1394: 610). مهم‌ترین عاملی که زلزله را در شهر به بحران تبدیل می­کند، آسیب­پذیری کالبدی شهرها است، در طی قرن بیستم بیش از ۱۱۰۰ زلزله مخرب در نقاط مختلف کره زمین روی داده که بر اثر آن بیش از 000/­۵۰۰­/­1 نفر جان خود را از دست داده­اند­(Lantada, 2009­: 2).­

کشور ایران از کشورهاي خطرپذیر در زمینۀ بلایاي طبیعی به‌ویژه زلزله است، به‌طوری که به لحاظ جغرافیایی جزء 10 کشور حادثه­خیز و آسیب­پذیر از بلایای طبیعی جهان به شمار می­آید (محمدی فر و همکاران، 1399: 178). قرارگیري بر روي کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا و وجود فرآیندهاي فعال زمین­شناسی و صفحه­اي، زلزله را به عنوان یک خطر بالقوه مطرح ساخته است. اکثر نقاط شهري و غیرشهری ایران در نواحی با خطرپذیري نسبی زمین‌لرزه قرار دارند. شهر کرمانشاه نهمین شهر پرجمعیت و بزرگ‌ترین شهر کردنشین و مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران است که دارای جمعیتی بالغ‌بر ­۹۴۶651 نفر در سرشماری سال ۱۳۹۵ و مساحت آن 93،389،956 مترمربع است (سازمان آمار ایران، 1395)، گسل­های متعددی در داخل و پیرامون شهر کرمانشاه وجود دارد که باعث لرزه­خیزی این شهر شده است (زارعمند، 1398: 18). شهر کرمانشاه در حد فاصل زاگرس مرتفع و چین‌خورده قرار دارد­، توسط گسل­ها از شمال و جنوب احاطه شده است، گسل سراسری زاگرس ­(تراست زاگرس) تقریباً از ده کیلومتری شمال و گسل رو رانده دیگری نیز از پنج کیلومتری جنوب آن می­گذرد، احتمال رخداد زلزله به‌ویژه زمانی که شرایط رخ دادن آن از جمله وجود گسل­های متعدد فراهم باشد، وجود دارد که وجود گسل­های متعدد در محدوده و اطراف شهر کرمانشاه بیانگر خطر زلزله در آسیب­پذیری آن خواهد بود. بخش زیادی از بافت‌های شهری کلان‌شهر کرمانشاه، به‌ویژه نواحی مرکزی و حاشیه‌ای، متراکم، فرسوده، فاقد دسترسی مناسب و مستعد فروپاشی در برابر زلزله هستند. وجود این بافت‌ها در کنار توسعه نامتوازن و رشد بی‌رویه شهری، آسیب‌پذیری کالبدی کرمانشاه را به یک تهدید جدی برای امنیت انسانی و پایداری توسعه شهری مبدل ساخته است.

بررسی زلزله­های تاریخی منطقه کرمانشاه مؤید وقوع زمین­لرزه­هایی با شدت و تخریب زیاد می­باشد. به عنوان نمونه در سال ۱۰۰۸ میلادی در شهرهای دینور، کرمانشاه، کنگاور و اسدآباد زلزله مخربی به وقوع پیوست که ۱۶ هزار نفر کشته داشت و تخریب فراوانی برجای گذاشت. در جدیدترین مورد نیز در استان کرمانشاه­ (کانون زمین­لرزه ۵ کیلومتری شهر ازگله) در سال ۱۳۹۶ زمین­لرزه شدیدی به بزرگی 3/7 در مقیاس بزرگای گشتاوری روی داد که خسارت­های زیادی را در چند شهرستان استان به بار آورد؛ بنابراین با توجه به قرارگیری شهر کرمانشاه در منطقه جغرافیایی با ریسک بالای زمین­لرزه، شناخت محدوده­های آسیب­پذیر و مقاوم و برنامه­ریزی صحیح و مناسب برای پیش­گیری و یا کاهش خطر احتمالی در این شهر ضروری است (امیریان، 1397: 267).

سیستم کالبدی شهر کرمانشاه که شامل سازه‌ها، شبکه‌های زیرساختی، معابر، و سایر اجزای فیزیکی شهر است، نقش کلیدی در کاهش آسیب‌ها و افزایش مقاومت در برابر زمین‌لرزه دارد. بافت‌های فرسوده و کم‌کیفیت موجود در بسیاری از مناطق شهری کرمانشاه، همراه با ضعف در کیفیت ساخت و ساز و نبود استانداردهای لازم، تاب‌آوری کالبدی شهر را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. این موضوع نه تنها موجب آسیب‌پذیری بالای سازه‌ها و زیرساخت‌ها می‌شود، بلکه فرایند بازیابی پس از زلزله را نیز با چالش‌های فراوانی مواجه می‌سازد. از سوی دیگر، آسیب‌های وارد شده به سیستم کالبدی شهر، به سرعت می‌توانند اختلالات گسترده‌ای در عملکردهای کلیدی شهری ایجاد کرده و زندگی روزمره مردم را مختل کنند. بنابراین، افزایش تاب‌آوری کالبدی نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، به‌روزرسانی طرح‌های توسعه شهری، مقاوم‌سازی سازه‌ها و زیرساخت‌ها، و بهبود استانداردهای ساخت و ساز است. به ویژه، توجه به توزیع عادلانه خدمات شهری و دسترسی مناسب به راه‌های امدادرسانی از جمله موارد حیاتی در تقویت تاب‌آوری کالبدی محسوب می‌شوند.با توجه به روند رو به رشد جمعیت و توسعه شهری در کرمانشاه، تقویت تاب‌آوری کالبدی می‌تواند به عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت ریسک زلزله و تضمین امنیت پایدار شهر مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، بهره‌گیری از رویکردهای نوین آینده‌پژوهی به منظور شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی شهر، امکان تدوین سناریوهای مختلف توسعه و استراتژی‌های مقاوم‌سازی را فراهم می‌آورد و به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا بتوانند برنامه‌های بلندمدت و موثر برای کاهش آسیب‌های زلزله طراحی کنند.

از این‌رو با توجه به ماهیت بحران­های طبیعی و روند مدیریت آن‌ها در طول زمان قبل از برنامه­ریزی و داشتن آمادگی برای بحران­ها با نگاه آینده­پژوهانه بین نوع آینده و ماهیت بحران­های طبیعی باید یک ارتباط منطقی و کاربردی در بستر زمان برقرار کرد (اسلامی و حسنی، 1395: 48)، از این‌رو یکی از رویکردهای نوینی که در هنگام بحران­های طبیعی و انسانی مانند زلزله می­تواند منجر به کاهش آسیب­پذیری مالی و خسارات جانی شود رویکرد آینده­پژوهی است (حسینی خواه و ضرابی، 1399: 59). در واقع برنامه­ریزی پاسخ به سانحه با استفاده از روش­های آینده‌پژوهی می­تواند یکی از بهترین فن­های مدیریت بهینه در آینده­ای باشد که ممکن است در آن هر لحظه بحرانی رخ دهد (­Schütze et al, 2011: 8). آینده‌پژوهی در واقع دانش و معرفتی است که دید مردم را نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده باز می‌کند و از طریق کاهش ابهام‌ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه مردم و جامعه را افزایش داده و به همگان اجازه می‌دهد تا بدانند که به کجاها می‌توانند بروند و به کجاها باید بروند (نوروزی و همکاران، 1398: 34). با توجه به اینکه نمی­توان از وقوع زلزله جلوگیری کرد و یا زمان وقوع آن قابل پیش­بینی نیست اما می­توان با کمک علم آینده­پژوهی ­به آمادگی در برابر زلزله پرداخت و راهکار­هایی برای مقابله و یا کاهش آسیب­پذیری آن ارائه داد این راهکار­ها باعث افزایش ابتکارات و ایده­هایی در برابر مقاوم­سازی و تاب­آ­وری­ شهر در برابر زلزله خواهد شد. از این‌رو پژوهش حاضر قصد دارد با رویکرد آینده­پژوهانه به شناسایی پیشران­های کلیدی و مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر مخاطره زلزله و بررسی میزان و چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بر یکدیگر و بر وضعیت آینده کلان‌شهر کرمانشاه بپردازد که در واقع زمینه تدوین سناریوها درمراحل بعدی و همچنین تدوین راهبردها، برنامه­ریزی و سیاست­گذاری برای رسیدن به سناریوهای مطلوب را فراهم می­کند. به طور کلی رویکرد آینده­پژوهی رویکردی مؤثر و کارآ در بررسی ابعاد مختلفی تاب‌آوری (نهادی، اجتماعی، کالبدی و ...) می­باشد. با این وجود در پژوهش حاضر به دلیل آنکه اثرات زیان­بار حادث شده زلزله بیشتر شامل آسیب­های کالبدی و اختلالات عملکردی می­باشد. سیستم­های کالبدی – ساختاری شهر به­عنوان جسم، استخوان­ها، شاهرگ­ها و ماهیچه­های شهری، در طول یک بحران سیستم­های کالبدی – ساختاری باید قادر باشند تا فشار زیادی را تحمل کرده و کارکرد خوبی داشته باشند. اگر این سیستم‌ها دچار نقص­های زیادی شده که قابل تعمیر نباشند، فرآیند بازگشت پس از بحران به کندی صورت خواهد پذیرفت و در واقع یک شهر بدون سیستم کالبدی – ساختاری تاب­آور به شدت در مقابل بحران­ها آسیب­پذیر می­باشد (پیوسته­گر و همکاران، 1401: 79). از این‌رو در پژوهش حاضر با توجه به این موارد بعد کالبدی تاب­آوری با رویکرد آینده­پژوهی مورد تأکید قرار گرفته است.

