ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.228193.2187

واکاوی مفهوم تاب‌آوری فضایی-کالبدی در برابر زلزله، معرفی و اولویت‌بندی مهمترین معیارهای آن با استفاده از مدل Fuzzy-AHP، موردمطالعاتی: بافت مرکزی شهر رشت

مهدیه دلشاد[۱*] - منوچهر طبیبیان[۲] - سید محسن حبیبی[۳]**

۱. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
۲. استاد گروه شهرسازی، دانشکده شهرسازی پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۳. استاد گروه شهرسازی، دانشکده شهرسازی پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳ تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۹/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

چکیده

اهمیت شهرها به عنوان شکل غالب سکونت‌گاه‌های انسانی روشن است، از طرف دیگر میزان آسیب‌پذیری شهرها با وجود بلایای طبیعی اتفاق افتاده در سال‌های اخیر کشور رو به افزایش است. اکنون ما در زمانی قرار داریم که بازسازی‌های عمده بعد از چندین زلزله بزرگ را در پیش روی می‌بینیم. لذا انجام این بازسازی‌ها به گونه‌ای که شهرها در برابر زلزله احتمالی در آینده تاب‌آور باشند نیازمند یک جمع‌بندی از مهم‌ترین شاخص‌های مورد توجه می‌باشد. در این نوشتار ما با بررسی بافت مرکزی شهر رشت که شامل بازار سنتی شهر، مجموعه تاریخی شهرداری، پیاده‌راه فرهنگی اعلم‌الهدی و سبزه میدان می‌باشد، به دنبال پاسخ این پرسش‌ها هستیم که ۱. تاب‌آوری فضایی به چه معناست؟ ۲. شاخص‌های مهم برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی تاب‌آور در برابر زلزله کدامند؟ ۳. درجه اهمیت این شاخص‌ها چگونه است؟ و در این میان مهمترین نکات وابسته به پاسخ این پرسش‌ها بررسی می‌گردد. در این مقاله با انتخاب چهار دسته شاخص، ۲۰ معیار و ۳۵ زیرمعیار تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله و استفاده از مدل ترکیبی منطق Fuzzy و AHP میزان اهمیت شاخص‌ها و ترتیب اولویت معیارها و زیر معیارها مشخص می‌گردد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد از بین چهار دسته شاخص عمده تاب‌آوری کالبدی بافت مرکزی شهر رشت وضعیت فضاهای باز رتبه اول، از بین معیارهای مطرح شده، معیار ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی بالاترین امتیاز و در میان زیر معیارهای بررسی شده نیز فاصله تا نزدیکترین فضای باز بالاترین رتبه را به دست آورده است.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی، تاب‌آوری، فضا، کالبد، زلزله.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تبیین عوامل موثر بر برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور بافت مرکزی شهر رشت در برابر زلزله» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده اول و مشاور نویسنده دوم در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین در دست انجام است..

**E_mail: tabibian@ut.ac.ir

۱. بیان مسأله

شهرهای پیچیده امروزی با مسائل و مشکلات بی سابقه‌ای مواجه هستند. مسائلی که به دلیل تغییر ماهیت زندگی انسان معاصر و گسترش شهرنشینی به عنوان بزرگترین و جذاب‌ترین نوع سکونت در مقیاس خرد و تغییر اقلیم و محیط زیست در مقیاس کلان، در مجموع سبب ساز آشفتگی‌های فراوان و ناپایداری در سطح شهرها شده‌اند. به تعبیری دیگر ما همچنان در جستجوی تاب‌آور ساختن شهرهایمان به مطالعه و تلاش‌های عملی نیازمندیم. هدف عمده این نوشتار بررسی مفهوم تاب‌آوری و اولویت‌بندی معیارهای کالبدی آن در برابر خطر زلزله می‌باشد. اهمیت این موضوع با ذکر این مسئله که" ۵۰ درصد از شهرهای بزرگ جهان در نزدیکی گسل‌های فعال زلزله یا حوضه آبریز سیلاب‌ها قرار دارند"(حبیبی، پوراحمد، مشکینی، ۱۳۹۲) به خوبی روشن می‌گردد. از طرف دیگر موقعیت و ویژگی‌های اقلیمی و زمین‌شناختی سبب شده است ایران از جمله آسیب‌پذیرترین کشورهای دنیا محسوب شود؛ به طوری که بعد از ارمنستان بالاترین آسیب‌پذیری را در بین کشورهای جهان دارد و ۳۱ مورد از ۴۰ نوع بلایای طبیعی در ایران رخ داده است (زنگنه شهرکی زیاری، پوراکرمی،۱۳۹۴). بر طبق آمار موجود، ۹۰ درصد شهرهای کشور در برابر یک زلزله ۵,۵ ریشتری آسیب‌پذیرند(روستا، ابرهیم زاده، ایستگلدی، ۱۳۹۶). زلزله بارزترین مخاطره طبیعی با خسارات و هزینه‌های بسیار جانی و مالی است. در ایران، زلزله وجه غالب را در سوانح مختلف طبیعی تشکیل می‌دهد(UNDP, 2004, p.35). و هر سال حدود ۲۵۰ زلزله با بزرگای ۴ تا ۴,۹ ، ۲۵ زلزله با بزرگای ۵ تا ۵,۹ ، دو زلزله با بزرگای ۶ تا ۶,۹ و ۰/۲ زلزله با بزرگای ۷ تا ۷,۹ (هر ده سال حدود دو زلزله) رخ می‌دهد. با اینکه جمعیت ایران حدود یک درصد جمعیت دنیا می‌باشد ولی تلفات ناشی از زلزله در آن، شش درصد تلفات دنیا است (بهزادفر، ۱۳۹۱) این برآیند از وضعیت بالقوه خطرپذیر ایران، به ویژه در نقاط سکونت‌گاهی خطرناک و زلزله‌خیز را باید پذیرفت و همچنین باید توجه داشت که ما راهی جز تاب‌آور ساختن شهرهایمان که دائما در خطر یک زلزله احتمالی قرار دارند، نداریم. از طرف دیگر می‌دانیم که غالب مخاطرات شهری به خودی خود نتایج نامطلوبی در پی ندارند؛ آنچه از آن‌ها یک فاجعه می‌سازد، پیشگیری نکردن از تأثیرات و آمادگی نداشتن برای مقابله با عواقب آن است. یکی از ابعاد پر اهمیت تاب‌آوری، بعد فضایی کالبدی است که به عنوان محسوس‌ترین جنبه شهرسازی در کاهش اثرات زلزله می‌باشد. کالبد شهر از جمع‌بندی مهم‌ترین عناصر سازنده شهر اعم از ساختمان‌ها، شبکه راه‌ها، خدمات و تاسیسات زیرساختی و فضای باز شکل می‌گیرد. بنابراین تاب‌آوری شهرها در برابر حوادث طبیعی از جمله زلزله، تا حد زیادی وابسته به تاب‌آور بودن عناصر حیاتی بعد کالبدی شهرها می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده، تاکید این نوشتار به طور خاص بر بافت مرکزی شهر رشت می‌باشد. محدوده‌ای که نقطه کانونی در جذب و ارایه خدمات و کاربری‌های مهم اداری، تجاری و تاریخی شهر رشت می‌باشد. این منطقه دارای کاربری‌های واجد ارزش میراثی بوده و از این رو بافت ارزشمند تاریخی شهر رشت نیز محسوب می‌گردد. مهم‌ترین فضاهای کاربردی و تاریخی این بافت شامل مجموعه تاریخی شهرداری، پیاده راه فرهنگی، بازار و سبزه میدان می‌باشد. بافت مذکور علاوه بر این که واجد ارزش‌های نادر زیبایی شناختی و مهمترین مکان ایجاد و تداوم خاطرات جمعی و هویت بخشی شهر می‌باشد به عنوان قطب مهم فعالیت‌های تجاری، فرهنگی، خدماتی و تفریحی شهر نیز شناخته می‌شود. این بافت، مهم‌ترین و بزرگترین فضای عمومی شهر رشت را در خود دارد. از سوی دیگر بافت مرکزی شهرها به همان اندازه که ارزشمند و گران بها هستند، به دلیل قدمت و در اکثر موارد فرسودگی و فقدان تأسیسات و خدمات، در مقابل سوانح و بلایای طبیعی، به خصوص زلزله، ناپایدار و آسیب‌پذیرتر می‌باشند. ضمن این‌که به نظر می‌رسد آسیب‌های کالبدی- محتوایی در محدوده‌های ویژه‌ای از این بافت در حد آستانه‌ای خود قرار گرفته است. مشکلاتی از قبیل فرسودگی فضایی بازار، تراکم و فشردگی بافت، بی‌توجهی به مرمت مداوم ابنیه میراثی بافت، قدمت ابنیه فرهنگی مثل سینماهای محدوده، عرض نامناسب معابر و کوچه‌های بافت با توجه به ارتفاع جداره‌ها و به طور کلی راه‌های ناایمن در مواقع بحران تنها قسمتی از معضلاتی می‌باشد که تاب‌آوری کالبدی-فضایی محدوده را تحت تاثیر قرار داده است.

شکل ۱: محدوده مرکزی شهر رشت

(Jannat Pour et al., 2018)

در شهرهای تاب‌آور در برابر حوادث، برنامه‌ریزی و مدیریت حوادث به گونه‌ای است که حداقل تلفات انسانی و خسارات اقتصادی بر شهر تحمیل شود و حفاظت و حمایت‌های لازم از استمرار معیشت، زندگی و سلامت شهروندان صورت گیرد (ملکی آروین، بذرافکن، ۱۳۹۷). از این رو شناخت دقیق معیارها و اطلاع از درجه اهمیت آنها مهم‌ترین اقدام در راستای برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور در برابر زلزله می‌باشد. در این نوشتار ما بعد از تشریح معنای تاب‌آوری کالبدی-فضایی به بررسی شاخص‌های مهم برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور در برابر زلزله احتمالی شهر رشت پرداخته و در یک جمع‌بندی کامل، برای بهبود روند برنامه‌ریزی کالبدی در بافت مرکزی شهر رشت، رتبه‌بندی این معیارها مشخص می‌شود.

