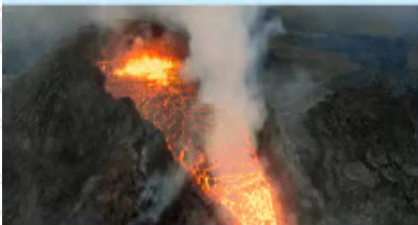
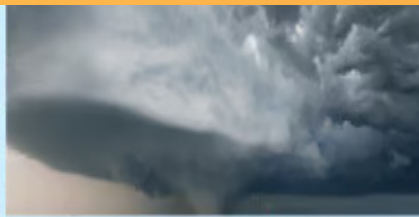


بررسی وضعیت آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی



لله الحمد لله الرحمن الرحيم

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۲/۱۵

شماره مسلسل: ۲۰۶۸۵

کد موضوعی: ۲۵۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

عنوان گزارش:

بررسی وضعیت آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی

نوع گزارش: طرح/ لایحه راهبردی نظارتی پیش‌نویس قانونی

نام دفتر:

مطالعات زیربنایی (گروه عمران و شهرسازی)

تهیه و تدوین‌کننده:

مهسا پایاب (گروه عمران و شهرسازی)

مدیر مطالعه:

علی فرنام

ناظران علمی:

محمدحسن معادی رودسری، حبیب‌اله ظفریان ریگی

اظهار نظرکنندگان داخل مرکز:

محمدحسین معاریان (دفتر مطالعات بخش عمومی)، توفیق حسین زاده (دفتر مطالعات اقتصادی)،
محمدامین گزار (دفتر مطالعات آموزش و فرهنگ)

گرافیک و صفحه‌آرایی:

حمیده سادات وفایی

ویراستار ادبی:

مهدیه قمچیلی

واژه‌های کلیدی:

۱. آسیب‌پذیری
۲. مخاطرات طبیعی
۳. خطرپذیری
۴. زیرساخت‌های حیاتی
۵. تاب‌آوری

تاریخ شروع مطالعه:

۱۴۰۳/۰۷/۰۱



فهرست مطالب

۷	چکیده.....
۸	خلاصه مدیریتی.....
۱۰	۱. مقدمه.....
۱۱	۲. پیشینه پژوهش.....
۱۱	۲-۱. سوابق مطالعاتی.....
۱۱	۲-۲. سوابق تقنینی.....
۱۲	۳. مفاهیم و تعاریف.....
۱۳	۳-۱. نظریه آسیب پذیری شهری.....
۱۴	۳-۲. رابطه آسیب پذیری با تاب آوری، سازگاری و خطر پذیری.....
۱۹	۳-۳. زیرساخت‌های کلیدی شهری.....
۲۱	۴. تجزیه و تحلیل آسیب پذیری، رویکردها و سطوح ارزیابی.....
۲۱	۴-۱. تجزیه و تحلیل آسیب پذیری.....
۲۱	۴-۲. رویکردهای ارزیابی آسیب پذیری.....
۲۲	۴-۳. سطوح ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌ها.....
۲۳	۵. معیارها و شاخص‌های مؤثر در آسیب پذیری شهری در برابر رخداد های طبیعی.....
۲۴	۵-۱. بُعد طبیعی و زیست محیطی.....
۲۶	۵-۲. بُعد کالبدی.....
۳۰	۵-۳. بُعد دسترسی.....
۳۱	۵-۴. بُعد زیرساختی.....
۳۲	۵-۵. سایر ابعاد آسیب پذیری.....
۳۳	۶. فرایند تحلیل آسیب پذیری بر مبنای وزن و اهمیت شاخص‌ها.....
۴۰	۷. ارائه راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش آسیب پذیری در برابر مخاطرات طبیعی.....
۴۰	۷-۱. راهکارهای بُعد محیطی.....
۴۱	۷-۲. راهکارهای بُعد کالبدی.....
۴۱	۷-۳. راهکارهای بُعد دسترسی.....
۴۲	۷-۴. راهکارهای بُعد زیرساختی.....
۴۲	۷-۵. سایر راهکارها.....
۴۲	۸. جمع بندی و نتیجه گیری.....
۴۳	منابع و مآخذ.....