بنابراین سؤال اساسی که در این پژوهش مورد بررسی می­باشند عبارت‌ است از: الف) مهم‌ترین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر وضعیت تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله کدم‌اند؟

# پیشینه و مبانی نظری پژوهش

تحقیقات تاب‌آوری برای اولین بار در رشته­های مهندسی، فیزیک و بوم‌شناسی به کار گرفته شد، اما در سال 2002، شورای بین‌المللی حمایت از توسعه پایدار منطقه­ای[[4]](#footnote-4) برای اولین بار مفهوم تاب‌آوری شهری را در رابطه با پیشگیری و کاهش بلایای شهری پیشنهاد کرد و تحقیقات تاب‌آوری را در حوزه شهری گسترش داد (Ma et al, 2022: 2, Mote et al, 2016: 472). در اواخر دهه 1990، تئوری تاب‌آوری در برنامه­ریزی معرفی شد تا با ایجاد هماهنگی جهت تخصیص بهینه منابع کالبدی - فضایی برای مقابله با عدم قطعیت­های خارجی (حوادث و مخاطرات و ...)، چشم­اندازی تازه از نظریه برنامه­ریزی را ارائه نماید. در زمینه تاب‌آوری کالبدی مطالعات ارزشمندی توسط سرور و کاشانی (1395)، زیاری و همکارن (1396)، پوراحمد و همکاران (1398)، پیوسته گر و همکاران (1401)، دلشاد و همکاران (1402)، امانپور و هاشمی قندعلی (1403) انجام گرفته است. که این مطالعات انجام شده مهم‌ترین راهنمایی پژوهشگر برای شناسایی متغیرهای مربوط به تاب‌آوری کالبدی و تدوین مبانی نظری پژوهش بوده­اند، با این وصف مهم‌ترین جنبه نوآوری پژوهش حاضر استفاده از رویکرد آینده­پژوهی به عنوان یک رویکرد نوین در زمینه شناسایی پیشران­ها اثرگذار بر تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله می­باشد که این مورد در پژوهشی مستقل انجام نگرفته است و پژوهش حاضر اولین مورد در این زمینه می­باشد.

واژه تاب‌آوری برگرفته از واژه لاتین Resilio است؛ و اولین تعریف آن توسط هولینگ[[5]](#footnote-5) در سال 1973 به این صورت ارائه گردید: یک سیستم تاب­آور، اختلالات را بدون تنظیم مجدد، با ساختار و عملکرد جدید تجربه می­کند. تاب‌آوری به معنای میزان مقاومت ماهوی و عملکردی یک سیستم یا نظام در برابر شوک­ها یا حوادثی است که از بیرون بر آن تحمیل شده یا به­صورت غیرمترقبه با آن درگیر می­شود (Zhang & Li, 2018: 142). در ادبیات سوانح و مدیریت بحران، تاب‌آوری در ابعاد مختلفی مطرح می‌شود، مانند تاب‌آوری اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و نهادی که جنبه‌های مشترک در همه آن‌ها «توانایی ایستادگی، مقاومت و واکنش مثبت به فشار یا تغییر» است. تاب­اوری دارای چهار بعد اصلی یعنی اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و نهادی، می­باشد که در این میان به بعد کالبدی و استحکام ساختاری شهرها توجه کمتری شده است (Aydin et al, 2018: 39). همچنین، ویژگی‌های کالبد شهری که پیامدهای قابل‌توجهی برای پتانسیل مقابله با مخاطرات طبیعی مختلف دارند، در ادبیات تاب‌آوری شهری کمتر مورد توجه قرار گرفته­اند (Meerow et al, 2016: 40). این در حالی است که اجزای کالبدی نقش مهمی در جذب شوک­های اولیه بلایا دارند و همچنین برای حفظ عملکرد شهری پس از زلزله ضروری هستند. بعد کالبدی را می­توان به عنوان محسوس­ترین نقش شهرسازی در کاهش اثرات زلزله دانست فرم، شکل و کالبد شهر شامل عناصر مختلفی می­شوند که سازمان‌دهی آن‌ها از طریق برنامه­ریزی شهری و طراحی شهری صورت می­گیرد در این میان برنامه­ریزی کاربری زمین شهری به عنوان هسته اصلی برنامه­ریزی شهری است که با وارد کردن موضوع ایمنی در برابر خطر زلزله در آن می­تواند، تاب‌آوری مناطق شهری را در برابر خطر زلزله افزایش دهد (کمالی و همکاران، 1400: 5). تاب‌آوری کالبدی به واکنش جامعه و ظرفیت بازیابی پس از سانحه نظیر پناهگاه­ها، واحدهای مسکونی، تسهیلات سلامتی و زیر­ساختی مانند خط ­لوله، جاده­ها و وابستگی آن‌ها به زیرساخت‌های دیگر اشاره دارد (ملکی و همکاران، 1400: 193-192). همچنین در بعد کالبدی تاب‌آوری علاوه بر تأمین سرپناه­هایی برای آسیب­دیدگان بعد از وقوع بحران، به اصولی برای طراحی کالبد قبل از وقوع بحران و مخاطره پرداخته می­شود به طور کلی عوامل بسیاری همانند نزدیکی به گسل­ها، وضعیت توپوگرافی و شیب؛ عدم رعایت اصول ساخت‌وساز در حریم گسل­ها و مناطق مستعد زلزله، فرسوده بودن بافت­های موجود در شهر به دلیل استفاده از مصالح کم‌دوام، وجود بافت­های آسیب­پذیری با تراکم بالای جمعیتی، وجود معابر تنگ و باریک، نبود ایستگاه‌های آتش­نشانی و دسترسی مناسب به این مراکز، تراکم ساختمانی بالا؛ نبود برنامه­ریزی و توانمندی عملیاتی لازم برای مدیریت سوانح در سطح مناطق و ... باعث کاهش تاب‌آوری کالبدی منطقه در برابر آسیب­های ناشی از زلزله می­شود (لطیفی و همکاران، 1400؛ بدرآذر و همکاران، 1400؛ عشقی و همکاران، 1398).

تاب‌آوری کالبدی، یکی از ابعاد چهارگانه تاب‌آوری شهری (اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی) است که بر ظرفیت زیرساخت‌ها، فضاهای فیزیکی، سازه‌ها و شبکه‌های عملکردی شهر در برابر بحران‌ها تمرکز دارد (Aydin et al., 2018: 39). این مفهوم برگرفته از نظریه تاب‌آوری در اکولوژی است که نخستین‌بار توسط هولینگ (1973) مطرح شد و سپس در دهه 1990 با نظریه (تاب‌آوری در برنامه‌ریزی شهری) گسترش یافت (Mote et al., 2016: 472). رویکردهای نوین در این حوزه تأکید دارند که شهرها به عنوان سیستم‌های پیچیده، باید قادر به جذب، انطباق و بازیابی در برابر شوک‌های ناگهانی مانند زلزله باشند (Chen et al., 2023: 2).

در این راستا، تاب‌آوری کالبدی نه تنها به کیفیت ساخت و مصالح، بلکه به ساختار فضایی شهر، توزیع کاربری‌ها، تراکم جمعیت و میزان دسترسی به خدمات اضطراری نیز وابسته است (Meerow et al., 2016: 40؛ ملکی و همکاران، 1400: 193). همچنین، برنامه‌ریزی ایمن کاربری زمین و طراحی مقاوم‌سازانه زیرساخت‌ها می‌تواند نقش کلیدی در کاهش آسیب‌پذیری کالبدی ایفا کند (کمالی و همکاران، 1400: 5). از این منظر، رویکرد سیستمی و آینده‌پژوهانه در ارزیابی وضعیت تاب‌آوری کالبدی می‌تواند ابزاری کارآمد برای مدیریت ریسک شهری باشد.

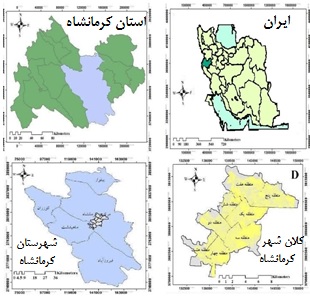
مطالعات حاکی از آن است که در سال­های اخیر، آینده­پژوهی سبب ظهور بسیاری از موضوعات مرتبط با تاب‌آوری شده است. این موضوعات شامل تحلیل ریسک مخاطرات طبیعی و انسانی، ظرفیت­سازی در کاهش تأثیرات مخاطرات طبیعی و برنامه­ریزی پابرجا و راهبردی افزایش تاب‌آوری کالبدی است. اهمیت بحث آینده‌پژوهی در موضوعات فضایی و کالبدی باعث شده است که در دهه اخیر از برنامه­ریزی مبتنی بر سناریو به­منزله ستون فقرات برنامه­ریزی ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطرات طبیعی و انسانی یاد کنند (Robinson, 2020: 3459). بیش از یک دهه است که رویکردها و نظریه­های آینده­پژوهی تاب‌آوری در موضوعات مرتبط با مخاطرات محیطی، پارادایم خود را از مدل کاهش تلفات و خسارت به یک مدل جامع­تر تاب‌آوری تغییر داده­اند. مهم‌ترین رویکردهای تاب‌آوری به چهار گروه تقسیم شده­اند. گروه اول شامل رویکرد کنشگر، کنش­پذیر و رویکرد سازگار و گسترده است؛ گروه دوم نیز شامل سه رویکرد تاب‌آوری به­عنوان آمادگی، تاب‌آوری به­عنوان عملکرد و تاب‌آوری بی­اثر است؛ گروه سوم رویکردهای تاب‌آوری را به دو رویکرد بخشی و کلی تقسیم می­کند؛ و گروه چهارم نیز شامل رویکردهای تاب‌آوری و تعادل جهانی، تاب‌آوری و تعادل چندبُعدی است. آنچه مسلم است این است که تاب‌آوری معیارهای بلندمدتی را برای برنامه­ریزی به کار می­گیرد و این خود یکی از مصادیق آینده­پژوهی است. لذا پر واضح است که در دهه اخیر، نظریه تاب‌آوری از یک شاخص قابل اندازه­گیری و قابل توصیف به یک «شیوه تفکر» تحول‌یافته است و در تلفیق با آینده­پژوهی این امکان را فراهم ساخته تا بشر بتواند تغییرات را پیش­بینی و جهت تغییرات را مدیریت کند (لطیفی و همکاران، 1400: 290).