۲. پیشینه تحقیق

لار مارکوس و جوهان کولدینگ در سال ۲۰۱۴ با انتشار مقاله "به سمت یک نظریه یکپارچه ریخت‌شناسی فضایی و سیستم‌های شهری تاب‌آور" اولین گام در جهت توسعه یک حوزه پژوهشی جدید را با هدف ادغام علم تاب‌آوری و ریخت‌شناسی فضایی برداشتند که شامل بازنگری و درک مجدد معنای فرم شهری پایدار می‌شده است (Marcus & Colding, 2014) از دیگر سو مرکز مطالعات امنیت شهری ((CSS زوریخ ۲۰۱۵)) در پژوهشی جامع، به ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی پرداخته و شاخص‌های تاب‌آوری زیرساخت در مراحل قبل، بعد و حالت پیشرفته خطرپذیری در برابر سوانح طبیعی را معرفی نموده است که در مراحل قبل از وقوع: احتمال شکست، کیفیت زیرساخت، قابلیت زیرساخت پیش از رویداد، پایداری زیرساخت، وابستگی متقابل، کیفیت پاسخ در حین اختلال، کیفیت ارتباط و اطلاعات به اشتراک‌گذاری شده و امنیت زیرساخت به عنوان شاخص‌های ارزیابی مطرح شده‌اند که با استفاده از نظرات کارشناسان بوده و با وزن‌گذاری و اولویت‌بندی شاخص‌ها انجام شده است (Center for Security Studies (CSS), ETH Zurich, 2015). الن و همکاران در سال ۲۰۱۶ در مقاله‌ای تحت عنوان "طراحی برای تاب‌آوری" به طراحی ساختمان‌ها، شهرها و فضاهای باز اشاره می‌کنند؛ موضوعی که جوامع را قادر می‌سازد تا بهتر با خطرات و تهدیدات کنار بیایند. این مقاله به طور خاص به مقاومت در برابر خطرات زلزله اشاره دارد (Allen et al., 2016). از طرف دیگر نائوماکورتی و همکاران در مقاله" استراتژی‌هایی برای بهبود تاب‌آوری شهری در اروپا" در سال ۲۰۱۹، با معرفی شاخص‌های تاب‌آوری به طور عمده به این مطلب می‌پردازند که در حال حاضر روش‌ها و ابزارهای سنجش قابلیت تاب‌آوری کامل نیستند و ارتباط مناسبی میان آنها برقرار نیست. در این تحقیق بیان می‌شود که سیستم‌های زیربنایی حیاتی به شدت به یکدیگر متصل هستند و اختلال در یک زیرساخت ممکن است در سیستم‌های تکنولوژیکی سایر مناطق نیز اثر داشته باشد (Kourti, 2019). محمدی و پاشازاده(۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله مطالعه موردی شهر اردبیل، به دنبال سنجش میزان تاب‌آوری شهر در برابر خط زلزله‌های احتمالی شهر اردبیل می‌باشند. در این پژوهش در بخش کالبدی معیارهای دسترسی، حریم‌ها و کیفیت و تراکم ابنیه با مولفه‌های مهم مشخص شده در هرکدام مورد بررسی واقع گردید (محمدی و پاشازاده، ۱۳۹۶). همچنین روستا و همکاران در ۱۳۹۶ با انتشار مقاله‌ای با عنوان تحلیل تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله، مطالعه موردی بافت فرسوده شهر مرزی زاهدان، با بیان احتمال بالای خطر وقوع زلزله در این شهر، به بررسی مهمترین معیارهای کالبدی در این محدوده پرداخته است. مصالح ساختمانی، قدمت بالا، تعداد طبقات، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، دسترسی به فضای باز، کیفیت ابنیه و مساحت قطعات هشت معیاری است که در ناحیه مورد مطالعه پایش شده است. نتایج حاصل از تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان تاب‌آوری بافت فرسوده در برابر زلزله نامناسب است. نوع مصالح ساختمانی بیشترین درجه اهمیت و مساحت قطعات کمترین درجه اهمیت را در این پژوهش نشان داده‌اند (روستا و همکاران، ۱۳۹۶). در مقاله امین‌زاده و عادلی (۱۳۹۳) با عنوان سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در مواقع بروز بحران زلزله (مطالعه موردی: نواحی شهر قزوین) آسیب‌پذیری، مجموع سه عامل مقاومت کالبدی بافت، عدم امکان امدادرسانی و عدم توان بازگشت‌پذیری شهر پس از بحران اعلام شده است. این تحقیق بعد کالبدی را به عنوان محسوس‌ترین بعد در زمینه نقش شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در کاهش اثر زلزله، بدین شرح تقسیم می‌نماید: ساختار و بافت شهر، کاربری اراضی شهری، تأسیسات و زیرساخت‌های شهر(امین‌زاده و عادلی، ۱۳۹۳). مطالعه پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که اهمیت تاب‌آوری کالبدی به عنوان یک بعد اصلی و تاثیرگذار در برنامه‌ریزی شهری بر همگان روشن است، اما پرداختن به معرفی مهمترین مولفه‌های تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله به طور هم زمان و در یک تحقیق گسترده اتفاق نیفتاده است و هر محقق تلاش نموده تا جنبه‌های محدودی از تاب‌آوری کالبدی را در یک تحقیق بیان نماید. اما هدف اصلی این نوشتار بررسی و ارایه مهم‌ترین شاخص‌ها در این زمینه بوده و تلاش می‌شود از تمام جوانب به آن پرداخته شود. ضمن اینکه با توجه به این مطلب که برنامه‌ریزی شهری برای تاب‌آور ساختن یک شهر یا محدوده‌ای از یک شهر علاوه بر دانش فنی کافی، نیازمند صرف زمان بعضا طولانی می‌باشد. از این رو دومین هدف تحقیق بیان اولویت‌بندی شاخص‌های مطرح شده می‌باشد. تا برنامه‌ریز بتواند با علم به اهمیت هر کدام از موارد رسیدگی به آنها

را در برنامه زمانی خود بگنجاند.

۳. روش تحقیق و داده‌اندوزی

در نوشتار حاضر ضمن واکاوی مفهوم تاب‌آوری، مهم‌ترین معیارهای تاب‌آور ساختن یک فضای شهری از بعد فضایی-کالبدی در برابر زلزله با دیدگاهی اکتشافی بررسی می‌شود. هدف اصلی این پژوهش اولویت‌بندی عوامل موثر بر برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی تاب‌آور بافت مرکزی شهرها در برابر زلزله می‌باشد. در این راستا لازم است ابتدا به این پرسش که شاخص‌های مهم برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور کدامند، پاسخ داده شود. که این شاخص‌ها با توجه به مبانی نظری و مرور ادبیات تحقیق، نیازهای کاربردی امروز، ویژگی‌های شهرسازی ایران شناسایی و معرفی گردید. سپس ارائه یک رتبه‌بندی مناسب برای شاخص‌ها، معیارها و زیرمعیارهای معرفی شده می‌تواند درجه اهمیت هر کدام را مشخص نموده و ضمن پاسخ به پرسش دیگر تحقیق، کمک فراوانی به برنامه‌ریزان نماید تا بتوانند منابع در دسترس خود را در راستای ترتیب اهمیت شاخص‌ها برنامه‌ریزی نمایند. روش انجام این پژوهش از بعد ماهیت، کاربردی و از منظر شیوه تحقیق ترکیبی از روش های اسنادی، توصیفی و مبتنی بر مدل‌های کمی است. در این نوشتار از ترکیب دو مدل ریاضی مهم و پرکاربرد یعنی منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به منظور رتبه‌بندی شاخص‌ها استفاده شده است. این رتبه‌بندی با کمک نرم افزارAHP فازی و نظر نخبگان برجسته شهرسازی ایران انجام شده است. AHP یک روش برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین گزینه برای زمانی است که تصمیم گیرنده دارای معیارهای متعدد است و در آن ترجیح بین جایگزین‌ها به وسیله ساختارهای مقایسه زوجی تعیین می‌شوند. به این ترتیب شاخص‌های مهم استخراج شده با استفاده از روش AHP فازی وزن‌دهی و تعیین اهمیت می‌شوند. کلیه محاسبات در نرم افزار اکسل صورت می‌گیرد. تکنیک Fuzzy-AHP می‌تواند به عنوان یک روش تحلیلی پیشرفته در نظر گرفته شود که برگرفته از AHP سنتی بوده و در حل مسایل چند معیاره کمی و کیفی موفق‌تر عمل می‌نماید. در واقع مدل فازی یک سنتز ریاضی و یک شیوه جبری تصمیم‌گیری با مقیاس نسبی است. فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است، بدین معنی که سه یا تعداد بیشتری انتخاب در پاسخ به هر سؤال وجود دارد. در این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی، شاخص‌های مختلف و ضوابط و معیارهای چندگانه با ساختارهای چند سطحی اولویت دار برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف، یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد (کرمی، امیریان، ۱۳۹۷). روش AHP فازی این پژوهش به AHP فازی بهبود یافته (بسط یافته) و همچنینBuckley معروف است. که در آن برای مقایسه زوجی گزینه‌ها، از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و برتری‌ها از روش میانگین هندسی استفاده می‌شود. چرا که این روش به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و همچنین جواب یگانه‌ای برای ماتریس مقایسات زوجی تعیین می‌کند. در این روش شخص تصمیم گیرنده می‌تواند مقایسات زوجی المان های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (عیسوی و همکاران، ۱۳۹۱). به طور کلی مراحل این روش بدین گونه می‌باشد: ۱. تعیین شاخص‌ها، معیارها و زیر معیارهای پژوهش؛ ۲. بررسی نرخ سازگاری مقایسات فازی بعد از تکمیل پرسشنامه‌ها که تعیین می‌کند آیا این مقایسه زوجی به درستی انجام شده است یا خیر. در صورتی که عدد شاخص از ۰/۱ کمتر باشد می‌توان حاصل کار را خوب و وزن‌ها را قابل اعتماد دانست؛ ۳. ادغام ماتریس‌های مقایسات زوجی با استفاده از روش میانگین هندسی(هنگامی که از نظر چندین پاسخ دهنده استفاده می‌شود برای ادغام نظرات و تبدیل به یک ماتریس از روش میانگین هندسی استفاده می‌شود), ۴. بدست آوردن میانگین هندسی سطرها(این گام در واقع اولین گام روش بهبود یافته AHP فازی است)؛ ۵. ضرب میانگین هندسی سطرها در معکوس مجموع میانگین هندسی؛ ۶. دیفازی کردن وزن‌های فازی؛ ۷. نرمال کردن وزن معیارها با روش نرمال سازی خطی. نتایج این روند در غالب نمودارها و جداول آماری در ادامه آورده شده است.

۴. برنامه‌ریزی فضایی

برنامه‌ریزی یک فرآیند منطقی و سیستماتیک هدایت اقدامات عمومی و خصوصی و تاثیرگذاری در آینده با شناسایی و تحلیل جایگزین‌ها و نتایج است. برنامه‌ریزی فضایی نوعی برنامه‌ریزی مربوط به تنظیم فضای فیزیکی و هدایت فعالیت‌های آینده در آن بر اساس سازگاری و دیگر اصول پذیرفته شده است. برنامه‌ریزان در زمینه توزیع فضایی انواع کاربری زمین همچون حمل و نقل، مسکونی، درمانی، تجاری و صنعتی فعالیت می‌کنند(Ran & Budic, 2016). زمانی که از برنامه‌ریزی فضایی صحبت می‌کنیم هدف ما برنامه‌ریزی هر چیزی است که در کیفیت فضاهای سکونت‌گاهی انسان تاثیر گذار است، بنابراین برنامه‌ریزی فضایی می‌تواند در برگیرنده انواع برنامه‌ریزی‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و کالبدی باشد. چرا که مجموع این موارد در کنار هم به بهبود کیفیت یک فضا منجر می‌گردد. در تحقیق پیش رو، ملاک ما از برنامه‌ریزی فضایی، برنامه‌ریزی کالبدی فضایی بوده و ما به طور مستقیم شاخص‌های تاثیرگذار در کیفیت کالبدی فضاها را مورد واکاوی قرار می‌دهیم.

۵. تاب‌آوری

تاب‌آوری یک عبارت فراگیر و یک اصطلاح چند رشته‌ای

است که در زمینه‌های مختلف قابل تعریف و دارای ابعاد متنوعی می‌باشد. بنابراین تعاریف زیادی با درجه‌ای از اشتراک و همچنین ناسازگاری وجود دارد. برای مثال، مهندسی اغلب بر سرعتی که در آن سیستم بعد از تغییر مکان به تعادل باز می‌گردد، یا قابلیت ارتجاعی آن تاکید دارد در حالی که از سوی دیگر روانشناسی تاب‌آوری را به عنوان بالابردن ظرفیت برای بازگشت از سختی و ناملایمات معرفی می‌نماید. همچنین بنا بر ماهیت اصلی تاب‌آوری، یعنی جذب اختلال و هضم آن در خود قبل از تخریب عمده، می‌تواند در برنامه‌ریزی شهری هم به شکل یک هدف دیده شود و هم یک ابزار برای رسیدن به شهری مقاوم‌تر، مطلوب‌تر و با کیفیت زندگی بیشتر. در جدول ۱ برخی از این تعاریف آورده شده است.