فهرست اشکال

- شکل ۱. برخی تفاوت‌های بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری^۱ ۱۶
- شکل ۲. ارتباط بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری ۱۷
- شکل ۳. ارتباط مفهومی بین آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و سازگاری ۱۸
- شکل ۴. فرایند خطرپذیری ۱۹
- شکل ۵. زیرساخت‌های شهری براساس سند راهبردی پدافند کشور ۲۰
- شکل ۶. معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری براساس سند راهبردی ملی مدیریت بحران کشور ۲۴

فهرست جداول

- جدول ۱. اهم سوابق تقنینی مرتبط با موضوع ۱۲
- جدول ۲. مهم‌ترین تعاریف آسیب‌پذیری در منابع بین‌المللی ۱۳
- جدول ۳. ابعاد و معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی ۳۴



بررسی وضعیت آسیب پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی آسیب پذیری شهری در برابر مخاطرات طبیعی به تحلیل عوامل مؤثر بر کاهش یا تشدید آسیب پذیری در ابعاد مختلف و امتیازدهی براساس وضعیت معیارهای ذیل هر بُعد و همچنین ارائه راهکارهای کاهش آسیب پذیری پرداخته است. امروزه با گسترش شهرنشینی و تمرکز جمعیت در مناطق شهری احتمال وقوع خسارت‌های گسترده ناشی از مخاطرات طبیعی مانند زلزله، سیل، آتش سوزی، فرونشست و... افزایش یافته است. این وضعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، که از لحاظ جغرافیایی نیز در معرض تهدیدهای گسترده‌ای قرار دارد، بحرانی تر است. عوامل مختلفی از جمله مؤلفه‌های شهرسازی، مشخصات منطقه‌ای، وضعیت زیرساخت‌ها، سطح دسترسی و شرایط اجتماعی و اقتصادی به طور مستقیم در میزان آسیب پذیری شهرها تأثیر گذارند. براساس نتایج این پژوهش، ابعاد کالبدی، محیطی، زیرساختی و دسترسی به دلیل تأثیر مستقیم بر شدت و گستردگی آسیب ناشی از مخاطرات از اهمیت بیشتری برخوردارند. هر یک از ابعاد آسیب پذیری در برگیرنده زیرمعیارهایی هستند که برای سنجش دقیق تر میزان آسیب پذیری باید بررسی و امتیازدهی شوند. به این ترتیب می توان ارزیابی کلی آسیب پذیری را با استفاده از روش‌های تحلیلی و وزن دهی انجام شده محقق کرد. این رویکرد امکان شناسایی دقیق تر نقاط ضعف شهری را فراهم کرده و به برنامه ریزان و مدیران شهری ابزارهای کاربردی برای طراحی و اجرای راهبردهای کاهش خطر و افزایش پایداری شهری ارائه می دهد. افزایش تاب آوری شهری منوط به شناسایی دقیق ابعاد مختلف آسیب پذیری، تدوین سیاست‌های عملیاتی و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه است. بدین منظور مجموعه‌ای از راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش آسیب پذیری با هدف بهبود وضعیت مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی ارائه شده است.



خلاصه مدیریتی



بیان / شرح مسئله

تحلیل آسیب‌پذیری شهری به معنای ارزیابی میزان خسارت‌های وارده به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی در برابر بلایای طبیعی شامل پیش‌بینی شدت و میزان خسارت وارده به عناصر مختلف شهری در صورت وقوع حوادث با شدت مشخص می‌شود. فرایند تحلیل آسیب‌پذیری با برآورد احتمال خسارت‌های جانی و مالی می‌تواند به ارائه راهکارهایی برای کاهش آسیب‌ها و کاهش آثار منفی ناشی از سوانح طبیعی منجر شود. عواملی از جمله قرارگیری شهرها بر روی گسل‌های فعال، تمرکز جمعیتی بالا، عدم رعایت ضوابط و مقررات ساخت، گسترش ساخت‌وسازهای غیرمجاز و بلندمرتبه‌سازی‌های غیراصولی، آسیب‌پذیری شهری را تشدید می‌کنند. در عین حال، وجود فضاهای باز، مراکز خدمات امداد و نجات، زیرساخت‌های ارتباطی مناسب و آموزش‌های عمومی می‌توانند به‌طور قابل توجهی در کاهش خسارات ناشی از سوانح و تسریع روند امداد رسانی اثربخش باشند.