جمع بندی پیشینه: مرور پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اغلب مطالعات پیشین، تمرکز خود را بر شناسایی شاخص‌های آسیب‌پذیری کالبدی در سطح محلات یا مناطق شهری محدود با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره مانند AHP و SWOT معطوف کرده‌اند. این پژوهش‌ها بیشتر به وضعیت موجود پرداخته و کمتر به تحلیل روابط علّی بین عوامل مؤثر یا پیش‌بینی آینده توجه داشته‌اند. همچنین، تاب‌آوری کالبدی در بسیاری از آن‌ها صرفاً معادل مقاومت سازه‌ای تلقی شده، در حالی که مفهوم نوین آن شامل پیوستگی فضایی، انعطاف‌پذیری عملکردی و دسترسی اضطراری نیز هست. از منظر مقیاس مکانی، مطالعات اندکی با تمرکز بر کلان‌شهرها و به‌ویژه شهرهای پرخطر لرزه‌ای مانند کرمانشاه انجام شده‌اند. علاوه بر این، در ادبیات پژوهشی، استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی برای شناسایی پیشران‌های کلیدی تاب‌آوری کالبدی تقریباً مغفول مانده است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکردهای ترکیبی دلفی و MICMAC و تمرکز بر سطح کلان‌شهری، گامی نوین در جهت رفع این کاستی‌ها محسوب می‌شود.

# روش تحقیق

# محدوده مورد مطالعه

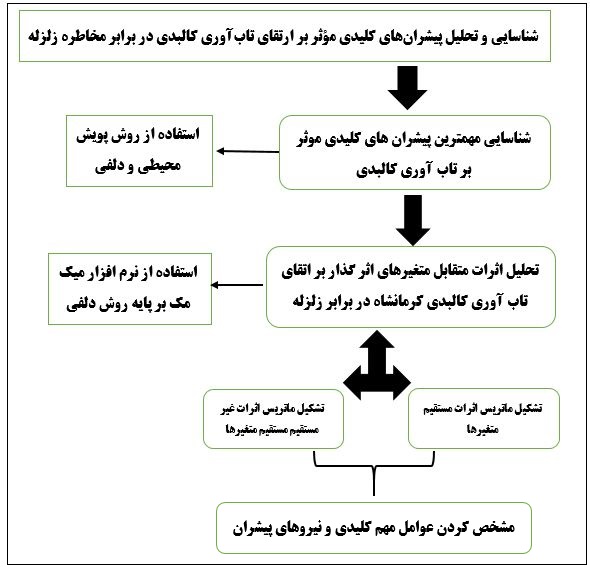
کلان‌شهر کرمانشاه در منطقه­ای با مختصات جغرافیایی 34 درجه و 19 دقیقه­ی عرض شمالی از خط استوا و 47 درجه و 7 دقیقه طول شرقی از نصف­النهار گرینویج واقع شده است. متوسط ارتفاع شهر حدود 1322 متر از سطح آب­های آزاد برآورد گردیده است شهر کرمانشاه از نظر جایگاه طبیعی در مکانی بین نواحی زیست‌محیطی رشد و گسترش‌یافته است. این شهر از شمال به ارتفاعات طاق‌بستان و پرآو و از جنوب به ارتفاعات کوه سفید محدود می­گردد (شکل شماره 1). شهر کرمانشاه بر اساس نتایج سرشماري عمومی نفوس و مسکن سال 1395 با 946651 نفر جمعیت نهمین شهر پرجمعیت کشور است؛ اما در سال 1396 با الحاق چند روستا جمعیت این شهر به بیش از یک میلیون نفر رسید و در سال 1397 از طرف وزارت کشور به عنوان کلان‌شهر اعلام گردید. کلان‌شهر کرمانشاه دارای 8 منطقه شهری است. این شهر که 3/87 درصد از جمعیت شهرستان کرمانشاه، معادل با 5/48 درصد از جمعیت کل استان کرمانشاه را در خود جای داده است (سازمان آمار ایران، 1395). کرمانشاه در منطقه جغرافیایی با ریسک بالای زمین­لرزه واقع شده است (امیریان، 1397: 267) و دارای چندین گسل فعال و نیمه فعال است که می­تواند در شکل­گیری زلزله و آسیب­پذیری بالای شهر مؤثر واقع شود.



**شکل 1. محدوده مورد مطالعه پژوهش، منبع: نگارندگان، 1402**

**داده و روش کار**

روش تحقیق پژوهش حاضر به لحاظ ماهیت توصیفی - تحلیلی بوده و به لحاظ هدف کاربردی می­باشد. جمع­آوری اطلاعات بر اساس تلفیق روش­های اسنادی و مطالعات میدانی انجام گرفته است. منبع و مبنای اصلی داده­های تجزیه‌وتحلیل، نظرات کارشناسان و متخصصان می­باشد. در این پژوهش ابتدا با دیدی سیستماتیک و ساختاری به مرور ادبیات نظری در حوزه تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله، پرداخته شد، سپس بر پایه مبانی نظری حاصل شده و با استفاده از روش دلفی شاخص­ها و متغیرهای تأثیرگذار در زمینه تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله استخراج گردید. در بخش تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع­آوری شده در قالب پژوهش حاضر از نرم‌افزار MICMAC جهت تجزیه‌وتحلیل نتایج مربوط به آینده‌پژوهی نظرات کارشناسان استفاده گردید، در این پژوهش متخصصان شامل 29 نفر از کارشناسان و متخصصان شهری و سازمان­های وابسته و متخصصان دانشگاهی (اساتید و دانشجویان دکتری که دارای کار پژوهشی در زمینه تاب‌آوری بوده­اند) در زمینه­های برنامه­ریزی و مدیریت شهری در کلان‌شهر کرمانشاه بودند. به این صورت که پس از انتخاب خبرگان و تشریح مسئله برای آن‌ها به تهیه پرسشنامه و ارسال آن به خبرگان اقدام شد سپس با دریافت نظر خبرگان (در دو مرحله) به تجزیه‌وتحلیل آن‌ها و طبقه­بندی پرسش­ها و اعلام توافقات پرداخته شد و در نهایت با تهیه ماتریسی 20 در 20 به کمک برنامه آینده­پژوهی MICMAC به برسی نیروهای پیشران و در مرحله دوم با استفاده از تکنیک تأثیرات متقابل امتیازدهی مورد تحلیل قرار گرفت، در نهایت عوامل پیشران و کلیدی افزایش تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله با توجه به امتیاز تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم انتخاب شدند (شکل 2).



**شکل 2. مدل مفهومی پژوهش، منبع: نگارندگان، 1402**

**روش پویش محیطی[[6]](#footnote-6):** سازمان­ها به منظور درك نیروهای خارجی مسبب تغییرات، محیط را پیمایش می­کنند تا در صورت لزوم وا‌کنشی کارا و زود هنگام نسبت به تغییرات از خود نشان دهند. با توجه به این که قابلیت و توانایی سازمان برای سازگار شدن با محیط خارجی، به فهم و تفسیر تغییرات آن محیط وابسته است، پویش محیطی ابتدایی­ترین روش برای فهم و تفسیر این تغییرات هشداری سریع و زودهنگام نسبت به تغییرات مهم و کشف نقطه ضعف­ها و نشانه لزوم اصلاح طرح است (نعیمی و پورمحمدی، 1395: 56). پویش محیطی از چهار گام یا مرحله اصلی تشکیل شده است. در گام اول، حیطه و عمق پویش محیطی مشخص می‌گردد. تعیین حیطه و عمق پویش محیطی با مراجعه به دو عامل، مراجعه به امر واقع و مراجعه به خبرگان قابل پاسخگویی است. در گام دوم، منابع دانشی و ابزارهای بهره‌برداری کشف و خلق می‌شوند. این گام، به مثابه پاشنه آشیل پویش محیطی است و بزرگ‌ترین مشکل آینده‌پژوهی نیز همین نکته است که گاهی به دلیل گستردگی موضوع پویش، راه‌اندازی یک سیستم اجتماعی - تکنیکی ضرورت خواهد یافت. در گام سوم، از منابع دانشی بهره‌برداری می‌شود. پس از شناسایی و خلق منابع دانشی، بهره‌برداری از آن‌ها با استفاده از ابزارهای مختلف امکان‌پذیر می‌شود و در نهایت در گام چهارم، داده‌ها مورد تحلیل قرار گرفته و مدیریت مبانی شناختی - هنجاری صورت می‌پذیرد در این مرحله، دغدغه اصلی پویشگر، مدیریت مبانی شناختی- هنجاری خواهد بود و اما روش‌های مختلفی برای دیده‌بانی و پویش محیطی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش سامانه پویش محیط کسب‌وکار، روش کوئست، روش سازوکارهای پویش محیطی، روش چارچوب درک علائم آینده (اف اس اس اف) اشاره نمود (عطااللهی و همکاران، 1395: 8).

**روش تحلیل اثرات متقابل/ساختاری[[7]](#footnote-7):** تحلیل ساختاری ابزاری برای نظم بخشیدن به تعداد زیادی از ایده‌هاست. این تحلیل با استفاده از ماتریسی که مؤلفه‌های اصلی یک سیستم را با یک­دیگر ترکیب می­کند، آن را توصیف می‌کند. با استفاده از این‌روش می­توانیم متغیرهای اصلی یک سیستم را شناسایی کنیم که هم بیشترین نفوذ بر دیگر متغیرها را دارند و هم بیشترین وابستگی به متغیرهای دیگر را دارند (طالبیان و همکاران، 1396: 79). تحلیل ساختاری، برای بررسی کیفی سیستم‌های بسیار متفاوت به کار می‌رود. سیستم تحت بررسی، به شکل گروهی از عناصر (متغيرها عوامل) وابسته به هم در می‌آید (Arcade, 2008: 6).

به‌طور کلی تحلیل ساختاری در 4 مرحله: مرحله 1: شناسایی پارامترهای و متغیرهای اولیه (روش پویش محیطی)؛ مرحله 2: واردکردن عوامل و اطلاعات به نرم­افزار میک مک؛ مرحله 3: بررسی میزان و چگونگی روابط بین متغیرها و مرحله آخر: شناسایی عوامل و پیشران­های کلیدی است.