جدول ۱: تعاریف تاب‌آوری

نویسنده / سال	تعریف
هالینگ[۱] و همکاران ۱۹۹۵	تاب‌آوری ظرفیت اضافی یا توانایی یک سامانه برای هضم مشکل است.
ملتی[۲] ۱۹۹۹	تاب‌آوری محلی بدین معناست که یک منطقه، بدون متحمل شدن ضررهای ویرانگر، خرابی، کم شدن بهره‌وری یا کیفیت زندگی و بدون گرفتن کمک زیاد از طرف جوامع خارجی، قادر به پایداری در برابر یک حادثه طبیعی بسیار بزرگ باشد.
پلینگ[۳] ۲۰۰۳	توانایی یک عامل برای برآمدن از عهده فشار یک خطر یا سازگارشدن با آن.
استراتژی بین‌المللی کاهش بلایای طبیعی سازمان ملل متحد ۲۰۰۵	ظرفیت یک سامانه، جامعه یا اجتماع در معرض خطرات برای سازگارشدن، مقاومت کردن یا تغییر دادن برای رسیدن به سطح قابل قبولی از عملیات و ساختار و ادامه آن. این موضوع به وسیله درجه ای که سامانه اجتماعی قادر به سازماندهی خودش است برای افزایش این ظرفیت، آموختن از بلایای گذشته، حفاظت آتی بهتر و بهبود ارزیابی های کاهش امکان خطر تعیین می‌شود.
استراتژی بین‌المللی کاهش بلایای طبیعی سازمان ملل متحد ۲۰۰۹	توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطر برای مقاومت، جذب، تطبیق و بهبود اثرات یک بحران به شیوه‌ای کارآمد و به موقع از جمله از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و کارکردهای ضروری خود.
موبرگ وسیمونسن[۴] ۲۰۱۱	توانایی کسب تجربه از شرایط بحرانی و استفاده بهینه از این تجارب در آینده یک اصل در تاب‌آوری است.
دآسکانیو[۵] ۲۰۱۶	اکنون تاب‌آوری شهری به عنوان مهارت یک جامعه برای پیشگیری و پرداختن به هرگونه مساله اجتماعی و زیست‌محیطی عمده از بلایای طبیعی و تاثیرات تغییر اقلیم گرفته تا فقر تعریف می‌شود. یک شهر زمانی به عنوان یک شهر تاب‌آور توصیف می‌شود که با ساخت پاسخ‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی جدید قادر به ایستادگی طولانی مدت در برابر تنش‌های محیط زیست و گذشت زمان می‌شود.
دورن[۶] ۲۰۱۷	تاب‌آوری الزاما یک روش برای بازگشت به حالت پیش از بحران نمی‌باشد و می‌تواند به عنوان فرصتی برای بهتر ساختن و رسیدن به یک وضعیت مطلوب‌تر باشد.
راس[۷] و همکاران ۲۰۱۸	یک رویکرد جدید مبتنی بر مهندسی، تاب‌آوری را به منظور بازیابی کارا و موثر به عنوان توانایی مقابله سیستم (توانایی مقاومت یا انطباق با شوک‌های خارجی)، همراه با آمادگی قبل از فاجعه و سازگاری اقدامات که می‌تواند به سرعت پس از فجایع گرفته شود، تعریف می‌کند.
نگنبورگ[۸] ۲۰۱۹	تاب‌آوری را ابزاری برای عادلانه ساختن تعریف نموده و معتقد است همواره به معنای جهش به عقب۹(حالت پیش از بحران) نبوده و می‌تواند در بسیاری از موارد به معنای جهش به جلو (رسیدن به یک وضعیت جدید مطلوب‌تر) باشد.

(Rus, 2018; Doorn, 2017; Nagenborg, 2019; D'Ascanio, 2016)

بررسی تعاریف متعددی که از این واژه موجود است، نشان می‌دهد تمام تعاریف با بیانی متفاوت اما با هدفی یکسان تاب‌آوری را با عوامل "زمان، پایداری و تجربه" مرتبط می‌دانند. منظور از "زمان" به عنوان معیار ارزیابی تاب‌آوری، زمانی است که برای بازیابی یا بازگشت به حالت نرمال طول می‌کشد. هر چه این دوره زمانی کوتاه‌تر باشد تاب‌آوری بیشتر خواهد بود. در واقع زمان انطباق‌پذیری و خودسازماندهی سیستمی که با یک فاجعه طبیعی مواجه شده است اصلی‌ترین معیار سنجش تاب‌آوری است. منظور از "پایداری" ظرفیت سیستم برای جذب و مقاومت

و ترمیم آسیب بدون نیاز به کمک عواملی خارج از سیستم است. در واقع یک سیستم تاب‌آور باید بتواند با جذب فشار دینامیکی، پویایی و ادامه عملکرد طبیعی خود را بعد از فاجعه تضمین نماید. "تجربه" نیز به معنای آموختن از گذشته برای آمادگی قبل از فاجعه و به عنوان بهترین راه رسیدن به تاب‌آوری مطرح می‌باشد. از طرف دیگر ارتباط بین تجربه و آموزش به عنوان یک عامل مهم پیشرفت تاب‌آوری در بسیاری از تعاریف مطرح گردیده است. نکته مهم دیگری که از تعاریف موجود استنباط می‌گردد ارتباط بین مفهوم آسیب‌پذیری و تاب‌آوری می‌باشد. یک ارتباط معکوس، بدین معنا که آسیب‌پذیری بالا منجر به تاب‌آوری پایین می‌شود. در واقع می‌توان با سنجش آسیب‌پذیری یک منطقه، میزان تاب‌آوری آن را ارزیابی نمود. مسئله مهم دیگری که تحقیق حاضر روی آن تاکید می‌کند برداشت معمول از عبارت تاب‌آوری است. برداشتی که تاب‌آوری را توانایی سیستم در بازگشت به وضعیت پیش از فاجعه بیان می‌نماید. در صورتی که مقاله حاضر فرض اصلی را بر این می گذارد که بازسازی شهر ضرورتا به معنی بازگشت به وضعیت پیش از حادثه نیست. با اینکه متون مختلف تاب‌آوری را به عنوان برگشت به عقب تعریف نموده‌اند، مواردی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد روند بازسازی تاب‌آور می‌تواند به عنوان فرصتی برای تغییر و تحول باشد. عبارتی که در تعاریف زیادی تکرار می‌شود: "فرصتی برای بهتر ساختن". نگنبورگ (۲۰۱۹) عنوان می‌کند این باور که تاب‌آوری به معنای جهش به حالت قبل از فاجعه است، همیشه نمی‌تواند درست باشد. گاهی اوقات تاب‌آوری به معنای جهش به حالتی جدید و مطلوب‌تر از وضعیت قبل از فاجعه می‌تواند باشد. در واقع گاهی مواردی درناحیه‌ای که فاجعه طبیعی رخ داده وجود دارد که ذاتا مشکل‌دار است. مثل حاشیه‌نشینی، تبعیض‌های اجتماعی و اقتصادی، عدم دسترسی به امکانات و ... که فاجعه طبیعی می‌تواند فرصت جدیدی را برای تغییر وضعیت در حین بازسازی به روی مدیران و برنامه‌ریزان بگشاید. وی با اشاره به اینکه ارتقاء تاب‌آوری و ترویج عدالت همیشه با یکدیگر همخوانی ندارد معتقد است که می‌توان از تاب‌آوری به عنوان ابزاری استفاده نمود که در راستای عادلانه ساختن به کار گرفته شود (Nagenborg, 2019). همچنین دورن[۹] (۲۰۱۷) می‌نویسد که ما از این ایده که شهرها باید به حالت پیش از بحران بازگردند، بارها متضرر شده‌ایم و ابراز امیدواری می‌کند که شهرها بتوانند بعد از یک بلای طبیعی، در یک جهش به جلو به یک وضعیت مطلوب‌تر برسند. به عنوان مثال، یک شهر ممکن است با ایجاد مراقبت‌های بهداشتی و آموزش بیشتر در دسترس برای بخش بزرگی از جمعیت، یا با ساختن امکانات جدید و یا بهبود سیستم حمل و نقل عادلانه‌تر بازسازی شود (Doorn, 2017). به طور کلی تاب‌آوری به عنوان میزان تخریب و زیانی که یک سیستم قادر است جذب کند بدون آن که از حالت تعادل خارج شود؛ میزان توانایی یک سیستم برای خود سازمان‌دهی در شرایط مختلف و میزان و توانایی سیستم در ایجاد و افزایش ظرفیت یادگیری و تقویت سازگاری با شرایط تعریف می‌شود.

۶. برنامه‌ریزی فضایی و تاب‌آوری

ماهیت برنامه‌ریزی فضایی تنظیم فعالیت‌های انسان در قلمرو مکانی و زمانی با هدف آینده‌نگری می‌باشد. از این رو می‌توان این گونه بیان کرد که هدف برنامه‌ریزی مقابله با تغییرات و تاب‌آور ساختن در برابر آن تغییرات می‌باشد که به صورت ناخواسته این امر در برنامه‌ریزی فضایی تعبیه شده است. هر چند برخی از مدل‌های برنامه‌ریزی در سطح ملی و منطقه‌ای با توجه به افزایش تاب‌آوریشان کارآمدتر می‌باشند (نوروزی، ۱۳۹۴). همچنین برنامه‌ریزی فضایی یک ابزار کلیدی برای ایجاد چارچوب بلند مدت و پایدار برای توسعه اقتصادی اجتماعی و سرزمینی است، به طور سنتی، آن در توزیع منابع فضایی و مدیریت متمرکز شده است و مهم‌ترین هدف آن توجه به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی منطقه و رسیدن به توسعه پایدار فضایی است (UNECEF, 2008). با توجه به اینکه هر شهری از شرایط، استعداد و نقاط ضعف خاصی برخوردار است و ویژگی‌های منحصر به فرد خود را دارا می‌باشد بنابراین نوع تاب‌آوری با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی، اقتصادی، فرهنگی و زیست محیطی آن با سایر شهرها متفاوت خواهد بود. از این رو برنامه‌ریزی فضایی نقش بسیار مهمی در بومی‌سازی تاب‌آوری شهری و بنابراین عملی نمودن دانش تاب‌آوری دارد. بنابراین در این پژوهش ما از شاخص‌های کالبدی تاب‌آوری استفاده می‌نماییم که بتواند مثل یک ابزار در دست برنامه‌ریزی فضایی در تمام مراحل فاجعه(پیشگیری، کاهش خطر، آمادگی، واکنش، بازیابی و توانبخشی) راهگشا و موثر عمل نماید.

۷. تاب‌آوری فضایی

چندین دهه پس از معرفی مفهوم تاب‌آوری، ایده تاب‌آوری فضایی مطرح شد. یکی از ابعاد پر اهمیت تاب‌آوری، بعد فضایی است که به ادامه حیات فضاهای شهری با حفظ هویتشان در طی تغییرات مختلف می‌پردازد (شیرانی و همکاران، ۱۳۹۶). تاب‌آوری فضایی به معنای تاب‌آوری یک مکان می‌باشد و به محیط و روابط انسان در آن محیط می‌پردازد. وقتی از فضای شهری صحبت می‌کنیم دو عامل مهم شکل‌دهی آن را نیز باید در نظر بگیریم (کالبد و فعالیت) و وقتی از تاب‌آوری فضایی حرف می‌زنیم، می‌دانیم که این دو عامل باید تاب‌آور باشند. هدف اصلی این نوشتار بعد کالبدی می‌باشد که در ادامه به تفصیل بیان می‌گردد.

۷. تاب‌آوری و زلزله

ایران به لحاظ شرایط جغرافیایی و زمین‌شناختی از جمله کشورهایی است که آسیب‌پذیری بسیار زیادی در برابر سوانح طبیعی دارد، به طوری که اسکاپ در گزارش سوانح مرتبط با مخاطرات تکتونیکی، ایران را جزو ده کشور اول دنیا و از حیث مرگ و میر ناشی از این مخاطرات، جایگاه ایران را بین رتبه اول تا سوم جهان ذکر می‌کند (غفاری، ۱۳۹۶)؛ همچنین گفته می‌شود که هیچ شهری در ایران در مقابله با زلزله آماده نیست (حبیب، ۱۳۸۳) شبکه شهری ناکارآمد، بافت‌های فرسوده و ساخت و سازهای فرسوده بسیار، توزیع نابسامان مراکز شهری، عدم سازماندهی مردمی و دولتی لازم در مراحل مختلف بحران تنها قسمتی از مواردی است که به عدم تاب‌آوری شهرهایمان در برابر زلزله منجر شده است. از سوی دیگر می‌توان گفت که زلزله نه تنها یک "بلا" نیست بلکه یکی از اجتناب ناپذیرترین وقایع طبیعی است که سبب می‌گردد نیروهای محبوس در پوسته زمین آزاد و مستهلک شوند و بستر حیات و فعالیت چند میلیارد ساله انسان آرامش درون را بازیافته و ایستایی خود را حفظ کند (طبیبیان و مظفری، ۱۳۹۷). حدود هفت میلیون انسان از ابتدای سده بیستم تاکنون در زمین لرزه‌های مختلف در دنیا کشته شده‌اند که حدود۱۲۰هزار نفر از این تعداد مربوط به آمار تلفات زلزله‌ها از ابتدای سده بیستم در ایران است (محمدی سرین دیزج، ۱۳۹۶) از طرف دیگر آمار نشان می‌دهد بین سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۷ ، بلایای طبیعی ۱/۳ میلیون نفر را کشته و ۴/۴ میلیارد نفر دیگر را تحت تاثیر قرار داد. خسارات مالی در این مدت ۲/۹ تریلیون دلار آمریکا بوده است. زمین‌لرزه‌ها هشت درصد از این بلایای جهانی را نمایندگی می‌کردند اما ۲۳ درصد از تلفات اقتصادی گزارش شده و به طور کلی تلفات بیشتری نسبت به سایر بلایای دیگر را به همراه داشته است. تأثیر زلزله در سطح جهان در حال افزایش است، با تخمین خسارت‌های مالی سالانه ۱۰ برابر می‌شود و تعداد افراد مبتلا هر سال از اواسط دهه ۱۹۸۰ تقریبا سه برابر می‌شود (Vinnel, 2019). بنابراین وقوع یک زلزله احتمالی می‌تواند علاوه بر خسارات کالبدی و مالی فراوان، خسارات جانی و اجتماعی قابل توجهی نیز به جا بگذارد. از این رو برنامه‌ریزی شهری می‌تواند به عنوان یک ابزار مهم با شناخت مهم‌ترین عوامل تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله و عملی ساختن راهکارهای تاب‌آوری کمک شایانی به شهرها و بافت‌هایش به انضمام محتوای معنا بخش آن، نماید. با توجه به مطالب بیان شده، در ادامه تاب‌آوری فضایی-کالبدی در برابر زلزله در دسته‌بندی مهم ساختمان، زیرساخت‌ها و فضای باز بررسی می‌گردد.