زیرساخت شهری یک دارایی، سیستم یا بخشی از آن بوده که در یک منطقه شهری قرار دارد و برای حفظ عملکردهای حیاتی جامعه از جمله بهداشت، ایمنی، امنیت، رفاه اقتصادی یا اجتماعی مردم ضروری است. ایجاد اختلال یا تخریب این زیرساخت‌ها می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر عملکرد منطقه شهری داشته باشد. آسیب‌های محیط شهری را می‌توان براساس رفتار به دو دسته اصلی آسیب‌های سازهای (شامل تخریب ابنیه، تأسیسات و زیرساخت‌های شهری با درجات مختلف) و آسیب‌های غیرسازهای (شامل صدمات انسانی، محیطی و بهداشتی) تقسیم کرد. ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود در واقع نوعی پیش‌بینی خسارت‌دیدگی آنها در مقابل رخداد‌های احتمالی است. دامنه خساراتی که یک سانحه ایجاد می‌کند به عوامل زیادی از جمله زیرساخت‌های شهری بستگی دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه با تمرکز جمعیتی بالا، یک سانحه طبیعی ممکن است به فاجعه منجر شود.

برای درک بهتر آسیب‌پذیری شهری باید توجه کرد که این مسئله تنها به جنبه‌های کالبدی و فیزیکی محدود نیست، بلکه ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حتی سیاسی نیز نقش بسزایی در آن دارند. به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، جایی که بافت‌های شهری اغلب با چالش‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی روبه‌رو هستند، آسیب‌پذیری نه تنها از مخاطرات طبیعی بلکه از ضعف زیرساخت‌ها و نهادهای مدیریتی نیز ناشی می‌شود. تحلیل جامع و دقیق آسیب‌پذیری، علاوه بر شناسایی این تهدیدها، زمینه لازم برای طراحی و اجرای برنامه‌های مقاوم‌سازی، کاهش ریسک و بهبود تاب‌آوری شهری را فراهم می‌آورد و به ساخت شهرهایی امن‌تر و مقاوم‌تر در برابر بلایای طبیعی کمک می‌کند.

نقطه نظرات / یافته‌های کلیدی

ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا می‌تواند به کاهش قابل توجه آسیب‌ها و پیامدهای بحران‌ها کمک کند. توصیف و تحلیل آسیب‌پذیری دارایی‌های فیزیکی حیاتی در کشور، چارچوبی برای مدیریت انواع مخاطرات فراهم می‌کند. لذا ضروری است که یک الگوی مناسب برای ارزیابی حوادث، آسیب‌پذیری و خطرپذیری مطابق با شرایط موجود طراحی شود. برای ارتقای تاب‌آوری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، پیش از هر چیز، تجزیه و تحلیل دقیق میزان آسیب‌پذیری ضروری است. با این حال، رسیدن به آسیب‌پذیری صفر در عمل امکان‌پذیر نیست زیرا پایداری مطلق در دنیای واقعی وجود ندارد. بنابراین، آسیب‌پذیری به‌عنوان ضعف‌های زیرساخت‌ها و بناها در برابر مخاطرات مختلف شناخته می‌شود. تجزیه و تحلیل دقیق این آسیب‌پذیری‌ها، اطلاعات کلیدی برای رفع خلأهای تاب‌آوری فراهم می‌کند. شناسایی آسیب‌های قبلی، بررسی و ارزیابی و در نهایت برآورد و کمی‌سازی سه مرحله اصلی فرایند تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات است.

ارزیابی آسیب‌پذیری شهری را می‌توان از دو منظر مختلف مورد بررسی قرار داد. یکی از این رویکردها تقسیم‌بندی براساس کمی یا کیفی بودن آسیب‌پذیری و رویکرد دیگر، تحلیل آسیب‌پذیری‌ها براساس دوروش سناریومحور و دارایی‌محور است. همچنین، ارزیابی آسیب‌پذیری شهری

را می‌توان با توجه به دسترسی به داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز و استفاده از روش‌ها و مدل‌های تحلیل موجود، در سه سطح کلان (مقیاس‌های بزرگ مانند بلوک‌های آماری، مناطق و نواحی شهرداری یا محدوده‌های شهری)، خرد (پلاک به پلاک) و تلفیقی (ترکیبی از دو حالت) مورد بررسی قرار داد.