# یافته‌های تحقیق

**شناسایی عوامل مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه**

در پژوهش حاضر جهت شناسایی متغیرهای اولیه مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه پس از مطالعه تحقیقات انجام شده در این حوزه و گزارش­های مربوطه، از روش دلفی دو مرحله­ای، استفاده شده است. روش دلفی عمدتاً با هدف کشف ایده­های نوآورانه و قابل اطمینان و یا تهیه اطلاعاتی مناسب برای تصمیم­گیری است. اساس و پایه‌ تکنیک دلفی بر این است که نظر متخصصان هر قلمرو علمی صائب‌ترین نظر است و در زمینه­هایى از علوم نادقیق که در آن هنوز قوانین علمى توسعه­نیافته، اتکا به آرای خبرگان مجاز است (Ludwig & Starr, 2005: 316). 29 نفر از خبرگان و کارشناسان از بین اساتید دانشگاه، دانشجویان دکتری، پژوهشگران، مدیران و شاغلین بخش دولتی و خصوصی دخیل در امر برنامه­ریزی و توسعه شهری از طریق نمونه­گیری گلوله­برفی انتخاب شدند. پس از انتخاب کارشناسان، پرسشنامه دور اول تنظیم و برای خبرگان ارسال شد سپس با تجزیه‌وتحلیل پاسخ­های رسیده در دور اول و بازنگری مؤلفه­های مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله پرسشنامه دور دوم آماده و ارسال گردید. نهایتاً با تجزیه‌وتحلیل پرسشنامه­های دور دوم و پایش متغیرها، 20 متغیر (جدول شماره 2) به عنوان متغیرهای اولیه مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه انتخاب شدند.

**جدول 2. متغیرهای اولیه مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه**

|  |  |
| --- | --- |
| توپوگرافی (V1)؛ فاصله از گسل (V2)؛ فاصله از رودخانه (V3)؛ دسترسی به فضای سبز و باز (V4)؛ فاصله از جایگاه­های سوخت (گاز و بنزین) (V5)؛ بازسازی و بهسازی ساختمان­های ناپایدار (V6)؛ دسترسی به کاربری بهداشتی - درمانی (V7)؛ دسترسی به مراکز آتش­نشانی (V8)؛ دسترسی به معابر اصلی (V9)؛ دسترسی به تأسیسات و تجهیزات شهری (V10)؛ فاصله از کاربری­های صنعتی (V11)؛ دسترسی به کاربری حمل‌ونقل و انبار (V12)؛ دسترسی به کاربری نظامی و انتظامی (V13)؛ تراکم جمعیت (V14)؛ تراکم ساختمان­ها با اسکلت بتونی (V15)؛ تراکم ساختمان­ها با اسکلت فلزی (V16)؛ تراکم ساختمانی (V17)؛ کیفیت ابنیه (V18)؛ تعداد طبقات ساختمانی­(V19)؛ قدمت بنا (V20) | **متغیرهای اولیه مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله** |

مآخذ: برگرفته از منابع مختلف، 1402

**تحلیل ساختاری عوامل مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه**

بر اساس روش دلفی که در بالا اشاره شد، 20 متغیر به عنوان عوامل مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه شناسایی شده است و سپس روش تحلیل ساختاری توسط نرم­افزار میک­مک جهت استخراج پیشران­های کلیدی تأثیرگذار بر وضعیت آینده محیط مورد مطالعه بکار گرفته شد. ارتباط میان 20 گویه شناسایی شده مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله با استفاده از روش ماتریس تأثیرات متقابل و توسط کارشناسان خبره بررسی و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل آن‌ها امتیازدهی شده است. میزان ارتباط گویه­ها با اعداد بین 0 تا 3 سنجیده شده است. عدد صفر به منزله «عدم تأثیر»، عدد یک به منزله «تأثیر ضعیف»، عدد دو به منزله «تأثیر متوسط» و عدد سه به منزله «تأثیر زیاد» است. ابعاد ماتریس تحلیل اثرات متقابل گویه­ها در این پژوهش دارای ابعاد (20×20) است. درجه پرشدگی این ماتریس 75/66 درصد است که نشان‌دهنده ارتباط و تأثیرگذاری بالای متغیرها بر هم­دیگر می­باشد. در تحلیل روابط بین گویه­های در این ماتریس تعداد 133 با عدد صفر پر شده است که نشان­دهنده آن است که متغیرهای متناظر با هم رابطه­ای نداشته­اند. از میان 75/66 درصد پر شده­ی ماتریس، تعداد 106 رابطه یک بوده است یعنی عوامل رابطه­ی ضعیفی با هم داشته­اند، تعداد 107 رابطه دو بوده است یعنی عوامل رابطه متوسطی با هم داشته­اند و تعداد 54 رابطه سه بوده است و این بداین معنی است که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بین گویه­های مذکور زیاد بوده است. در کل تعداد 267 رابطه­ی غیر صفر و معنی‌دار در ماتریس مشاهده شده است. لازم به ذکر است که در این پژوهش بر اساس شاخص­های آماری با 2 بار چرخش داده­ای، ماتریس از مطلوبیت و بهینه­شدگی 100 درصد برخوردار بوده است که این نشان‌دهنده روایی بالای پرسشنامه و پاسخ­های آن است. ماتریس تحلیل آثار متقابل گویه­ها در این پژوهش با ابعاد (20×20) و دارای ویژگی­های عمومی زیر است (جدول شماره 3):

**جدول 3. مشخصات ماتریس اثرات متقابل**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مقدار** | **اندازه ماتریس** | **تعداد تکرار** | **تعداد صفر** | **تعداد یک** | **تعداد دو** | **تعداد سه** | **جمع** | **درجه پرشدگی** |
| شاخص | 20 | 2 | 133 | 106 | 107 | 54 | 267 | 75/66 |

منبع: بافته‌های تحقیق، 1402

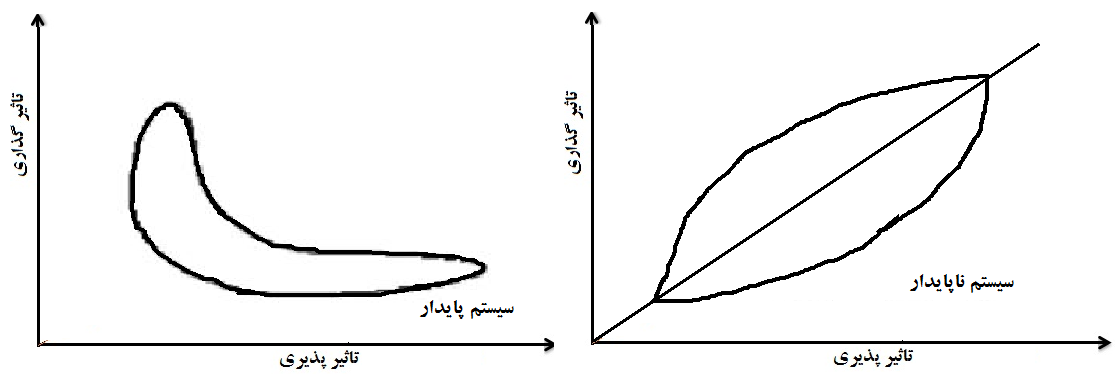
**تحلیل وضعیت کلی سیستم از نظر پایداری و ناپایداری**

نحوه توزیع و پراکنش متغیرها در صفحه‌ی پراکندگی، حاکی از میزان پایداری و یا ناپایداری سیستم است. دو نوع از پراکنش در تحلیل میک مک قابل‌شناسایی است که مربوط به سیستم‌های پایدار و سیستم‌های ناپایدار است. در سیستم‌های پایدار پراکنش متغیرها به صورت L انگلیسی است (مهدوی و همکاران، 1401: 12)، یعنی برخی متغیرها دارای تأثیرگذاری بالا و برخی دارای تأثیرپذیری بالا هستند. در سیستم‌های پایدار مجموعاً سه دسته متغیر قابل مشاهده است: الف- متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر سیستم (عوامل کلیدی). ب- متغیرهای مستقل ج- متغیرهای خروجی سیستم (متغیرهای نتیجه).

در مقابل در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم‌های پایدار است. در این سیستم، متغیرها در حول محور قطری صفحه پراکنده هستند و متغیرها در اکثر مواقع حالت بینابینی از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را نشان می‌دهند که ارزیابی و شناسایی عوامل کلیدی را بسیار مشکل می‌نماید. در سیستم‌های ناپایدار، کمبود متغیرهای تأثیرگذار، سیستم را تهدید می‌کند (Rabbani, 2013: 10) (شکل شماره 3). در سیستم ناپایدار نیز متغیرهای زیر قابل مشاهده است: الف- متغیرهای تأثیرگذار: این متغیرها بیشتر تأثیرگذار بوده و کم‌تر تأثیرپذیر می‌باشند، بنابراین سیستم بیشتر به این متغیرها بستگي دارد. ب- متغیرهای دووجهی (متغیرهای ریسک و متغیرهای هدف): این متغیرها دارای دو ویژگی مشترک تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری بالا هستند و هر عملی روی آن‌ها در متغیرهای دیگر نیز تغییر ایجاد خواهد کرد. ج- متغیرهای تنظیمی: این متغیرها در نزدیک مرکز شکل قرار گرفته‌اند. این متغیر قابلیت ارتقاء به متغیرهای تأثیرگذار، تعیین کننده یا متغیرهای هدف و ریسک را دارد. د- متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه سیستم: این متغیرها از تأثیرپذیری بسیار بالا از سیستم و تأثیرگذاری بسیار پایین در سیستم برخوردار هستند. ه- متغیرهای مستقل: این متغیرها دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پاییني هستند و گویا اصلاً ارتباطي با سیستم ندارند زیرا آن‌ها نه باعث توقف یك متغیر اصلي و نه باعث تكامل و پیشرفت آن در سیستم می‌شوند (زالی، 1388: 94).