۷-۱- تاب‌آوری ساختمان‌ها در برابر زلزله

به طور کلی اگر شهرها را مجموعه پیچیده‌ای از ساختمان‌ها و افراد در نظر بگیریم می‌بینیم که قسمت اعظم تاب‌آوری یک شهر در برابر بحران و به خصوص خطر زلزله ارتباط مستقیم با ساختمان‌های آن دارد. تاب‌آوری یک ساختمان به طور مستقیم با میزان آسیب‌پذیری آن در ارتباط است. و مسئله آسیب‌پذیری بدون توجه به شرایط اقلیمی و روش‌های ساخت منطقه و قوانین مورد استفاده در نظام مهندسی ساختمان قابل بررسی نمی‌باشد. ضمن اینکه در بررسی تاب‌آوری ساختمان‌ها ضریب اهمیت ساختمان نیز موضوع مهمی می‌باشد. آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و تاب‌آوری آنها تحت تاثیر دو دسته عوامل درونی و بیرونی تقسیم‌بندی می‌گردد. عوامل درونی آن دسته از عواملی را شامل می‌شوند که علت آسیب‌پذیری به خود ساختمان بر می‌گردد مثل مساحت ساختمان، طبقات ساختمان، اسکلت ساختمان، قدمت ساختمان، مصالح ساختمانی، کیفیت بنا، اتصال بناها و فشردگی بافت، نوع طراحی ساختمان، پلان ساختمان، وزن ساختمان، تعداد واحد در ساختمان. با افزایش سطح ساخته شده به کل سطح زمین یا به فضای باز، آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان‌ها و غیر قابل استفاده شدن بافت ، افزایش می‌یابد. ضمن اینکه تفکیک اراضی در ابعاد کوچک، باعث خرد شدن فضاهای باز شده و در عمل از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناه‌گیری و ... کاسته می‌شود (شریف، ۱۳۹۱). بنابراین هرچه قطعات تفکیکی با توجه به نوع کاربری آن کوچکتر باشد، آسیب‌پذیری در برابر زلزله تقویت خواهد شد. از طرف دیگر دانه‌بندی بافت‌های شهری روی کارآمدی شبکه ارتباطی[۱۰] نیز اثرگذار خواهد بود. بدین صورت که هرچه دانه‌بندی بزرگتر باشد، درصد گره‌های ترافیکی و تعداد بن‌بست‌ها کمتر خواهد بود. و نفوذپذیری بافت کاهش می‌یابد. نحوه تفکیک قطعات بر عرض شبکه معابر، تراکم جمعیتی و درجه محصوریت نیز تاثیر مستقیم می‌گذارد. ضمن این‌که گفته می‌شود " هرچه سطح قطعات تفکیکی بیشتر باشد، آوار ناشی از تخریب ساختمان‌ها کمتر به ساختمان‌ها و معابر مجاور صدمه وارد می‌کند" این مطلب در اتصال بناها نیز صدق می‌کند، بدین صورت که بافت‌های در هم تنیده و همچنین سطح اشغال بالا، بیشترین آسیب را در زلزله می‌بینند، هر چه بافت ناحیه مورد بررسی ریزدانه‌تر باشد(قطعات با مساحت کمتر از ۲۰۰ مترمربع در ناحیه)، میزان آسیب‌پذیری افزایش خواهد یافت (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین قانون کلی درباره طراحی ساختمان این است که بعد از لرزش جزئی، ساختمان پس از مدت زمان کوتاهی قابل بهره‌برداری بوده و هزینه تعمیرات هم کم باشد. بعد از لرزش‌های متوسط، ساختمان بعد از تعمیر و مقاوم‌سازی اعضای آسیب‌دیده قابل بهره‌برداری خواهد بود؛ اما بعد از زلزله شدید ساختمان ممکن است دیگر عملکرد مورد نظر را نداشته باشد ولی ساختمان سرپا خواهد ایستاد تا مردم و اموالشان از داخل آن خارج شوند.

ضمن این که باید در فلسفه طراحی عواقب آسیب‌ها را هم در نظر داشته باشیم؛ مثلا ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها و ایستگاه‌های آتشنشانی نقش مهمی در فعالیت‌های بعد از زلزله ایفا می‌کنند و باید بلافاصله بعد از زلزله قابل بهره‌برداری بمانند. این سازه‌ها باید آسیب خیلی کمی متحمل شوند و برای مقاومت در برابر زلزله شدیدتری طراحی شوند (خلیلی، ۱۳۹۵، ۳-۴). درباره پلان ساختمان هم باید در نظر داشت که سازه‌های نامتقارن در مقابل زلزله عملکرد ضعیفی دارند. بنابراین ساختمان باید ترجیحا مربعی و با پلان متقارن ساخته شود (همان). از سویی دیگر، مشخصات سازه‌ای بنا، کیفیت ابنیه و عمر ساختمان(عمر مفید ساختمان در ایران ۳۰ سال برآورد شده است)، تعداد واحدهای ساختمانی مجزای درون هر قطعه، نوع مصالح ساختمانی، سطح اشغال و مسائلی از این دست، در میزان آسیب‌پذیری و تخریب و تلفات در شهرها اثر گذار هستند. مفاهیم قدمت ساختمان، تعداد واحد در ساختمان و تعداد طبقات(به طور متوسط یک سوم ارتفاع ساختمان در اثر ریزش، در معبر فرو می ریزد) با مفهوم آسیب‌پذیری رابطه عکس دارند. بدین ترتیب ساختمان‌های قدیمی، واحدهای بیشتر در طبقات و تعداد طبقات بیشتر(به دلیل تراکم بیشتر جمعیت در ساختمان) باعث شدت گرفتن آسیب‌پذیری در برابر زلزله می‌شوند. گفته شده است "هر چه سطح اشغال شده توسط ساختمان‌های مرمتی و تخریبی در ناحیه بیشتر باشد، ناحیه آسیب‌پذیرتر خواهد بود"(امین‌زاده و عادلی، ۱۳۹۳). مصالح بنایی، استفاده از آجر(به دلیل کمبود نرمی) و کیفیت پایین ساختمان‌ها نیز آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهند. عوامل بیرونی ساختمان به گروهی از عوامل گفته می‌شود که به طور غیر مستقیم روی تخریب ساختمان تاثیر می‌گذارند (شریف، ۱۳۹۱). از جمله تراکم جمعیت در ناحیه، جمعیت آسیب‌پذیر در ناحیه(مجموع جمعیت بالای ۶۵ سال، جمعیت زیر ده سال و تعداد معلولین ساکن در ناحیه)، عرض معابر، شیب منطقه، ساختار شهر، نوع کاربری‌های همجوار، مطلوبیت کاربری نسبت به محل قرارگیری، دوری از کاربری‌های خطرآفرین همچون پمپ بنزین و نزدیکی به کاربری‌های مناسب و امدادی نظیر مراکز مدیریت بحران و کاربری‌های درمانی. قرارگیری منطقی اجزای اصلی شهر و روابط منطقی بین آنها برای رسیدن به اهدافی خاص، ساختار شهر را ایجاد می‌کند که در میزان تعادل شهر و چگونگی رشد آن موثر است. در ساختار شهر رابطه بین اجزای تشکیل دهنده بسیار مهم تر از هریک از آن اجزا به تنهایی است (زرگر و همکاران، ۱۳۹۴). در واقع می‌توان اینطور بیان نمود که ساختار شهر به معنای توزیع فضایی عناصر، چگونگی کنار هم قرار گرفتن و ترکیب عناصر و عملکردهای اصلی است. گفته می‌شود که ساختار چند مرکزی بیش از ساختار تک مرکزی در برابر بلایای طبیعی مقاومت دارد. ضمن اینکه بافت منظم مقاومت بیشتری در مقابل بلایای طبیعی نسبت به بافت نامنظم دارد. همچنین درجه ایمنی بافت گسسته در برابر بلایای طبیعی بیش از درجه ایمنی بافت پیوسته است. هرچه الگوی قطعه‌بندی منظم‌تر (مربع و مستطیل) و دارای زوایای منفرجه کمتری باشد، آسیب‌پذیری کمتر خواهد بود. مساحت قطعه، تناسبات طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت (اختصاصی یا مشاع) در ضریب آسیب‌پذیری یا کارایی بافت مؤثر خواهند بود (امین‌زاده و عادلی، ۱۳۹۳). همچنین رعایت همجواری‌ها و توزیع کاربری‌ها می تواند آسیب‌پذیری را کاهش دهد. بعضی از کاربری‌ها در شهر، نقش بسیار حساسی در آسیب پذیری شهر در برابر بلایای طبیعی دارند. این کاربری‌ها به کاربری‌های ویژه معروف هستند و شامل مدرسه‌ها، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز امدادرسانی، مراکز مدیریت شهری، کارخانه‌ها و مخازن سوخت می‌باشند (بحرینی، ۱۳۷۵). درباره عرض و شیب معابر و تراکم جمعیت نیز می توان این طور بیان نمود که کم بودن عرض معابر و بالا بودن شیب آنها نیز آسیب‌پذیری را افزایش خواهد داد. بحرینی (۱۹۹۶) معتقد است تراکم مجموعه‌های زیستی به دلیل ارتباط مستقیم با تراکم جمعیتی، مبین حجم خسارات مالی و تلفات جانی در صورت وقوع زلزله و به تبع آن تشدید بحران است. رابطه بین تراکم جمعیتی با آثار زلزله پیچیده است. با استناد به روش استقرایی و استدلالی روشن است که تراکم جمعیتی هیچ گونه نقشی در شدت تخریب ندارد، بلکه اهمیت تراکم‌ها مربوط به بعد از رخ دادن تخریب است (طبیبان و مظفری، ۱۳۹۷).

۲-۷- تاب‌آوری زیرساخت‌ها در برابر زلزله

در سال‌های اخیر اهمیت حفاظت از زیرساخت‌ها و تاب‌آوری آنها پارادایمی قوی را شکل داده است. با وجود توسعه صنعتی، روند جهانی شدن و نام‌گذاری قرن ۲۱ به نام «قرن شهرها» تغییرات عمده‌ای در اقلیم رخ داده که نتیجه آن وارد شدن خسارات جبران ناپذیر به تاسیسات و زیرساخت‌های شهری بوده لذا حفاظت از زیر ساخت‌های شهری به عنوان یک اصل جدید به قانون برنامه‌ریزی فضایی اضافه شده است. به عنوان نمونه در کشور آلمان از سال ۲۰۰۸ این اصل به قانون برنامه‌ریزی فدرال آلمان اضافه شده است (Riegel, 2014). تاب‌آوری زیربنایی به تاب‌آوری تکنولوژیکی سیستم‌ها یا دارایی‌ها و تاب‌آوری سازمانی اشاره دارد، ضمن اینکه ویژگی‌ها و تاب‌آوری بستر اجتماعی آن را نیز در نظر می‌گیرد (Kourti et al., 2019). زیرساخت‌های شهری - آب، فاضلاب، انرژی، ارتباطات و سیستم‌های حمل و نقل - در واکنش اضطراری و بازیابی سریع جامعه و اقتصاد آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سیستم‌های حیاتی باید به

گونه‌ای طراحی شوند که در برابر زلزله تخریب نگردد و تلاش کنند با یک طراحی قدرتمند و سرمایه‌گذاری در زمینه اطلاعات خطر، ارتباطات استراتژیک، هماهنگی بین بخشی، استراتژی پاسخ و بهبود برنامه‌ریزی شده عمل نمایند (The World Bank, 2012). در جدول ۲ مهم‌ترین تاسیسات و زیر ساخت‌های شهری عنوان شده و نقش‌شان به تفکیک در تاب‌آوری در برابر زلزله نشان داده می‌شود.