شهرها به‌عنوان سامانه‌های پیچیده‌ای که تحت تأثیر عناصر مختلفی از جمله مؤلفه‌های شهرسازی، مشخصات منطقه‌ای، وضعیت زیرساخت‌ها، سطح دسترسی و حتی شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه قرار دارند، در برابر بحران‌های طبیعی سطوح مختلف آسیب‌پذیری را تجربه می‌کنند. در این راستا، افزایش تاب‌آوری شهری تنها از طریق شناسایی دقیق ابعاد مختلف آسیب‌پذیری و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه ممکن است. براساس نتایج این پژوهش، ابعاد کالبدی، محیطی، زیرساختی و دسترسی به دلیل تأثیر مستقیم بر شدت و گستردگی آسیب ناشی از مخاطرات از اهمیت بیشتری برخوردارند. هر یک از ابعاد آسیب‌پذیری دربرگیرنده زیرمعیارهایی هستند که برای سنجش دقیق‌تر میزان آسیب‌پذیری باید بررسی و امتیازدهی شوند. به این ترتیب، می‌توان ارزیابی کلی آسیب‌پذیری را با استفاده از روش‌های تحلیلی و وزن‌دهی انجام شده محقق کرد. این رویکرد امکان شناسایی دقیق‌تر نقاط ضعف شهری را فراهم کرده و به برنامه‌ریزان و مدیران شهری ابزارهای کاربردی برای طراحی و اجرای راهبردهای کاهش خطر و افزایش پایداری شهری ارائه می‌دهد.

■ پیشنهاد راهکارهای تقنینی، نظارتی یا سیاستی

افزایش تاب‌آوری شهری منوط به شناسایی دقیق ابعاد مختلف آسیب‌پذیری، تدوین سیاست‌های عملیاتی و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه است. از این رو، مجموعه‌ای از راهکارهای پیشنهادی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری با هدف بهبود وضعیت مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی ارائه شده است.

کاهش آسیب‌پذیری در برابر این مخاطرات نیازمند رویکردی چندبُعدی است که شامل برنامه‌ریزی دقیق، اصلاح و ارتقای قوانین، نظارت مستمر، آموزش عمومی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین باشد. متناسب با ابعاد آسیب‌پذیری شهری که در این گزارش مورد بررسی قرار گرفته، راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری را نیز می‌توان در همان ابعاد جست‌وجو کرد. این ابعاد با یکدیگر تعامل داشته و هر کدام نقشی حیاتی در پیشگیری، آمادگی و پاسخ به بحران ایفا می‌کنند. برای مثال، ضعف در زیرساخت‌ها می‌تواند تلاش‌ها برای امداد رسانی را مختل کرده و کمبود آگاهی عمومی نیز ممکن است آثار بحران را تشدید کند. بنابراین تدوین راهکارهایی که به‌طور جامع این ابعاد را پوشش دهند برای کاهش ریسک و تقویت تاب‌آوری ضروری است. در این گزارش، مجموعه‌ای از راهکارهای پیشنهادی برای هر یک از ابعاد آسیب‌پذیری (محیطی، کالبدی، دسترسی، زیرساختی و ...) ارائه شده است که با تأکید بر تجارب علمی و عملی به بهبود وضعیت مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی می‌پردازد. نکته‌ای که باید متذکر شد، اهمیت اتخاذ رویکردی یکپارچه در مدیریت آسیب‌پذیری شهری است که همه ابعاد آسیب‌پذیری را دربرگیرد. این رویکرد باید با هماهنگی میان نهادهای مختلف، تدوین برنامه‌های جامع، تخصیص منابع به مناطق آسیب‌پذیر و توجه به مدیریت پیشگیرانه انجام شود.