وضعیت صفحه پراکندگی متغیرهای مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه، بیانگر وضعیت ناپایدار این سیستم است. به طور کلی بیشتر متغیرها مربوط به ارتقای تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه در سطح کل صفحه پراکنده شده­اند. تحلیل وضعیت صفحه پراکندگی متغیرها بیانگر آن است که متغیرهای موجود در قسمت شمالی غربی نمودار تأثیرگذارترین متغیرها و متغیرهای قرار گرفته در قسمت جنوبی شرقی نمودار تأثیرپذیرترین هستند.

متغیرها دارای دو نوع تأثیرند، تأثیرات مستقیم و تأثیرات غیرمستقیم که در ادامه به تشریح آن پرداخته می­شود.



**شکل شماره 3. پایداری و ناپایداری سیستم** **(Godet, et al, 2003: 22)**

**ارزیابی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیر مستقیم متغیرها**

در حالت کلی متغیرها دارای دو نوع تأثیر بر هم هستند. تأثیرات مستقیم و تأثیرات غیر مستقیم. تأثیرات مستقیم متغیرها توسط کارشناسان و خبرگان تعیین شده است و تأثیرات غیرمستقیم متغیرها توسط نرم‌افزار شناسایی و محاسبه می‌شود. جهت تحلیل نتایج در نخستین قدم با یک روش ساده می‌توان دریافت که تأثیر متغیرها با در نظر گرفتن تعداد گروه‌های ارتباطی در ماتریس تشکیل ‌شده، قابل سنجش است. به طور کلی، در ماتریس تأثیرات متقابل مجموع عددهای هر سطر نشان‌دهنده تأثیرگذاری متغیر مربوطه و مجموع عددهای هر ستون، نشان‌دهنده تأثیرپذیری متغیر مربوطه است (جدول شماره 4). با توجه به سیستم ناپایدار توزیع و پراکنش متغیرها مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه، پنج دسته متغیر الف- متغیرهای تأثیرگذار. ب- متغیرهای دووجهی ج- متغیرهای تنظیمی. د- متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه سیستم. ه- متغیرهای مستقل قابل شناسایی هستند که در جدول شماره 5 تشریح شده­اند؛ بنابراین می‌توان تأثیرات بین گویه­های مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر مخاطره زلزله را به صورت جدول 5 ارائه کرد (شکل شماره 4).

در ادامه روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها در اشکال شماره 5 و 6 نشان داده شده است.

**جدول­ 4. میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

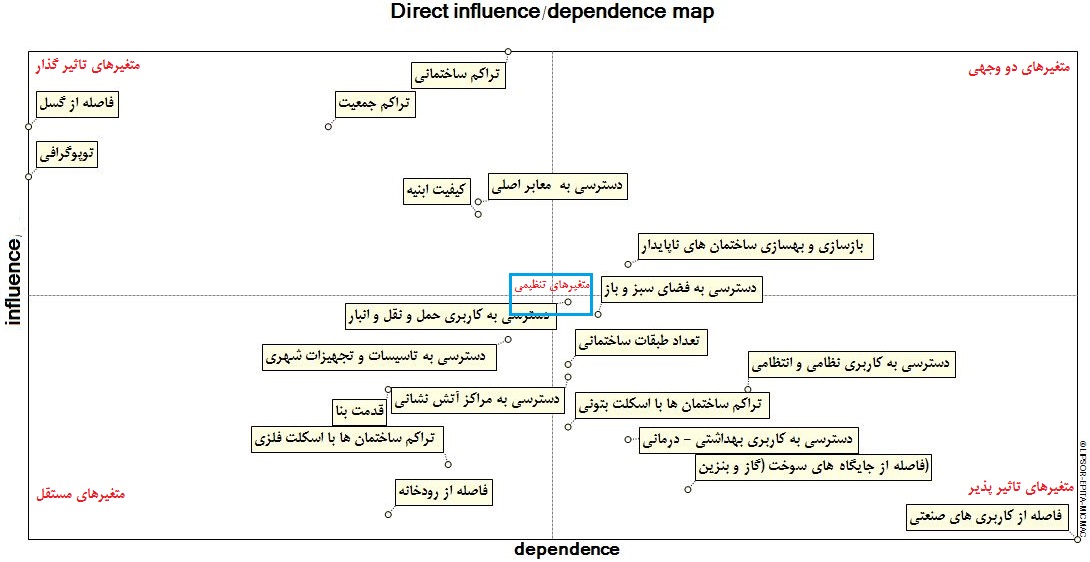
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **متغیر** | **اثرات مستقیم** | | **اثرات غیر مستقیم** | |
| **میزان تأثیرگذاری** | **میزان تأثیرپذیری** | **میزان تأثیرگذاری** | **میزان تأثیرپذیری** |
| V 1 | 36 | 8 | 17431 | 3494 |
| V 2 | 40 | 8 | 18843 | 3892 |
| V 3 | 9 | 20 | 3740 | 9846 |
| V 4 | 25 | 27 | 13264 | 13049 |
| V 5 | 11 | 30 | 4448 | 16237 |
| V 6 | 29 | 28 | 11921 | 13211 |
| V 7 | 15 | 28 | 7223 | 13774 |
| V 8 | 20 | 26 | 9643 | 14266 |
| V 9 | 34 | 23 | 16355 | 11693 |
| V 10 | 23 | 24 | 9967 | 11750 |
| V 11 | 7 | 43 | 2686 | 21296 |
| V 12 | 26 | 26 | 13056 | 12373 |
| V 13 | 19 | 32 | 9864 | 15999 |
| V 14 | 40 | 18 | 21223 | 9276 |
| V 15 | 16 | 26 | 8752 | 12275 |
| V 16 | 13 | 22 | 6330 | 10284 |
| V 17 | 46 | 24 | 22696 | 12406 |
| V 18 | 33 | 23 | 17841 | 10625 |
| V 19 | 21 | 26 | 12435 | 11369 |
| V 20 | 19 | 20 | 8685 | 9292 |

منبع: بافته‌های تحقیق، 1402

**جدول 5. نحوه توزیع انواع متغیرهای مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه**

|  |  |
| --- | --- |
| **نام متغیر** | **نوع متغیر** |
| تراکم ساختمانی (V17)؛ فاصله از گسل (V2)؛ تراکم جمعیت (V14)؛ توپوگرافی (V1)؛ دسترسی به معابر اصلی (V9)؛ کیفیت ابنیه (V18)؛ | متغیرهای تأثیرگذار |
| بازسازی و بهسازی ساختمان­های ناپایدار (V6)؛ | متغیرهای دووجهی |
| دسترسی به فضای سبز و باز (V4)؛ فاصله از جایگاه­های سوخت (گاز و بنزین) (V5)؛ دسترسی به کاربری بهداشتی - درمانی (V7)؛ دسترسی به مراکز آتش­نشانی (V8)؛ فاصله از کاربری­های صنعتی (V11)؛ دسترسی به کاربری نظامی و انتظامی (V13)؛ تراکم ساختمان­ها با اسکلت بتونی (V15)؛ تعداد طبقات ساختمانی­(V19)؛ | متغیرهای تأثیرپذیر |
| دسترسی به کاربری حمل‌ونقل و انبار (V12)؛ | متغیرهای تنظیمی |
| دسترسی به تأسیسات و تجهیزات شهری (V10)؛ قدمت بنا (V20) تراکم ساختمان­ها با اسکلت فلزی (V16)؛ فاصله از رودخانه (V3)؛ | متغیرهای مستقل |

منبع: بافته‌های تحقیق، 1402



**شکل 4. نمودار پراکندگی متغیرهای اثرگذار بر ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه** منبع: بافته‌های تحقیق، 1402



**شکل 5. نمودار روابط مستقیم بین متغیرها (تأثیرات خیلی ضعیف تا بسیار قوی)** منبع: بافته‌های تحقیق، 1402



**شکل شماره 6. نمودار روابط غیر مستقیم بین متغیرها (تأثیرات خیلی ضعیف تا بسیار قوی)** منبع: بافته‌های تحقیق، 1402

در ادامه روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها در اشکال شماره 5 و 6 نشان داده شده است.

بر اساس تحلیل­های حاصل از جدول شماره 5 و شکل شماره 3، **تأثیرگذارترین گویه­های پژوهش عبارت‌اند از**: تراکم ساختمانی (V17)؛ فاصله از گسل (V2)؛ تراکم جمعیت (V14)؛ توپوگرافی (V1)؛ دسترسی به معابر اصلی (V9)؛ کیفیت ابنیه (V18)؛ **همچنین تأثیرپذیرترین گویه­های پژوهش عبارت‌اند از**: دسترسی به فضای سبز و باز (V4)؛ فاصله از جایگاه­های سوخت (گاز و بنزین) (V5)؛ دسترسی به کاربری بهداشتی - درمانی (V7)؛ دسترسی به مراکز آتش­نشانی (V8)؛ فاصله از کاربری­های صنعتی (V11)؛ دسترسی به کاربری نظامی و انتظامی (V13)؛ تراکم ساختمان­ها با اسکلت بتونی (V15)؛ تعداد طبقات ساختمانی (V19).

**رتبه‌بندی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها و شناسایی متغیرهای کلیدی نهایی**

با توجه به اعداد پرسشنامه که به صورت ماتریس تكمیل شده است. نرم‌افزار رابطه آن‌ها را محاسبه کرده و در نهایت برای هر عامل یك امتیاز عددی در نظر می‌گیرد. سپس بر اساس این امتیاز عوامل را بر اساس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری به صورت مستقیم و غیرمستقیم رتبه‌بندی می‌کند؛ که در این حالت عواملي که بیشترین امتیاز را کسب کنند میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها نیز بر این اساس تغییر می‌کند.