جدول ۲: نقش تاسیسات شهری به تفکیک در تاب‌آوری در برابر زلزله

شرح	میزان استفاده	نقش کاربری هنگام زلزله	نقش کاربری در بازیابی جوامع
شبکه برق	-	برای امور ضروری و پزشکی مهم است	به منظور استفاده در بخش صنعت و ایمنی عمومی
شبکه آب	-	به منظور استفاده در آتش‌نشانی	رفع احتیاجات حیاتی
شبکه گاز	-	-	به منظور استفاده در صنعت و رفاه عمومی
فاضلاب و زهکشی	-	-	به منظور سلامت عمومی
خطوط تلفن	-	-	به منظور تجارت‌های مهم و اساسی
ایستگاه‌های رادیو و تلویزیون	-	به منظور اطلاع رسانی ضروری است	مهم
شبکه ارتباطی	میزان استفاده متغیر	به منظور امدادرسانی اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد	مهم
شبکه ریلی	نقاط تقاطع خطوط دارای میزان استفاده بالا	در صورت وارد نمودن تجهیزات سنگین ضروری است	مهم

(شریف نیا، ۱۳۹۱)

در صورتی که شبکه ارتباطی شهر بعد از وقوع زلزله آسیب نبیند و کارایی خود را حفظ کند، چـــون امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترســـی به مناطق امـــن فراهم خواهد بود و عبور و مرور وسائط نقلیه امدادی به راحتی صورت خواهد گرفت، از تلفات زلزله به میزان زیادی کاسته خواهد شد (بحرینی ،۱۳۷۵). به عنوان عنصری مجرد، نقش شبکه ارتباطی در آسیب‌پذیری شهر در برابر زمین‌لرزه را می‌توان با رجوع به مراحل مدیریت بحران در دو فاز ۱. زمان وقوع و بلافاصله بعد از آن و ۲. زمان بازگرداندن شهر به حالت عادی مورد نظر قرار داد. بر این اساس، در فاز اول، شبکه ارتباطی باید نقش‌های ذیل را با کیفیت مطلوب ایفا نماید:

- تامین دسترسی به فضاهای باز مناسب برای فرار از عوامل خطرزا و دسترسی به نقاط امن، امکان فرار و پناه‌گیری سریع و ایمن، تسهیل عملیات امداد و نجات پس از زمین‌لرزه، تسریع عملیات آواربرداری و پاکسازی.

علاوه بر موارد یاد شده، در ساعات شلوغ روز و به ویژه در نواحی مرکزی شهر، بسیاری از مردم در خیابان‌ها، پل‌ها و زیرگذرها و خارج از ساختمان‌ها، صدمه دیده و یا کشته می‌شوند و بدین ترتیب، آسیب‌پذیری معابر، در بالا بردن میزان آسیب‌پذیری نقش موثری بر عهده دارد. در مرحله بازگرداندن شهر به حالت عادی، شبکه ارتباطی نقش کلیدی در سفرهای بین محل کار و سکونت و حمل نقل کالا و تسریع عملیات عادی سازی بر دوش دارد (عزیزی و همافر، ۱۳۹۱). باید توجه داشت با افزایش سـطح بافت ارگانیک در ناحیه، آسیب‌پذیری ناحیه افزایش می‌یابد. همچنین از جمله دلایل گسترده شدن ابعاد زلزله عدم امدادرسانی به موقع ناشی از آسیب‌دیدگی معابر عنوان شده است. بنابراین نقش مسیرهای ارتباطی مانند خیابان‌ها و معابر به عنوان نقاط اتصالی و گریز در شهرها در مواقع بحران‌های طبیعی بسیار اساسی و مهم است. در مواقعی که کاربری‌های حاشیه این مسیرها دارای مقاومت نامناسب و فرسوده بوده این نقش بسیار جدی‌تر است، زیرا با آسیب‌های احتمالی موجب ریزش و بسته شدن این نقاط مواصلاتی شده و در فرایند امدادرسانی و گریز از نقاط بحران اختلال ایجاد می‌کند و مشکلات و خطرات جانی و مالی را در مواقع بحران دو چندان می‌نماید (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۹۴). از طرف دیگر آسیب دیدن تأسیسات زیربنایی نظیر شبکه‌های آب، برق، گاز می‌تواند خسارات ناشی از زلزله را در یک شهر به شدت افزایش دهد. مخازن گاز شهری باید به طور منطقی در سطح شهر، پراکنده شده باشند. اگر بخشـــی از سیستم گاز شهری آسیب

ببینند، به طور طبیعی مقداری گاز از آن نشت می‌کند، در نتیجه باید همـــه تجهیزات ضروری از قبیل سـوئیچ های انسداد گاز، کف آتشنشانی، شـــیرهای هیدرانت و سایر تجهیزات اطفا حریق و امداد آماده باشد. در صورت قطع برق بر اثر سانحه، امکان اتصال به شبکه‌های موازی و جایگزین فراهم شود. شبکه آب‌رسانی و توزیع آن در سطح شهر و همچنین شبکه جمع‌آوری فاضلاب نیز باید توسط یک سیستم مرکزی قابل کنترل باشد. ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی، نقش مهمی در افزایش مقاومت شهر در برابر بلایای طبیعی دارد. هر چه طول شبکه‌های زیرساختی شهر کمتر باشد، آسیب‌های وارده به آنها نیز کمتر خواهد بود (امین‌زاده، عادلی، ۱۳۹۳). الگوهای خیابانی نشان دهنده پایه‌ای برای زیرساخت‌های فنی دیگر است که معمولا در امتداد خیابان‌ها قرار دارد (Bozza et al., 2017). در واقع اهمیت اتصالات و اتصال کلی مهم‌تر از تاب‌آوری یک عنصر منفرد مطرح می‌باشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اولا توپولوژی شبکه زیرساخت‌های حمل و نقلی و قابلیت اطمینان ساختاری اجزای شبکه (یعنی جاده‌ها و پل‌ها) مهم‌ترین معیار آسیب‌پذیری راه‌ها می‌باشد و ثانیا زمانی بالاترین مقدار تاب‌آوری را خواهیم داشت که کم‌ترین شبکه‌های حلقه‌ای را داشته باشیم. از این رو به منظور افزایش تاب‌آوری شبکه، توصیه می‌شود که ساختار شبکه باید با افزودن دقیق از اتصالات زائد و اضافی، اتصالات مرکزی، مراکز ثانویه یا سوم و همانند تکمیل شود(Zhang, ,Wang, 2016., Soltani Sobh et al., 2016)) Zhang etal., 2015).

۳-۷- فضاهای باز و تاب‌آوری در برابر زلزله

نتایج تحلیلی که در سال ۲۰۱۹ درباره اجزای شهری به صورت انفرادی روی ۷۴۹۵ سند مکتوب مربوط به تاب‌آوری شهری انجام شد، نشان داد که تنها سه درصد این مقالات به مبحث مهم نقش فضاهای باز در تاب‌آوری پرداخته‌اند (کورن و راس، 2019). بنابراین بررسی و تحقیقات بیشتر درباره نقش این شاخص در تاب‌آوری کالبدی ضروری به نظر می‌رسد. در واقع فضای باز به عنوان یک عنصر بسیار مهم برای سیستم‌های شهری تاب‌آور در مرحله اضطراری و همچنین برای بازیابی سیستم شناخته شده است (Shrestha et al., 2018). پنج ویژگی اصلی یک سیستم شهری تاب‌آور عبارت اند از: (۱) ظرفیت ذخیره، (۲) انعطاف‌پذیری، (۳) شکست محدود یا ایمن، (۴) بازگشت سریع به جای اول و (۵) یادگیری دائمی. اهمیت فضاهای باز عمومی و ساختمان‌های عمومی به عنوان مکان پدافند غیرعامل برای واکنش اورژانسی(یعنی مرحله چهارم) به رسمیت شناخته شده است؛ با مراکزی که به سرعت در پارک‌ها و ساختمان‌های ورزشی یا عمومی تأسیس می‌شوند و یک الگوی شبکه‌ای از خیابان‌های شهر که یک شبکه انعطاف‌پذیر از مسیرهای جایگزین را فراهم می‌کند و به عنوان یک سیستم گسترده و تاب‌آور ظاهر می‌شود (Rus, 2019).

فضاهای باز شهری و نحوه توزیع آنها در سطح شهر، نقش بسیار مهمی در برابر بلایای طبیعی دارد. در رابطه با نقش فضاهای باز شهری می‌توان گفت که از عمده‌ترین عملکردهای فضاهای باز در هنگام بروز زلزله جدا ساختن یک منطقه دارای امکان وقوع از مناطق دیگر و جلوگیری از متمرکز کردن فعالیت نیروهای مخرب و توسعه زنجیره‌ای وقایع و اسکان جمعیت آسیب‌دیده است. منظـــور از فضاهـــای باز در این قســـمت، فضاهای ســـبز، بایـــر و حیاط ساختمان‌های عمومی و مدارس با مســـاحت بیش از ۵۰۰ متر مربع اســـت. هر چه سطح فضاهای بـــاز در ناحیه بیشتر باشد، آسیب‌پذیری ناحیه کمتر است (امین‌زاده، عادلی، ۱۳۹۳). شرستا[11] و همکاران در مطالعه‌ای نقش فضاهای باز در رابطه با تاب‌آوری در برابر زلزله را مورد بحث قرار داده‌اند. در این مطالعه نویسندگان به دنبال پاسخ این پرسش بودند که آیا درک فرد از خطر لرزه با میزان در دسترس بودن فضاهای باز، ویژگی‌ها و محدوده‌اش ارتباط دارد؟ در این مطالعه کیفیت (کاربری زمین، دسترسی به خدمات، مالکیت) و همچنین کمیت (به عنوان مثال تعداد، اندازه، تراکم ساخته شده اطراف) فضاهای باز مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت شاخص‌های متفاوت برای ارزیابی فضاهای باز سبز پیشنهاد شده است که می تواند با برخی اصلاحات، کمی سازی تاب‌آوری را در بر گیرد. فضای باز، از جمله سطوح ساخته شده، سبز و توسعه نیافته، به کیفیت زندگی شهری و عملکرد سیستم کمک می‌کند. این امر برای بازیابی سیستم مهم است، زیرا پس از یک فاجعه، می تواند جایگزین اتصالات حمل و نقل تخریب شده، ظرفیت اضافی برای پناهگاه‌های موقت و فضایی برای بازسازی ساختمان فراهم کند (Shrestha et al., 2018). همچنین استقرار بیمارستان سیار و جمع‌آوری کمک‌ها، مهار و مدیریت بحران از دیگر نقش‌های فضاهای باز در موقع زلزله می باشد. بنابراین این میزان و کیفیت فضاهای باز است که در صورت بروز بحران زلزله، می‌تواند به عنوان بازوی کمکی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های تخریب شده عمل نماید و از این رو فضای باز، نقش بسیار مهمی را در تاب‌آوری کالبدی یک فضا در برابر زلزله بازی می‌کند.

۸. معیارهای برنامه‌ریزی کالبدی تاب‌آور در برابر زلزله

بعد کالبدی تاب‌آوری به عنوان محسوس‌ترین جنبه شهرسازی در کاهش اثرات زلزله می‌باشد. فرم، شکل و کالبد شهر شامل عناصر مختلفی می‌شود که سازماندهی آنها از طریق برنامه‌ریزی و طراحی شهری صورت می‌گیرد. این بخش می‌تواند از طریق تقسیمات کالبدی شهر و نظام محله‌بندی، نظام شبکه ارتباطی و سلسله مراتب، مراکز

شهری، سطوح پر و خالی، بخش‌ها و محله‌ها، نشانه‌های شهری، نظام قطعه‌بندی و بلوک‌بندی، الگوهای مختلف بافت شهری، فضای باز شهری، تراکم‌های جمعیتی و ساختمانی، پراکنش کاربری‌ها و سرانجام جهت‌گیری گسترش و رشد پیاده شود (شریف نیا، ۱۳۹۱). در این نوشتار با توجه به اهداف خاص تحقیق و بررسی میدانی بافت مرکزی شهر رشت، معیارهای مرتبط با تاب‌آوری در چهار دسته کلی معیارهای مقاومت کالبدی، شبکه راه‌ها، وضعیت خدماتی و تاسیسات زیرساختی و وضعیت فضای باز تقسیم می‌گردد. و مهمترین معیارها و زیرمعیارهای این شاخص‌ها در جدول ۳ معرفی می گردد.