۱. مقدمه

شناسایی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری و تحلیل عوامل مؤثر بر آن از پیش‌نیازهای اساسی در مدیریت بحران‌های شهری به‌شمار می‌آید. در دنیای امروز، تقریباً نیمی از کلان‌شهرهای جهان در معرض خطرات ناشی از گسل‌های فعال یا مناطق سیلابی قرار دارند. این وضعیت با رشد روزافزون جمعیت شهرنشین و شدت یافتن بلایای طبیعی تشدید یافته است [۱]. توجه به کاهش آسیب‌پذیری شهری باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های اساسی در برنامه‌ریزی توسعه پایدار شهرها مدنظر قرار گیرد. ایران، با قرارگیری در بین ۱۰ کشور آسیب‌پذیر جهان از بلایای طبیعی، به‌دلیل واقع شدن در مناطق مستعد خطر با ۳۱ نوع از ۴۳ نوع بلایای شناخته شده جهانی مواجه است. تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری به‌منظور شناسایی و طبقه‌بندی تهدیدات بالقوه ضروری است، اما پیچیدگی‌های خاص محیط شهری به‌ویژه در کلان‌شهرها شناسایی دقیق همه مؤلفه‌های آسیب‌پذیری را با چالش روبرو می‌کند. در این زمینه، آسیب‌پذیری نه تنها میزان خسارت‌های احتمالی ناشی از بلایا را پیش‌بینی می‌کند، بلکه به‌عنوان ابزاری تحلیلی امکان پیش‌بینی و اولویت‌بندی مخاطرات را فراهم و اقدامات مقابله‌ای را تسهیل می‌کند [۲]. شهرها به‌عنوان سیستم‌هایی پیچیده و متشکل از اجزای وابسته و درهم‌تنیده نیازمند تحلیل و ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری از طریق بررسی ساختارها و روابط میان این اجزا هستند. شناسایی و تفکیک عناصر کلیدی شهر در قالب معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با آسیب‌پذیری جزئی از فرایند این تحلیل است. سکونتگاه‌های شهری در طول زمان همواره در معرض انواع وقایع طبیعی و انسان‌ساخت قرار داشته‌اند که به تخریب جزئی و یا نابودی کامل آنها منجر شده است. از این رو، شناسایی آسیب‌ها و تدوین معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری به‌عنوان ضرورتی برای کاهش پیامدهای سوانح و بهبود ایمنی شهری مطرح می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری همچنین بستر لازم برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران را فراهم می‌آورد [۳].

تحلیل آسیب‌پذیری شهری به معنای ارزیابی میزان خسارت‌های وارده به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی در برابر بلایای طبیعی شامل پیش‌بینی شدت و میزان خسارت وارده به عناصر مختلف شهری در صورت وقوع حوادث با شدت مشخص می‌شود. فرایند تحلیل آسیب‌پذیری با برآورد احتمال خسارت‌های جانی و مالی می‌تواند به ارائه راهکارهایی برای کاهش آسیب‌ها و آثار منفی ناشی از سوانح طبیعی منجر شود. عواملی از جمله قرارگیری شهرها بر روی گسل‌های فعال، تمرکز جمعیتی بالا، عدم رعایت ضوابط و مقررات ساخت، گسترش ساخت‌وسازهای غیرمجاز و بلندمرتبه‌سازی‌های غیراصولی، آسیب‌پذیری شهری را تشدید می‌کنند. در عین حال، وجود فضاهای باز، مراکز خدمات امداد و نجات، زیرساخت‌های ارتباطی مناسب و آموزش‌های عمومی می‌توانند به‌طور قابل توجهی در کاهش خسارات ناشی از سوانح و تسریع روند امدادسانی اثربخش باشند [۴، ۵]. برای درک بهتر آسیب‌پذیری شهری باید توجه کرد که این مسئله به جنبه‌های کالبدی و فیزیکی محدود نیست بلکه ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حتی سیاسی نیز نقش بسزایی در آن دارند. تحلیل جامع و دقیق آسیب‌پذیری، علاوه بر شناسایی تهدیدات، زمینه لازم برای طراحی و اجرای برنامه‌های مقاوم‌سازی، کاهش ریسک و بهبود تاب‌آوری شهری را فراهم کرده و به ساخت شهرهایی امن‌تر و مقاوم‌تر در برابر بلایای طبیعی کمک می‌کند.