همان‌طوری که در بالا نشان داده شد، ابتدا به ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه در چارچوب آینده­پژوهی به تحلیل کلی محیط سیستم پرداخته شد که طبق نتایج به دست آمده، 20 عامل در مرحله نخست شناسایی و میزان و چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بر یکدیگر و بر وضعیت آینده تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه با توجه به روش مستقیم و غیرمستقیم بررسی و در نهایت از میان 20 عامل بررسی شده، 7 عامل اصلی به عنوان پیشران­های كلیدی مؤثر بر وضعیت آینده تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه انتخاب شده­اند که همه 7 عامل در هر دو روش مستقیم و غیرمستقیم تکرار شده­اند. 7 پیشران تأثیرگذار مهم از میان 20 عامل مورد بررسی در روش مستقیم و غیرمستقیم به شرح جدول شماره 6 هستند.

**جدول 6. عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **متغیر** | **امتیاز نهایی به دست آمده** | | **رتبه به دست آمده** | |
| **تأثیرگذاری مستقیم** | **تأثیرگذاری غیرمستقیم** | **تأثیرگذاری مستقیم** | **تأثیرگذاری غیرمستقیم** |
| تراکم ساختمانی | 954 | 960 | 1 | 1 |
| فاصله از گسل | 829 | 797 | 2 | 3 |
| تراکم جمعیت | 829 | 897 | 3 | 2 |
| توپوگرافی | 746 | 737 | 4 | 5 |
| دسترسی به معابر اصلی | 705 | 691 | 5 | 6 |
| کیفیت ابنیه | 684 | 754 | 6 | 4 |
| بازسازی و بهسازی ساختمان­های ناپایدار | 601 | 561 | 7 | 7 |

منبع: بافته‌های تحقیق، 1402

طبق جدول شماره 6؛ هفت پیشران کلیدی که بر ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطره زلزله در کلان‌شهر کرمانشاه بسیار تأثیرگذار هستند مشخص شده است. تراکم ساختمانی (V17)؛ فاصله از گسل (V2)؛ تراکم جمعیت (V14)؛ توپوگرافی (V1)؛ دسترسی به معابر اصلی (V9)؛ کیفیت ابنیه (V18) و بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار (V6). این هفت پیشران کلیدی در دو دسته متغیرهای تأثیرگذار و دووجهی قرار می­گیرند.

به طور کلی افزایش تراكم ساختمانی باعث افزایش جمعیت ساكن در هر قطعه زمین، كاهش نسبی فضاهای باز، دشواری تخلیه در حین وقوع سانحه، تشدید اثر زلزله به دلیل افزایش ارتفاع و ضربات ساختمان‌های مجاور به هم دیگر و همچنین افزایش حجم آوار پس از زمین‌لرزه و دشواری عملیات امداد و نجات پس از سانحه خواهد شد وضعیت تراکم ساختمانی در سطح شهر کرمانشاه بیانگر تراکم ساختمانی بالا در مناطق 3 و 4 است.

گسل‌ها می‌توانند نقش عمده‌ای در افزایش شدت و حتی در به وجود آوردن زلزله‌ها داشته باشند. بدیهی است تأسیس پدیده‌های انسان‌ساخت در حوالی گسل‌ها می‌تواند مقدار آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر زلزله را افزایش دهد. لذا با نزدیک شدن به محدوده گسل انتظار بالا رفتن مقدار آسیب‌پذیری بیشتر می­شود. در این رابطه مناطق 2، 3، 6 و 1 در وضعیت مطلوب و مساعدتری قرار دارند اما مناطق 8، 4، 7 و 5 وضعیت نامطلوبی دارند.

از آنجا که ترتیب زمانی آثار زلزله به صورت لرزش­های شدید زمین- تحریک- تلفات است، اهمیت تراکم جمعیت در آخرین مرحله از بحران زلزله می­تواند تعیین کننده باشد. این شاخص مشخص‌کننده بار جمعیتی در موقع زلزله است و با افزایش میزان این شاخص، آسیب­پذیری ناشی از زلزله افزایش خواهد یافت. کلیه مناطق کلان‌شهر کرمانشاه از نظر تراکم جمعیتی در وضعیت مساعدی قرار دارند، اما مناطق 3 و 2 شهرداری به واسطه ساخت آپارتمان و مجتمع­های مسکونی تراکم در برخی شهرک­ها و محلات اين مناطق بالا می‌باشد.

تجربیات به دست آمده از تخریب زلزله­های اخیر نشان­دهنده اهمیت شکل و هندسه توپوگرافی سطحی بر وسعت و شدت خرابی ساختمان‌ها و توزیع مکانی آن‌ها حین دارد. بخش اعظم شهر کرمانشاه بر روی طبقه ارتفاعی 1286 تا 1366 متر واقع شده است؛ که این سطوح ارتفاعی منطبق بر دشت ناودیسی کرمانشاه می­باشد. همین عامل باعث شده که بخش اعظم شهر، به استثنای بخش‌های شمال شرق و جنوب غرب شهر (مخصوصاً منطقه 4) دارای شیب کمتر از 5 درصد باشد؛ که در این میان مناطق 1، 6 و 2 شهرداری به ترتیب با میانگین شیب 2/4، 7/4 و 9/4 بیشترین برخورداری از اراضی هموار و کم شیب شهر را به خود اختصاص داده‌اند.

وجود بزرگراه­ها و شریانی اصلی بیشتر در منطقه و امکان برقراري ارتباط با مناطق مجاور، امکان تاب­آوري منطقه را افزایش می­دهد. شبکه­ي حمل­ونقل سریع و روان در سطح منطقه با میزان تاب­آوري آن رابطه­ي مستقیم دارد. هر چه راه‌های اصلی و شریان‌های عریض در منطقه زیاد باشد، و امکان دسترسی مناسب به آن‌ها وجود داشته باشد، تاب­آوري منطقه افزایش خواهد یافت. ارزیابی شبکه ارتباطی کرمانشاه نشان می­دهد که با وجود محدودیت­هایی در شبکه ارتباطی مانند کم‌عرض بودن معابر در حالت کلی می­توان شبکه ارتباطی اصلی شهر را در شرایط بحرانی متعاقب رخداد زلزله احتمالی به سه نوع مناسب، متوسط و نامناسب تقسیم­بندی نمود. شهرک­هایی که در طی سال‌های اخیر در شمال و جنوب شهر مانند شهرک­های تعاون معلم و آناهیتا در شمال و شهرک شهرداری در جنوب توسعه‌یافته‌اند به دلیل ساختار جدید و نظم هندسی از شبکه‌ای مطلوب برخوردار می­باشند، هرچند مکان گزینی این شهرک­ها در حریم گسل­های منطقه صورت گرفته است. شبکه ارتباطی حاشیه و پیرامون نواحی مرکزی یا هسته اولیه شهر از شبکه ارتباطی متوسطی برخوردار می­باشند این امر به دلیل توسعه این مناطق در طی دهه‌های اخیر می­باشد. بخش مرکزی شهر کرمانشاه (هسته اولیه شهر) با وجود شبکه ارتباطی نسبتاً مناسب به دلیل کم‌عرض بودن تعداد زیاد تقاطع، کمبود فضاهای باز، تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی و در نتیجه ترافیک سنگین جزو مناطق با شبکه ارتباطی نامناسب به شمار می­آید.

کیفیت بناها تأثیر بسیار مهمی بر میزان تاب­آوري منطقه در برابر زلزله دارد، ساختمان­هایی که کیفیت ساخت پایین­تري دارند در برابر بحران بیشتر آسیب­پذیر هستند. هرچه ساختمان­هاي تخریبی در سطح منطقه بیشتر باشد، تاب­آوري منطقه کاهش خواهد یافت. با توجه به اینکه کلان‌شهر کرمانشاه با تائید کمیسیون ماده 5 دارای 1228 هکتار بافت فرسوده می­باشد، بیشتر این بافت­ها در مناطق 3 (محله فیض‌آباد، خیابان مدرس و حداد عادل) و منطقه 4 (شریعتی) قرار دارند که متأسفانه در بیشتر این محلات و مناطق که مملو از ساختمان­های ناپایدار و ناایمن هستند بازسازی و بهسازی این ساختمان­های به دلیل مناسب نبودن وضعیت مالی ساکنین و نبود برنامه بلندمدت از سوی شهرداری انجام نمی­گیرد.

# نتيجه‌گيري و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف شناسایی مهم‌ترین عوامل اثرگذار و بررسی میزان و چگونگی تأثیرگذاری این عوامل در ارتقای تاب‌آوری کالبدی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر مخاطره زلزله، با بهره­گیری از رویکرد آینده­پژوهی انجام شده است. در پژوهش حاضر برای شناسایی متغیرهای اولیه اثرگذار بر ارتقای تاب‌آوری در کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله از روش پویش محیطی و از روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری برای بررسی میزان و چگونگی تأثیرگذاری عوامل و در نهایت شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله استفاده شده است؛ همچنین تحلیل نهایی داده­ها از طریق نرم­افزار کاربردی MICMAC انجام گرفته است.

با توجه به شناسایی 20 متغیر مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی در کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله بر مبنای روش دلفی، یک ماتریس با ابعاد (20×20) در نرم‌افزار میک مک تشکیل شده است. درجه پرشدگی این ماتریس حدود 75/66 درصد است که نشان‌دهنده ارتباط و تأثیرگذاری بالای متغیرها بر هم­دیگر می­باشد. در تحلیل روابط بین گویه­های در این ماتریس تعداد 133 با عدد صفر پر شده است که نشان­دهنده آن است که متغیرهای متناظر با هم رابطه­ای نداشته­اند. از میان 75/66 درصد پر شده­ی ماتریس، تعداد 106 رابطه یک بوده است یعنی عوامل رابطه­ی ضعیفی با هم داشته­اند، تعداد 107 رابطه دو بوده است یعنی عوامل رابطه متوسطی با هم داشته­اند و تعداد 54 رابطه سه بوده است و این بداین معنی است که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بین گویه­های مذکور زیاد بوده است. در کل تعداد 351 رابطه­ی غیر صفر و معنی‌دار در ماتریس مشاهده شده است. لازم به ذکر است که در این پژوهش بر اساس شاخص­های آماری با 2 بار چرخش داده­ای، ماتریس از مطلوبیت و بهینه­شدگی 100 درصد برخوردار بوده است که این نشان‌دهنده روایی بالای پرسشنامه و پاسخ­های آن است. همچنین وضعیت تحلیل کلی پراکندگی متغیرها مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری کالبدی مناطق کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله بیانگر وضعیت ناپایداری سیستم می­باشد زیرا ما دارای 5 نوع متغیر (الف- متغیرهای تأثیرگذار. ب- متغیرهای دووجهی. ج- متغیرهای تنظیمی. د- متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه سیستم. ه- متغیرهای مستقل) هستیم. در نهایت از میان 20 متغیر اولیه مؤثر در ارتقای تاب‌آوری کالبدی در کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله؛ 7 پیشران کلیدی. تراکم ساختمانی؛ فاصله از گسل؛ تراکم جمعیت؛ توپوگرافی؛ دسترسی به معابر اصلی؛ کیفیت ابنیه و بازسازی و بهسازی ساختمان­های ناپایدار به عنوان عوامل بسیار تأثیرگذار انتخاب شدند. این هفت پیشران کلیدی در دو دسته متغیرهای تأثیرگذار و دووجهی قرار می­گیرند.