جدول ۳: معرفی شاخص‌های کالبدی تاب‌آوری در برابر زلزله

شاخص	معیار	زیرمعیار
مقاومت کالبدی	ترکیب توده و فضا	نسبت مساحت فضاهای ساخته شده به ساخته نشده
	نوع بافت	درصد بافت شطرنجی به اورگانیک محدوده نسبت قطعه‌بندی‌های منظم به نامنظم محدوده
	همجواری با کاربری‌های خطرآفرین	نسبت مساحت کاربری‌های خطر آفرین به کل مساحت محدوده
	تعداد طبقات مسکونی	نسبت ساختمان‌های دارای بیشتر از چهار طبقه به کل ساختمان‌های محله
	کیفیت واحدهای مسکونی	نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده امنیت ساختمان‌های با ضریب اهمیت بالا امنیت ساختمان‌های میراثی درصد ساختمان‌های با پلان مربع یا متقارن
	مصالح ساختمانی	نسبت قطعات ساخته شده با مصالح کم دوام به کل قطعات
	سطح اشغال واحدهای ساختمانی	نسبت قطعات ساخته شده با سطح اشغال بیشتر از ۷۵ درصد در محدوده نسبت به کل قطعات ساخته شده
	تراکم ابنیه	نسبت تعداد واحدهای ساختمانی به کل مساحت محدوده
	حفاظت و مرمت مستمر از ابنیه بازار و میراثی	نسبت تعداد واحدهای مرمت شده به کل واحدهای ارزشمند تاریخی محدوده
	وضعیت کاربری‌ها	مساحت مراکز عمده فعالیت‌های تجاری و اقتصادی در محدوده مساحت مخازن سوخت رسانی مساحت مراکز صنعتی و کاربری کارگاهی در ناحیه مساحت انبارهای مواد قابل اشتعال مساحت مدارس و دانشگاه‌ها
شبکه راه ها	سلسله مراتب دسترسی	نسبت میانگین عرض معابر به تراکم جمعیتی دانه‌بندی بافت شهری وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر
	امنیت معابر	نسبت ارتفاع جداره معبر به عرض معبر کیفیت ساختمان‌ها و ابنیه جداره معبر جنس مصالح و وضعیت کف معبر کاربری‌های موجود در جداره معبر قابلیت اطمینان اجزای شبکه(جاده و پل ها)
	نوع معبر	درصد معابر بن‌بست محدوده نسبت به کل مساحت معابر محدوده زوایای داخلی معبر طول معابر با عرض کمتر از شش متر نسبت به سطح محدوده
	وضعیت توپولوژی شبکه	شیب معابر

شاخص	معیار	زیرمعیار
وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی	ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر	فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه آتش‌نشانی فاصله تا نزدیک‌ترین بیمارستان فاصله تا نزدیک‌ترین درمانگاه و خانه بهداشت فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه پلیس و کلانتری میزان طول شبکه‌های زیرساختی شهر
	ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی شهر(گاز، آب، برق، فاضلاب) در برابر بلایای طبیعی	میزان استفاده از تجهیزات ضروری از قبیل سوییچ های انسداد گاز، کف آتشنشانی، شیرهای هیدرانت و سایر تجهیزات اطفا حریق و امداد در فضاهای عمومی محدوده امکان اتصال به شبکه‌های موازی و جایگزین فراهم در صورت قطع برق بر اثر سانحه وجود یک سیستم مرکزی آب و فاضلاب قابل کنترل
وضعیت فضای باز	فاصله از مراکز تهدید	فاصله محدوده از رودخانه‌ها و مسیل‌ها فاصله از گسل های زمینی فاصله از صنایع خطرناک
	توزیع فضای باز در محدوده	نحوه قرارگیری فضاهای باز نسبت به پراکنش جمعیت و ساختمان فاصله تا نزدیک‌ترین فضای باز
	مساحت فضای باز	نسبت مساحت فضاهای باز به کل مساحت محدوده درصد فضاهای باز بالاتر از ۵۰۰ مترمربع به کل محدوده
	امنیت فضاهای باز محدوده	کیفیت جداره مصنوع فضای باز موجود

۹. تجزیه و تحلیل نتایج

در این بخش به تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش پرداخته می‌شود هدف این پژوهش اولویت‌بندی عوامل موثر بر برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور در برابر زلزله می‌باشد برای دستیابی به این امر، شاخص‌های تاثیرگذار معرفی شده با استفاده از روش AHP فازی وزن‌دهی و تعیین اهمیت می‌شوند. کلیه محاسبات در نرم افزار اکسل صورت می‌گیرد. روش کار بدین صورت می‌باشد که ابتدا با استفاده از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش عوامل موثر بر برنامه‌ریزی فضایی تاب‌آور در برابر زلزله شناسایی شدند سپس طی پرسشنامه‌ای که در اختیار خبرگان قرار داده شد تا بر اساس طیف ۱ تا ۵ لیکرت به هر یک از معیارها امتیازی دهند سپس میانگین امتیازات هر شاخص محاسبه شد. در این میان میانگین امتیاز شاخصی که از عدد سه کمتر بوده حذف گردید. نتایج در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴: نتایج ارزیابی عوامل

معیار	میانگین امتیازات	وضعیت
ترکیب توده و فضا	۳.۶	تایید
نوع بافت	۴.۲	تایید
همجواری با کاربری‌های خطرآفرین	۳.۹	تایید
تعداد طبقات مسکونی	۳.۷	تایید
کیفیت واحدهای مسکونی	۳.۸	تایید
مصالح ساختمانی	۳.۸	تایید
سطح اشغال واحدهای ساختمانی	۳.۹	تایید
تراکم ابنیه	۳.۸	تایید
حفاظت و مرمت مستمر از ابنیه بازار و میراثی	۳.۹	تایید
وضعیت کاربری‌ها	۳.۱	تایید

معیار	میانگین امتیازات	وضعیت
سلسله مراتب دسترسی	۳.۳	تایید
امنیت معابر	۳.۵	تایید
نوع معبر	۳.۴	تایید
وضعیت توپولوژی شبکه	۳.۷	تایید
ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر	۳.۷	تایید
ایمن‌سازی شـــبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی	۳.۷	تایید
فاصله از مراکز تهدید	۴.۲	تایید
توزیع فضای باز در محدوده	۳.۳	تایید
مساحت فضای باز	۳.۴	تایید
امنیت فضاهای باز محدوده	۳.۴	تایید

بعد از پاسخگویی به مقایسات زوجی توسط خبرگان، نرخ ناسازگاری معیارها محاسبه شد که همگی از ۰.۱ کوچکتر بود (در مقایسات زوجی شاخص‌ها نرخ ناسازگاری برابر با ۰.۰۱، در مقایسات زوجی معیارهای مقاومت کالبدی نرخ ناسازگاری برابر با ۰.۰۳، در مقایسات زوجی معیارهای شبکه راه‌ها نرخ ناسازگاری عدد ۰.۰۱، در مقایسات زوجی معیارهای وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی نرخ ناسازگاری عدد ۰.۰۰۰ و در مقایسات زوجی معیارهای وضعیت فضاهای باز نرخ ناسازگاری عدد ۰.۰۴ بوده است) که نشان‌دهنده این است که ثبات و قابلیت اطمینان مقایسات زوجی در حد قابل قبولی است سپس با استفاده از روش میانگین هندسی پاسخ‌ها و در قالب مقایسات زوجی بررسی گردید. اوزان مقایسات زوجی نیز با استفاده از روش میانگین هندسی باکلی محاسبه شده است.

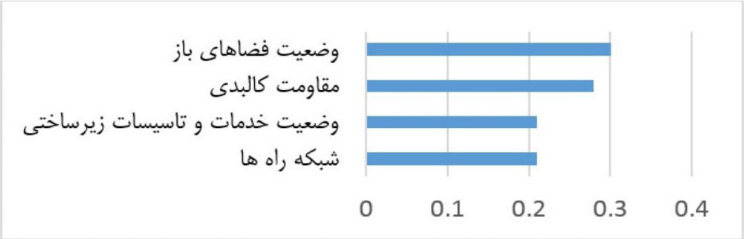
محاسبه وزن‌ها فازی و نرمال

در این گام ابتدا میانگین هندسی اعداد فازی هر معیار محاسبه $(\prod_{j=1}^{n} \tilde{P}_{ij})^{(1/n)}$ را از طریق رابطه می‌کنیم و سپس هر میانگین هندسی حاصل را بر مجموع میانگین‌های هندسی تقسیم می‌کنیم تا وزن فازی حاصل شود سپس هر وزن فازی را با استفاده از رابطه زیر

$$(l+2m+u)/4$$

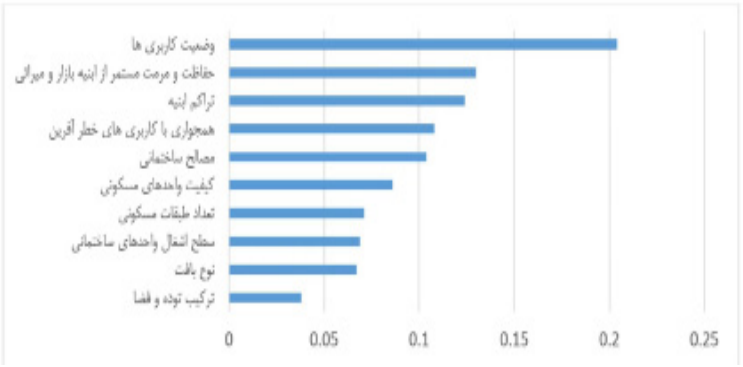
غیرفازی می‌کنیم و برای نرمال‌سازی هر وزن غیرفازی کافی است آن وزن را بر مجموع وزن‌های غیرفازی تقسیم کنیم.

شکل ۲ : وزن شاخص های اصلی



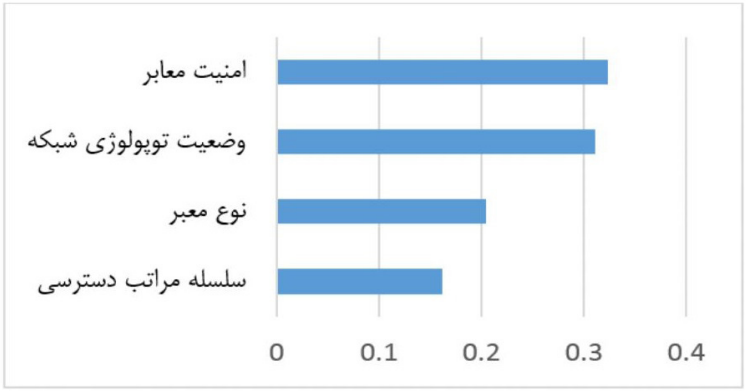
با توجه به شکل ۲، اولویت‌بندی شاخص‌های اصلی پژوهش بدین ترتیب می‌باشد؛ وضعیت فضاهای باز با وزن ۰.۳۰۱ رتبه اول را کسب کرده است. مقاومت کالبدی با وزن ۰.۲۷۹ رتبه دوم، معیار وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی با وزن ۰.۲۱۰ و معیار شبکه راه‌ها نیز با وزن ۰,۲۱ هر دو رتبه سوم را کسب کرده‌اند. به همین ترتیب برای دیگر مقایسات زوجی (معیارها و زیرمعیارها) نیز این محاسبات صورت می‌گیرد که نتایج آن به صورت نمودار در ادامه آورده شده است.