در مقایسه با مطالعات پیشین، پژوهش حاضر از جهاتی دارای تمایزات بنیادین است که آن را از سایر تحقیقات مشابه متمایز می‌سازد. در حالی که اغلب پژوهش‌ها، از جمله مطالعه رضایی و همکاران (1394)، صرفاً به بررسی آسیب‌پذیری کالبدی با تأکید بر بافت‌های فرسوده و استفاده از شاخص‌های متعارف پرداخته‌اند، پژوهش حاضر با اتخاذ رویکرد آینده‌پژوهانه و بهره‌گیری از روش‌های دلفی و تحلیل ساختاری اثرات متقابل (MICMAC)، به شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله پرداخته و گامی فراتر از ارزیابی وضع موجود نهاده است. همچنین در مقایسه با پژوهش مشهدی و همکاران (1398) که تمرکز آن بیشتر بر ارزیابی وضعیت تاب‌آوری کالبدی در سطح محلات شهری با بهره‌گیری از روش AHP بود، مطالعه حاضر با نگاهی کلان‌نگر به سطح کلان‌شهر کرمانشاه، تلاش کرده است با ترسیم روابط میان متغیرهای مؤثر، مسیرهای آینده را شناسایی و پایه‌ای برای سناریونویسی در مراحل بعدی فراهم آورد. در حوزه مطالعات بین‌المللی نیز، مطالعه Parizi et al, 2022 عمدتاً به ابعاد کلی تاب‌آوری شهری مانند نهادی و زیست‌محیطی توجه دارد و به‌صورت محدود به بعد کالبدی پرداخته است. در حالی‌که پژوهش حاضر با تمرکز اختصاصی بر تاب‌آوری کالبدی، تلاش کرده است این مفهوم را در بستر محلی و با در نظر گرفتن ویژگی‌های لرزه‌خیزی، ساختار فضایی و شرایط خاص شهر کرمانشاه بومی‌سازی نماید. در مجموع، نوآوری پژوهش حاضر در تمرکز ویژه بر شناسایی پیشران‌های کلیدی کالبدی در مقیاس کلان‌شهر، با رویکرد آینده‌پژوهانه و به‌کارگیری تلفیقی از روش‌های کیفی و ساختاری است؛ رویکردی که زمینه را برای طراحی سناریوهای آینده و تدوین سیاست‌های مؤثر برای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی در برابر زلزله فراهم می‌سازد.

در نهایت با توجه به مطرح شدن این 7 پیشران کلیدی مؤثر در ارتقای تاب‌آوری کالبدی مناطق کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله موارد زیر پیشنهاد می­شود:

* کاهش تراکم ساختمانی در مناطق پرخطر: با توجه به رتبه اول «تراکم ساختمانی» در میان پیشران‌های مؤثر، لازم است سیاست‌های کنترلی برای جلوگیری از ساخت‌وسازهای متراکم در نواحی با لرزه‌خیزی بالا اجرا شود. همچنین، ضوابط ارتفاع ساختمان‌ها در پهنه‌های پر ریسک بازنگری گردد.
* ایجاد حریم گسلی و کنترل ساخت‌وساز در اطراف آن: «فاصله از گسل» به‌عنوان دومین عامل مهم، نیازمند تعیین دقیق حریم گسل‌های فعال و ممنوعیت یا محدودیت ساخت در این محدوده‌هاست. این اقدام موجب کاهش مستقیم آسیب‌پذیری کالبدی خواهد شد.
* مدیریت جمعیت و تراکم انسانی در نواحی حساس:«تراکم جمعیت» نیز از عوامل مهم است. توصیه می‌شود با اتخاذ سیاست‌های توزیع عادلانه خدمات و کنترل رشد جمعیتی، از تمرکز بیش‌ازحد جمعیت در مناطق پرخطر جلوگیری شود.
* توجه به شرایط توپوگرافی در برنامه‌ریزی توسعه شهری: مکان‌یابی کاربری‌ها و زیرساخت‌ها باید با در نظر گرفتن شیب زمین و خطرپذیری‌های طبیعی ناشی از آن انجام شود. ساخت‌وساز در دامنه‌های شیب‌دار نیاز به بررسی دقیق ژئوتکنیکی دارد.
* بهسازی و ارتقای دسترسی به معابر اصلی و راه‌های اضطراری: شبکه معابر باید طوری طراحی و تقویت شود که در زمان بحران امکان دسترسی سریع برای نیروهای امدادی فراهم باشد. ایجاد راه‌های جایگزین در محلات پرتراکم پیشنهاد می‌شود.
* بهسازی و نوسازی ابنیه کم‌دوام و فرسوده:ساختمان‌هایی با کیفیت پایین، به‌ویژه در بافت‌های قدیمی شهر، باید در اولویت طرح‌های نوسازی و مقاوم‌سازی قرار گیرند. مشارکت مردمی و تسهیل‌گری نهادهای محلی در این فرآیند مؤثر خواهد بود.
* تدوین برنامه جامع بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار: پیشنهاد می‌شود شهرداری و نهادهای مرتبط با همکاری دانشگاه‌ها و بخش خصوصی، یک برنامه عملیاتی برای بازسازی سازه‌های ناپایدار در محلات پرخطر تدوین و اجرا کنند.
* تجمیع قطعات با مساحت پایین (دویست مترمربع و کمتر) به خصوص در بافت­های فرسوده شهر کرمانشاه که تعدادشان زیاد می‌باشد، به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله زیرا هر چه قدر قطعات بزرگ‌تر باشد آسیب‌پذیری کمتر خواهد بود و برعکس.

**منابع:**

اسلامی، عاطفه، حسنی، نعمت. (1395). کاربرد آینده‌پژوهی در مدیریت ریسک زلزله با تقسیم دوره بازگشت به انواع آینده (مطالعه موردی: زلزله شهر ری)، دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره 6، شماره 1، صص: 58-47.

امیریان، سهراب. (1397). بررسی الگوی فضایی آسیب‌پذیری شهرها از زلزله و پیشنهاد الگوی بهینه (نمونه موردی: ‌شهر کرمانشاه)، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دوره 10، شماره 3، صص: 284-265.

بدرآذر، شیفته، حسین زاده دلیر، کریم، آذر، علی. (1400). ارزیابی پیشران‌های حیاتی مؤثر بر تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه در کلان‌شهرهای ایران (نمونه موردی: کلان‌شهر تبریز)، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، دوره 11، شماره 42، صص: 890-871.

پیوسته گر، یعقوب، جعفری، حمیده، مرادی، الهه. (1401). تبیین ابعاد تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر زلزله مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد پژوهی شهر یاسوج، فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره 13، شماره 51، صص: 88-73.

حسینی خواه، حسین، ضرابی، اصغر. (1399). کاربرد آینده‌پژوهی در برنامه‌ریزی پاسخ به بحران زلزله با رویکرد برنامه‌ریزی بر پایۀ سناریو (پژوهش موردی: شهرستان چرام استان کهگیلویه و بویراحمد)، نشریه جغرافیا و توسعه، دوره 18، شماره 60، صص: 84-59.

دلشاد، مهدیه، بحرانی، حمیدرضا، زارع، بهمن، کمالی، ماندانا، جعفری، معصومه. (1402). تبیین مدل آینده محور برنامه‌ریزی فضایی تاب­آور در برابر زلزله (SRPF) و تدقیق آن با روش فراتحلیل و FAHP، فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، دوره 4، شماره 1، 23-1.

رضایی، محمدرضا، رفیعیان، مجتبی، حسینی، سید مصطفی. (1394). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعۀ موردی: محله‌های شهر تهران)، پژوهشهای جغرافیای انسانی، دوره 47، شماره 4، صص 623-609.

زارعمند، زهرا. (1398). مدلسازی و پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از مدل تاپسیس فازی مورد مطالعه شهر کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی.

زالی، نادر. (1388). آینده‌نگری توسعه منطقه‌ای با رویکرد برنامه‌ریزی بر پایه سناریو (نمونه موردی: استان آذربایجان شرقی)، پایان‌نامه دکتری در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز.

سازمان آمار ایران. (1395). نتایج عمومی سرشماری نفوس و مسکن شهرستان کرمانشاه.

طالبیان، حامد، مولایی، محمدمهدی، قراری، فریما. (1396). تحلیل ساختاری به روش میک‌مک فازی در آینده‌نگاری راهبردی (مطالعه موردی آینده‌پژوهی ایران 1394)، آینده‌پژوهی ایران، دوره 2، شماره 1، صص: 104-75.

عطااللهی، فاطمه، دهنویه، رضا، آتشبهار، ام البنین. (1395). آینده‌پژوهی با استفاده از تکنیک پویش محیطی، مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی، دوره 16، شماره 5، صص: 7-9.