شکل۳: اوزان معیارهای مقاومت کالبدی

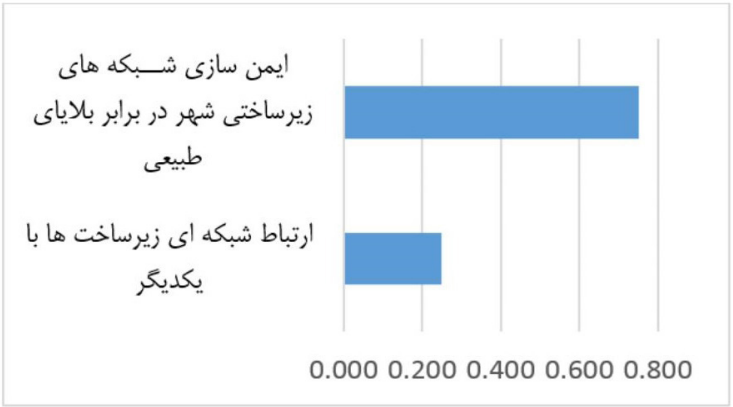


با توجه به شکل ۳، در بین معیارهای مقاومت کالبدی، وضعیت کاربری‌ها با وزن ۲۰۴. ۰ رتبه اول، حفاظت و مرمت مستمر از ابنیه بازار و میرایی با وزن ۰,۱۳۰ رتبه دوم، تراکم ابنیه با وزن ۱۲۴. ۰ رتبه سوم، همجواری با کاربری‌های خطرآفرین با وزن ۱۰۸. ۰ رتبه چهارم، مصالح ساختمانی با وزن ۱۰۴. ۰ رتبه پنجم، کیفیت واحدهای مسکونی با وزن ۰۸۶. ۰ رتبه ششم، تعداد طبقات مسکونی با وزن ۰۷۱. ۰ رتبه هفتم، سطح اشتغال واحدهای ساختمانی با وزن۰۶۹. ۰رتبه هشتم، نوع بافت با وزن ۰,۰۶۷ رتبه نهم و ترکیب توده و فضا با وزن ۰۳۸. ۰رتبه دهم را کسب کرده است.

شکل ۴: وزن معیارهای شبکه راه‌ها



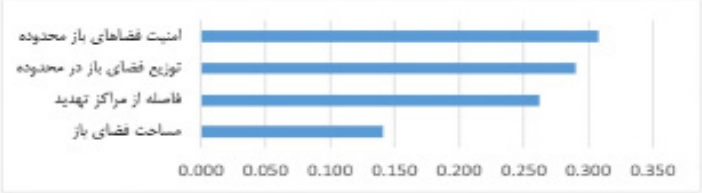
شکل۵: وزن معیارهای وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی



با توجه به شکل ۴، در بین معیارهای شبکه راه‌ها، امنیت معابر با وزن ۳۲۳. ۰ رتبه اول، وضعیت توپولوژی شبکه با وزن ۳۱۱. ۰ رتبه دوم، نوع معبر با وزن ۲۰۴. ۰ رتبه سوم، سلسله مراتب دسترسی با وزن ۱۶۲. ۰ رتبه چهارم را کسب کرده است. همچنین با توجه به شکل ۵، در بین معیارهای وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی، ایمن

سازی شبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی با وزن ۷۵۲. ۰ رتبه اول و ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر با وزن۲۴۸. ۰رتبه دوم را کسب کرده است.

شکل۶: اوزان معیارهای وضعیت فضاهای باز



با توجه به شکل ۶ در بین معیارهای وضعیت فضاهای باز، امنیت فضاهای باز محدوده با وزن ۳۰۸. ۰ رتبه اول، توزیع فضاهای باز در محدوده با وزن ۲۹۰. ۰ رتبه دوم، فاصله از مراکز تهدید با وزن ۲۶۲. ۰ رتبه سوم و مساحت فضای باز با وزن ۱۴۱. ۰ رتبه چهارم را کسب کرده است.

۱۱. رتبه‌بندی نهایی معیارها و زیرمعیارها

اوزان نهایی معیارها از ضرب وزن شاخص‌های اصلی در وزن نسبی معیارها حاصل می‌شود که در جدول ۵ آورده شده است. بر این اساس ایمن‌سازی شـــبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی رتبه اول را در بین تمامی معیارهای مورد مطالعه کسب کرده است. امنیت فضاهای باز محدوده رتبه دوم و توزیع فضای باز در محدوده رتبه سوم را کسب کرده است. به همین ترتیب سایر موارد در جدول ۵ مشخص می‌شود.

جدول ۵: وزن نهایی معیارها

رتبه	معیار	وزن نسبی معیار	وزن نهایی معیار
۱	ایمن‌سازی شـــبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی	۰ .۷۵۲	۰ .۱۵۷۹
۲	امنیت فضاهای باز محدوده	۰ .۳۰۸	۰ .۰۹۲۷
۳	توزیع فضای باز در محدوده	۰ .۲۹۰	۰ .۸۷۳
۴	فاصله از مراکز تهدید	۰ .۲۶۲	۰ .۰۷۸۹
۵	امنیت معابر	۰ .۳۲۳	۰ .۰۶۷۸
۶	وضعیت توپولوژی شبکه	۰ .۳۱۱	۰ .۰۶۵۳
۷	وضعیت کاربری‌ها	۰ .۲۰۴	۰ .۰۵۶۹
۸	ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر	۰ .۲۴۸	۰ .۰۵۲۱
۹	نوع معبر	۰ .۲۰۴	۰ .۰۴۲۸
۱۰	مساحت فضای باز	۰ .۱۴۱	۰ .۰۴۲۴
۱۱	حفاظت و مرمت مستمر از ابنیه بازار و میراثی	۰ .۱۳۰	۰ .۰۳۶۳
۱۲	تراکم ابنیه	۰ .۱۲۴	۰ .۰۳۴۶
۱۳	سلسله مراتب دسترسی	۰ .۱۶۲	۰ .۰۳۴۰
۱۴	همجواری با کاربری‌های خطرآفرین	۰ .۱۰۸	۰ .۰۳۰۱
۱۵	مصالح ساختمانی	۰ .۱۰۴	۰ .۰۲۹۰
۱۶	کیفیت واحدهای مسکونی	۰ .۰۸۶	۰ .۰۲۴۰
۱۷	تعداد طبقات مسکونی	۰ .۰۷۱	۰ .۰۱۹۸
۱۸	سطح اشغال واحدهای ساختمانی	۰ .۰۶۹	۰ .۰۱۹۳
۱۹	نوع بافت	۰ .۰۶۷	۰ .۰۱۸۷
۲۰	ترکیب توده و فضا	۰ .۰۳۸	۰ .۰۱۰۶

به طریق مشابه برای زیرمعیارها نیز مقایسات زوجی انجام گرفته است. از این رو مهم‌ترین زیرمعیارهای مورد بررسی نیز به ترتیب به شرح جدول ۶ می‌باشد. اطلاعات این جداول می‌تواند همانند یک چک لیست وضعیت تاب‌آوری کالبدی محدوده‌های شهری را در برابر زلزله‌های احتمالی مشخص نماید.

جدول ۶: رتبه‌بندی نهایی زیر معیارها

رتبه	زیر معیار	وزن نهایی
۱	فاصله تا نزدیک‌ترین فضای باز	۰.۰۴۴۸
۲	میزان استفاده از تجهیزات ضروری اطفا حریق و امداد در فضاهای عمومی محدوده	۰.۰۴۸۶
۳	امکان اتصال به شبکه‌های موازی و جایگزین فراهم در صورت قطع برق بر اثر سانحه	۰.۰۳۴۹
۴	فاصله از گسل‌های زمینی	۰.۰۳۳۳
۵	وجود یک سیستم مرکزی آب و فاضلاب قابل کنترل	۰.۰۲۵۷
۶	طول معابر با عرض کمتر از شش متر نسبت به سطح محدوده	۰.۰۲۴۸
۷	فاصله محدوده از رودخانه‌ها و مسیل‌ها	۰.۰۲۳
۸	فاصله از صنایع خطرناک	۰.۰۲۲۶
۹	نسبت مساحت فضاهای باز به کل مساحت محدوده	۰.۰۲۱۷
۱۰	کیفیت ساختمان‌ها و ابنیه جداره معبر	۰.۰۲۱۲
۱۱	درصد فضاهای باز بالاتر از ۵۰۰ مترمربع به کل محدوده	۰.۰۲۱
۱۲	قابلیت اطمینان اجزای شبکه	۰.۰۲۰۴
۱۳	فاصله تا نزدیکترین بیمارستان	۰.۰۱۸۸
۱۴	مساحت انبارهای مواد قابل اشتعال	۰.۰۱۸۱
۱۵	فاصله تا نزدیکترین ایستگاه آتش‌نشانی	۰.۰۱۶۶
۱۶	مساحت مخازن سوخت رسانی	۰.۰۱۴۵
۱۷	دانه‌بندی بافت شهری	۰.۰۱۳
۱۸	درصد معابر بن‌بست محدوده نسبت به کل مساحت معابر محدوده	۰.۰۱۲۴
۱۹	وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر	۰.۰۱۲
۲۰	نسبت قطعه‌بندی‌های منظم به نامنظم محدوده	۰.۰۱۱۹
۲۱	کاربری‌های موجود در جداره معبر	۰.۰۰۹۸
۲۲	مساحت مدارس و دانشگاه‌ها	۰.۰۰۹۲
۲۳	نسبت ارتفاع جداره معبر به عرض معبر	۰.۰۰۹۱
۲۴	امنیت ساختمان‌های با ضریب اهمیت بالا	۰.۰۰۹
۲۵	نسبت میانگین عرض معابر به تراکم جمعیتی	۰.۰۰۸۷
۲۶	مساحت مراکز عمده فعالیت های تجاری و اقتصادی	۰.۰۰۸۵
۲۷	جنس مصالح و وضعیت کف معبر	۰.۰۰۷۲
۲۸	فاصله تا نزدیکترین درمانگاه و خانه بهداشت	۰.۰۰۷۲
۲۹	امنیت ساختمان‌های میراثی	۰.۰۰۶۷
۳۰	مساحت مراکز صنعتی و کاربری کارگاهی در ناحیه	۰.۰۰۶۶

رتبه	زیر معیار	وزن نهایی
۳۱	میزان طول شـــبکه‌های زیرساختی شهر	۰.۰۰۶
۳۲	زوایای داخلی معبر	۰.۰۰۵۸
۳۳	نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده	۰.۰۰۵
۳۴	فاصله تا نزدیکترین ایستگاه پلیس و کلانتری	۰.۰۰۳۳
۳۵	درصد ساختمان‌های با پلان مربع یا متقارن	۰.۰۰۳

۱۲. نتیجه‌گیری

پژوهش‌های فراوانی درباره شاخص‌های مهمی که برنامه‌ریزی شهری باید در تاب‌آورساختن یک فضا بدان توجه داشته باشد انجام گردیده است. اما چنانچه که پیشتر نیز بیان گردید، تحقیقی که مهم‌ترین شاخص‌های فضایی-کالبدی تاب‌آوری در برابر زلزله را در یک جمع‌بندی سنجیده و آن را اولویت‌بندی نماید، انجام نشده است. بدیهی است که برنامه‌ریزی شهری بسته به ماهیت خود یعنی زمان بر بودن، بسیار نیازمند این مطلب است که اولویت دقیق شاخص‌ها را دانسته تا گام به گام در جهت اجرای آن ها به سمت تاب‌آور ساختن یک فضا حرکت نماید. این تحقیق ۲۰ معیار و ۳۵ زیرمعیار مهم تاب‌آوری فضایی-کالبدی را در چهار دسته کلی شاخص‌ها بررسی می‌نماید. این شاخص‌ها با توجه به وضعیت کنونی شهر رشت از اسناد و مدارک عملی و تحقیقاتی موجود جمع‌آوری شد. در واقع برای سنجش بعد فضایی-کالبدی تاب‌آوری در برابر زلزله، معیارها و به طبع آن زیرمعیارهای با اهمیت در چهار دسته کلی از شاخص‌های فضایی-کالبدی گنجانده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد از بین چهار دسته کلی شاخص‌ها اولویت در اهمیت‌شان بدین ترتیب است: اول وضعیت فضاهای باز، دوم مقاومت کالبدی و همچنین شاخص وضعیت خدمات و تاسیسات زیرساختی و شاخص شبکه راه‌ها نیز هر دو با یک درجه اهمیت در رتبه سوم قرار دارند. در میان معیارها نیز اولویت ترتیبی بدین صورت می‌باشد: ایمن‌سازی شـــبکه‌های زیرساختی شهر در برابر بلایای طبیعی، امنیت فضاهای باز محدوده، توزیع فضای باز در محدوده، فاصله از مراکز تهدید، امنیت معابر، وضعیت توپولوژی شبکه، وضعیت کاربری‌ها، ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر، نوع معبر، مساحت فضای باز، حفاظت و مرمت مستمر از ابنیه بازار و میراثی، تراکم ابنیه، سلسله مراتب دسترسی، همجواری با کاربری‌های خطرآفرین، مصالح ساختمانی، کیفیت واحدهای مسکونی، تعداد طبقات مسکونی، سطح اشغال واحدهای ساختمانی، نوع بافت، ترکیب توده و فضا. بنابراین برنامه‌ریزان می توانند با توجه به اولویت‌بندی مطرح شده به راهکارهای اجرایی بپردازند. از جمله به‌روزرسانی و بازسانی تجهیزات شهری، افزایش وسعت و توجه به پراکنش فضاهای باز با ابزار طراحی شهری، حفظ حریم و رعایت همجواری با کاربری‌های خطرناک، سیاست‌های کاهش تراکم، افزایش حدنصاب تفکیکی قطعات، نظارت شدید و بی قید و شرط نظام مهندسی به علاوه حمایت‌های دولتی برای مقاوم‌سازی، مرمت، احیا و نوسازی بافت‌های قدیمی ضروری به نظر می‌رسد.

پی نوشت

1. Holling et al.
2. Miletti
3. Pelling
4. Moberg and Simonsen
5. D’Ascanio
6. Doorn
7. Rus
8. Nagenborg
9. Doorn
11. Shrestha et al.

۱۰- شبکه ارتباطی کارآمد شبکه‌ای است که عرض بیشتری دارد، سطح آن نسبت به سطوح ساخته شده شهری بیشتر است، پل‌های کمتری دارد، با شبکه های خارج از شهر در ارتباط است، معابر آن مستقیم و پیچ و خم‌های کمتری دارد، ارتباط کاربری‌های حساس را به طور مستقیم برقرار می‌کند و امکان دسترسی به آن هرچه بیشتر فراهم است.

11. Shrestha et al.

منابع

- امین‌زاده، بهرام، و عادلی، زینب.(۱۳۹۳). سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در مواقع بروز بحران زلزله (مطالعه موردی: نواحی شهر قزوین). هویت شهر، ۸ (۰۲)، ۵- ۶۱. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=241950
- احدنژاد روشتی، محسن، روستایی، شهریور، و کاملی‌فر،محمدجواد.(۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران، مطالعه موردی: منطقه ۱ شهر تبریز. http://www.sepehr.org/article_15550_2305.html?lang=en
- بحرینی، سید حسین.(۱۳۷۵). برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌زده (نمونه شهرهای لوشان، منجیل، رودبار). تهران: بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- بهزادفر، مصطفی، و شایان‌نژاد، عباس.(۱۳۹۱). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ناشی از عامل دسترسی در هنگام وقوع زلزله (مطالعه موردی: محدوده مرکزی شهرداری منطقه ۶ تهران). نقش‌جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی، ۲ (۲)، ۷-۸۱. http:// ensani.ir/file/download/article/1599368836-10291-1-15.pdf
- حبیب، فرح.(۱۳۸۳). شکل شهر، زمین‌لرزه. هفت شهر، ۱ (۷۱)، ۴۷-۱۸.
- حبیبی، کیومرث، پور احمد، احمد، مشکینی، ابوالفضل، عسگری، علی، نظری عدلی، سعید. (۱۳۸۷). تعیین عوامل سازه‌ای/ ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC هنرهای‌زیبا، ۲۳، ۷۲-۶۳.
- خلیلی، علی‌اکبر.(۱۳۹۵). ساخت ساختمان مقاوم در برابر زلزله. مقالات تحلیلی آموزشی موسسه ۸۰۸، بازیابی شده در تاریخ ۵۱ شهریور ۸۹۳۱، از آدرس اینترنتی http://onlinecivilforum.com/site/index.php/14/09/2016/earthquake-resistent-building_Con-/struction
- عیسوی، وحید، کرمی، جلال، علی محمدی، عباس و نیک نژاد، سیدعلی.(۱۳۹۱). مقایسه دو روش تصمیم‌گیری AHP و FuzzyAhp در مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی در منطقه طالقان. علوم زمین، ۲۲ (۵۸)، صص ۴۳-۷۲. https://www.sid.ir/fa/journal/View-Paper.aspx?id=261081
- زرگر، اکبر، اهری، زهرا، و رازقی، فاتیما.(۱۳۹۴). تدوین چهارچوبی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری یک محله شهری در برابر زلزله، نمونه موردی: هرزه ویل، منجیل، گیلان. صفه، ۵۲ (۲)، ۸۱۱-۹۸. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=283700
- شریف‌نیا، فاطمه.(۱۳۹۱). برنامه‌ریزی کاربری زمین جهت ارتقای تاب‌آوری در برابر زلزله، نمونه موردی منطقه ۰۱ شهرداری تهران. استاد راهنما دکتر اسفندیار زبردست، استاد مشاور دکتر علی عسگری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس هنرهای‌زیبا، گروه شهرسازی.
- شیرانی، زهرا، پرتوی، پروین؛ و بهزادفر، مصطفی.(۱۳۹۶). تاب‌آوری فضایی بازارهای سنتی (موردپژوهی: بازار قیصریه اصفهان). باغ نظر، ۴۱ (۲۵)، ۸۵-۹۴. http://www.bagh-sj.com/jufile?ar_sfile=1025268&lang=en
- طبیبیان، منوچهر، و مظفری، نگین (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری (مطالعه موردی: منطقه شش شهرداری تهران). مطالعات شهری، ۷ (۷۲)، ۲۱۱-۳۹. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=480839
- عزیزی، محمدمهدی، و همافر، میلاد.(۱۳۹۱). آسیب‌شناسی لرزه‌ای معابر شهری(مطالعه موردی: محله کارمندان،کرج). هنرهای‌زیبا - معماری و شهرسازی، ۷۱ (۳)، ۵۱-۵. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=284680
- غفاری، عطا، پاشازاده، اصغر؛ و آقایی، واحد.(۱۳۹۶). سنجش و اولویت‌بندی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (نمونه موردی شهر اردبیل و مناطق چهارگانه آن). جغرافیا و مخاطرات محیطی، (۱۲)، ۵۴-۵۶. http://ensani.ir/file/download/article/20180314181629-9917-118.pdf
- کرمی، محمدرضا، و امیریان، سهراب.(۱۳۹۷). پهنه بندی آسیب‌پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل FuzzyAhp مطالعه موردی شهر تبریز. برنامه‌ریزی توسعه کالبدی ، ۵ (۰۱)،۱۱۰- ۴۲۱. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=753415
- محمدی سرین دیزج، مهدی، احدنژادروشتی، محسن، مرصوصی، نفیسه و عسگری، علی.(۱۳۹۶). ارزیابی میزان تاب‌آوری نواحی شهری با تاکید بر دسترسی به عناصر کالبدی حیاتی و مؤثر در برابر مخاطره زلزله، با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (Todim) مطالعه موردی: شهر زنجان. نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۹ (۴)، ۰۱۱-۹۸. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx-?id=334553
- محمدی، علیرضا، و پاشازاده، اصغر.(۱۳۹۶). سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله مطالعه موردی شهر اردبیل. پژوهش‌های دانش زمین، ۸ (۰۳)، ۶۲۱-۲۱۱. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=298672
- ملکی، سعید، آروین، محمود، و بذرافکن، شهرام.(۱۳۹۷). تحقق شهر تاب‌آور با به کارگیری رویکرد حکمروایی خوب شهری (مطالعه موردی: شهر اهواز). دانش شهرسازی، ۲ (۴)، ۱-۸۱.
- نوروزی، اکرم.(۱۳۹۴). نقش برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین در افزایش تاب‌آوری شهری. انجمن آمایش سرزمین ایران، بازیابی شده در تاریخ ۶۱ فروردین ۸۹، از آدرس اینترنتی http://www.amayeshiran.com/articles/125.
- Allen, L., Allen, P., Bryant, M., Becker, J., Johnston, D., Saunders, W.. https://www.nzsee.org.nz/wp-content/uploads/2020/06/NZSEE-2020-List-of-Papers_for-website.pdf
- Bozzaa, A., Domenico, A., Fulvio, P., Gaetano, M. (2017). Resilience Assessment of Historic Centres: Methodology and Applications, Safety, Reliability, Risk, Resilience and Sustainability of Structures and Infrastructure. 12th Int. Conf. on Structural Safety and Reliability, Vienna, Austria, 6–10 August 2017, Christian Bucher, Bruce R. Ellingwood, Dan M. Frangopol (Editors), link to this article: https://www.researchgate.net/publication/319087345.

- Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich, Commissioned by the Federal Office for Civil Protection (FOCP). (2015). Measuring Critical Infrastructure Resilience: Possible Indicators -RISK AND RESILIENCE REPORT9. Available at: www.css.ethz.ch.
- D'Ascanio, F., Di Ludovico, D., Di Ludovico, L. (2016). Design and urban shape for a resilience city. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 223, 764 – 769. https://www.researchgate.net/publication/305422752_Design_and_Urban_Shape_for_a_Resilient_City
- Doorn, N. (2017). Resilience indicators: Opportunities for including distributive justice concerns in disaster management. Journal of Risk Research, 20(6), 711–731, link to this article: http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2015.1100662.
- Holling, C. S. & Gunderson, L. H. (2002). Resilience and adaptive cycles. Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems, 25-62. link to this article: http://www.amazon.com/Panarchy-Understanding-Transformations-Natural Systems/dp/1559638575.
- Jannat Pour, N., Karimi azeri, A.R., Saffari, H.(2018). Simulations of urban pedestrians and pedestrian impact analysis on creating sense of belonging to place using space syntax method (Case study: Rasht urban pedestrian). Journal of Geography and Spatial Justice, 2 (1), 19-32. link to this article: http://journals.uma.ac.ir/article_646.html.
- Koren, D. Rus, K. (2019). The Potential of Open Space for Enhancing Urban Seismic Resilience: A literature Review. Sustainability, 11: 21. Link to this article: https://doi.org/10.3390/su11215942
- Kourti, N., Kempner, T., Marin Ferrer, M., Luoni, S., Antofie, T., Georgios, T., Negro, P., Giannopoulos, G., Galbusera, L., Krausmann, E., Girgin, S., Theocharidou, M.(2019). Strategies for improving Urban Resilience in Europe, 13th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP13 Seoul, South Korea, May 26-30.https://www.researchgate.net/publication/332682497_Strategies_for_improving_Urban_Resilience_in_Europe
- Marcus, L., & Colding, Johan. (2014). Toward an integrated theory of spatial morphology and resilient urban systems. journal of Ecology and Society, 19(4), 55-67, available at: http://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss4/art55/.
- Nagenborg, M. (2019). Urban resilience and distributive justice, Sustainable and Resilient Infrastructure. link to this article: https://doi.org/10.1080/23789689.2019.1607658.
- Resilient Cities - The Annual Global Forum on Urban Resilience and Adaptation. Based on the outcomes of the 9th Global Forum on Urban Resilience and Adaptation. (April 2018). Bonn, Germany, available at: https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/rc2018_report.pdf
- Riegel, Ch., (2014). Infrastructure resilience through regional spatial planning – prospects of a new legal principle in Germany. Int. J. Critical Infrastructures, 10 (1), link to this article: http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-011-0021-4
- Shrestha, S., Sliuzas, R., Kuffer, M. (2018). Open spaces and risk perception in post-earthquake Kathmandu city. Appl. Geogr., 93, 81–91, link to this article: http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.016.
- 17- Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., Scarlatos. P., Kaisar, E. (2016). Reliability based pre-positioning of recovery centers for resilient transportation infrastructure. Int. J. Disaster Risk Reduct, 19, 324–333, link to this article: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.09.004.
- UNDP, (2004). Reducing disaster risk, a challenge for development. A global report. New York, NY10017, USA: Bureau for Crisis Prevention and Recovery. https://www.unisdr.org/2005/wcdr/thematic-sessions/presentations/session2-5/undp-rdr.pdf
- Zhang, W, & Wang, N. (2016). Resilience-based risk mitigation for road networks, Struct. Saf. 62, 57–65, To link to this article: http://dx.doi.org/10.1016/j.strusafe.2016.06.003.
- 22- Zhang, X., Miller-Hooks, E., Denny, K. (2015). Assessing the role of network topology in transportation network. J. Transp. Geogr, 46, 35–45, link to this article: http://dx.doi.org/10. 1016/j.jtrangeo.2015.05.006.

نحوه ارجاع به این مقاله

دلشاد، مهدیه، طبیبیان، منوچهر، حبیبی، سیدمحسن(۱۴۰۰). واکاوی مفهوم تاب آوری فضایی- کالبدی در برابر زلزله، معرفی و اولویت بندی مهم‌ترین معیارهای آن با استفاده از مدل Fuzzy-AHP مورد مطالعاتی: بافت مرکزی شهر رشت، نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۴(۳۶)، ۲۰۴-۲۲۳.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.228193.2187

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_142365.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/