کمالی، ماندانا، طبیبیان، منوچهر، الهی، مسعود. (1400). تحلیلی بر تاب‌آوری کالبدی مساکن اجتماعی در برابر زلزله با استفاده از فن سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فازی غیر ساختاری (NSFDSS) نمونه موردی مسکن مهر زنجان، مطالعات مدیریت شهری، دوره 13، شماره 46، صص: 19-1.

کمری زاده، اسماعیل. (1395). ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهری (مطالعه موردی: کرمانشاه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش زلزله، دانشگاه رازی.

لطیفی، امین، زیاری، کرامت اله، نادری، سید مجید. (1400). تبیین مؤلفه‌های کلیدی افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در برابر زلزله با رویکرد تحلیل ساختاری (مطالعه موردی: منطقه 10)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره 10، شماره 1، صص: 182-161.

محمدی فر، یوسف، اعظمی، محسن، فیض آقایی، پریا. (1399). طراحی مدل بومی مدیریت بحران سوانح گسترده طبیعی (موردمطالعه: زلزله کرمانشاه)، دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره 10، شماره 2، صص: 176-163.

ملکی، سعید، رضوی، سیده معصومه، رمضان پور اسعدیه، خاطره. (1400). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری نواحی شهری در برابر زلزله (موردی: ناحیه غربی شهر ایذه)، فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره 12، شماره 47، صص: 202-187.

مهدوی، افسون، جلال‌آبادی، لیلا، مبشر، سارا. (1401). شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه پایدار منظومه‌های روستایی-شهری با تکنیک آینده‌پژوهی (مطالعه موردی: منظومه فهرج)، فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، دوره 3، شماره 3، صص: 22-1.

نعیمی، کیومرث، پورمحمدی، محمدرضا. (1395). شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر وضعیت آینده سکونتگاه‌های فرودست شهری سنندج با تأکید بر کاربرد آینده‌پژوهی، فصلنامه مطالعات شهری، دوره 5، شماره 20، صص: 64-53.

نوروزی، حسن، محمدی دوست، سید سلیمان، حسینی خواه، حسین، خانی زاده، محمد علی. (1398). شناسایی و ارزیابی پیشران‌های شگفت‌انگیز در تاب‌آوری کالبدی کاربری‌های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (مورد پژوهی: ناحیه یک شهر یاسوج)، فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره 10، شماره 36، صص: 46-33.

Aon plc. 2021. Weather, Climate & Catastrophe Insight 2020 Annual Report. Available online: <http://thoughtleadership.aon>. com/Documents/20210125-if-annual-cat-report.pdf (accessed on 18 March 2021).

Arcade, J., Godet, M., Francis, M., and Fabrice, R. 2008. Structural analysis with the MICMAC method & Actors' strategy with MACTOR method, Futures research methodology v2, AC/UNU Millennium project.

Aydin, N.Y., Duzgun, H.S., Wenzel, F., and Heinimann, H.R. 2018. Integration of stress testing with graph theory to assess the resilience of urban road networks under seismic hazards. Nat. Hazards, 91, 37–68.

Chen, J., Ma, H., Yang, S., Zhou, Z., Huang, J and Chen, L. 2023. Assessment of Urban Resilience and Detection of Impact Factors Based on Spatial Autocorrelation Analysis and Geo Detector Model: A Case of Hunan Province. ISPRS Int. J. Geo-Inf, 12, 1-29.

Deng, H and Liu, K. 2023. Spatiotemporal Evolution of Urban Resilience and Spatial Spillover Effects in Guangdong Province, China, Land, 12, 1-19.

Dong, L and Shan, J. 2013. A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 84, 85-99.‏

Gharakhlou, M. 2009, Crisis risk in urban slum, CAG, ETAVA, Canada, 25-31.

Godet, A. J., Meunier, M. F., and Roubelat, F. 2003. Structural analysis with the MICMAC method & actors' strategy with MACTOR method”, AC/UNU Millennium Project: Futures Research Methodology-V2., AC/UNU, Washington, DC.

Lantada, N., Pujades, L. G and Barbat, A. H. 2009. Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison. Natural Hazards, 51(3), 501.

Lizarralde, G., Chmutina, K., Bosher, L and Dainty, A. 2015. Sustainability and resilience in the built environment: The challenges of establishing a turquoise agenda in the UK. Sustain. Cities Soc, 15, 96–104.

Ludwig, L. and Starr. S. 2005. Library as place: results of a Delphi study, Journal of the Medical Library Association 93(3), 315-327.

Ma, X., Chen, X., Du, Y., Zhu, X., Dai, Y., Li, X., Zhang, R and Wang, Y. 2022. Evaluation of Urban Spatial Resilience and Its Influencing Factors: Case Study of the Harbin–Changchun Urban Agglomeration in China. 14, 1-18.

Mallick, S.K., Das, P., Maity, B., Rudra, S., Pramanik, M., Pradhan, B and Sahana, M. 2021. Understanding future urban growth, urban resilience and sustainable development of small cities using prediction-adaptation-resilience (PAR) approach. Sustain. Cities Soc. 74, 1-26.

Meerow, S., Newell, J.P., and Stults, M. 2016. Defining urban resilience: A review. Landsc. Urban Plan, 147, 38–49.

Parizi, S.M., Taleai, M., and Sharifi, A. A. 2022. GIS-Based Multi-Criteria Analysis Framework to Evaluate Urban Physical Resilience against Earthquakes. Sustainability, 14, 1-31.

Rezaei, H., Macioszek, E., Derakhshesh, P., Houshyar, H., E.; Bakhshi Lomer, A.R., Ghanbari, R and Esmailzadeh, A. A. 2023. Spatial Decision Support System for Modeling Urban Resilience to Natural Hazards. Sustainability, 15, 1-18.

Schütze, M., Robleto, G., León, C and Rodriguez, I. 2011. Modelling and scenario building of urban water and wastewater systems – Addressing water shortage in Lima. 12th International Conference on Urban Drainage, 11-16. Porto Alegre/Brasil.

Shojaei, M., Zare, M., Akasheh, B., Ostadtaghizadeh, A., and Dorostian, A. 2020. Evaluating the degree of physical resilience of Babol against earthqakes. Nexo Scientific Journal, 33(2), 239-258.

UNISDR. 2020. Making Cities Resilient Report 2012, Available online: <https://www.unisdr.org/files/28240_rcreport.pdf> (accessed on 10 September).

Wang, H., Cao, C., Ma, X and Ma, Y. 2023. Methods for Infectious Disease Risk Assessments in Megacities Using the Urban Resilience Theory, Sustainability, 15, 1-16.

Wang, X., Wang, L., Zhang, X and Fan, F. 2022. The spatiotemporal evolution of COVID-19 in China and its impact on urban economic resilience. China Econ. Rev, 74, 1-18.

Xiao, Y., Zhong, J., Wang, J., Zhang, L., Qian, X., Liu,W and Huang, H. 2023. Exploring the Coupling Coordination Relationship of Urban Resilience System in Ecologically Fragile Areas: Case Study of the Loess Plateau in China, Land, 12, 1-21.

Xu, H and Jiao, M. 2021. City size, industrial structure and urbanization quality-A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration in China. Land Use Policy, 111, 1-29.

Xu, H., Li, Y., Tan, Y and Deng, N. A. 2021. Scientometric Review of Urban Disaster Resilience Research. Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 1-27.

Zhang, X., and Li, H. 2018. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? Cities, 72, 141-148.

Zhao, R., Fang, C and Liu, H. 2020. Progress and prospect of urban resilience research, Progess Geogr, 39, 1717–1731.

**Identification and analysis of key drivers for improving physical resilience against earthquake risk (case study: Kermanshah metropolis)**

**Sohrab Amirian:** Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Tehran, Iran

**Mostafa Shahinifar**: Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Tehran, Iran

**Abstract**

Considering that it is not possible to prevent the occurrence of an earthquake or the time of its occurrence cannot be predicted, but with the help of the science of future studies, it is possible to prepare for an earthquake and provide solutions to deal with it or reduce its vulnerability. These solutions will increase initiatives and ideas for strengthening and resilience of the city against earthquakes. In this regard, the current research, using the future studies approach, identifies the most important effective factors and investigates the extent and how these factors affect each other and the promotion of physical resilience against the risk of earthquake in Kermanshah metropolis. The current research has analyzed the variables of physical resilience in Kermanshah metropolis by using the technique of cross-effects analysis, which is one of the common and accepted methods of future studies, and by using Micmac software. For this purpose, first, by studying the available documents, all the factors affecting physical resilience against earthquake risk were analyzed and investigated, and using the Delphi method, 20 variables were extracted as primary variables influencing the promotion of physical resilience against earthquake risk. The data was analyzed using the interaction/structural effects analysis method by Micmac software. The results of the research show that Kermanshah metropolis has an unstable system according to the dispersion of variables, and five categories (influential, bimodal, regulatory, influential and independent variables) can be identified in the dispersion plane. Finally, among the 20 identified variables, after examining the extent and how these variables affect each other and the future state of the physical resilience of Kermanshah metropolis with direct and indirect methods, 7 key factors were identified, respectively: building density; distance from the fault; population density; topography; access to main roads; The quality of buildings and the reconstruction and improvement of unstable buildings, which play the greatest role in improving physical resilience against the risk of earthquakes in Kermanshah metropolis. Following are suggestions based on these key drivers.

**Key words:** Physical resilience, earthquake risk, future studies, Kermanshah metropolis.

1. **. نویسنده مسئول** [s\_amirian@pnu.ac.ir](mailto:s_amirian@pnu.ac.ir) [↑](#footnote-ref-1)
2. . یک شرکت مشاوره مدیریت و خدمات حرفه ای بریتانیایی- آمریکایی است که طیف وسیعی از محصولات کاهش ریسک را ارائه می دهد. [↑](#footnote-ref-2)
3. . Sustainable Development Goals [↑](#footnote-ref-3)
4. International Council for Advocating Regional Sustainable Development (ICLEI) [↑](#footnote-ref-4)
5. . Holling [↑](#footnote-ref-5)
6. . Invironmental Scanning [↑](#footnote-ref-6)
7. . Cross-Impact Analysis [↑](#footnote-ref-7)