۲. پیشینه پژوهش

۲-۱. سوابق مطالعاتی

بسیاری از عوامل مؤثر در ایجاد حجم خسارات ناشی از بحران‌های طبیعی و مشکلات مرتبط با آن ناشی از عدم هماهنگی در برنامه‌ریزی‌های حقوقی و سازمانی در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی است. به عبارتی قوانین موجود در چارچوب وظایف سازمان‌ها به‌خصوص در مراحل قبل از بحران به‌درستی اجرا نمی‌شوند. بنابراین، آشنایی با قوانین حقوقی و ساختاری مدیریت بحران کشور به‌منظور شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف و ارائه اصلاحات مورد نیاز امری ضروری است. داشتن یک قانون جامع مدیریت بحران می‌تواند در سطح ملی و محلی در پیشبرد هدفمند و ضابطه‌مند مدیریت بحران مؤثر بوده و در مراحل مختلف بحران هماهنگی لازم بین سازمان‌های مختلف را به‌وجود آورد. لزوم هماهنگی و وحدت رویه در اقدامات و فعالیت‌های مدیریت بحران، تهیه بانک‌های اطلاعاتی و تحقیقات مرتبط با این موضوع، قوانین و مقررات ایمنی در این زمینه و نحوه ارتباط نهادها باهم از جمله عوامل کلیدی و مؤثر در تعریف قوانین و لزوم توجه به موضوع مدیریت بحران می‌باشد [۷، ۶]. در این خصوص، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی گزارش‌هایی [۸، ۹، ۱۰، ۱۱] در راستای روشن شدن مفهوم مدیریت بحران و قوانین مرتبط با آن را ارائه داده است. این مرکز در گزارش‌های کارشناسی دیگری نیز به بررسی ابعاد موضوع و ارائه راهکارهای پیشنهادی در زمینه ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر سیل، کاهش ریسک ناشی از زلزله در پهنه‌های گسلی و ارائه درس‌آموخته‌هایی از زلزله سال ۱۴۰۱ ترکیه پرداخته است [۱۲، ۱۳، ۱۴]. در گزارش دیگری ضمن ارزیابی وضعیت مخاطرات طبیعی و آسیب‌های آن در کشور و بررسی احکام برنامه‌های اول تا ششم توسعه (در حوزه پیشگیری، مدیریت بحران و مقاومت‌سازی در برابر خسارات سنگین ناشی از سوانح طبیعی) محورهای پیشنهادی کلان و پیشنهادات تکمیلی و الحاقی در امتداد این محورها برای برنامه هفتم توسعه ارائه شده است [۱۵]. در گزارش «تاب‌آوری شهرها و ریسک مخاطرات طبیعی» ضمن مرور وضعیت رخدادهای طبیعی در ایران و آسیب‌شناسی مدیریت بحران در کشور، به بیان چالش‌ها و ارائه راهکارهای سیاستی و مدیریتی در حوزه برنامه‌ریزی و اجرا و در راستای ارتقای تاب‌آوری شهری پرداخته شده است [۱۶].

۲-۲. سوابق تقنینی

در ایران، قوانین و مقررات مرتبط با کاهش آسیب‌پذیری به‌عنوان بخشی از اقدامات حوزه مدیریت بحران از انسجام و شفافیت کافی برخوردار نیستند که این امر به ناهماهنگی بین سازمانی و گاهی تداخل وظایف منجر شده است. تغییرات مکرر در قوانین و ساختار مدیریت بحران، از یک سو نشان‌دهنده اهمیت موضوع و از سوی دیگر بیانگر نبود تمرکز و راهبرد منسجم در این حوزه است. برای دستیابی به رویکردی جامع، صرف تعیین حقوق و وظایف کافی نیست، بلکه شناخت مسئولیت‌ها و ایجاد پشتوانه اجرایی نیز ضروری است. در راستای اهمیت این موضوع، در سال ۱۳۸۴ سیاست‌های کلی پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه از سوی مجمع تشخیص مصلحت نظام تصویب و پس از تأیید مقام معظم رهبری به دستگاه‌های ذی‌ربط ابلاغ شد. در ادامه، وزارت کشور در سال ۱۳۸۵ پیشنهاد تأسیس سازمان مدیریت بحران را به دولت ارائه کرد. این لایحه با هدف هماهنگی میان نهادهای مرتبط و اعمال مدیریت واحد در مراحل مختلف بحران، تدوین و در سال ۱۳۸۶ به تصویب مجلس شورای اسلامی و در سال ۱۳۸۷ به تأیید شورای نگهبان رسید و سپس برای اجرا ابلاغ شد. باین‌حال، تجارب ناشی از سوانح (از جمله زلزله ورزقان (۱۳۹۱) با ۳۰۶ کشته، زلزله سرپل ذهاب (۱۳۹۶) با ۶۶۰ کشته، سیل فروردین‌ماه ۱۳۹۸ و سیل مردادماه ۱۴۰۱ با ده‌ها کشته در چند شهر ایران و...) پس از تصویب این قانون نشان داد که همچنان نیازمند اصلاحات اساسی است تا بتوان ریسک وقوع حوادث را کاهش داده و عملکرد مدیریت بحران را بهبود بخشید. علاوه بر این، در سال ۱۳۹۹، قانون تأسیس «صندوق بیمه حوادث طبیعی» به تصویب رسید تا با پوشش بیمه‌ای، بخشی از خسارات مالی ناشی از بلایای طبیعی جبران شود. باین‌حال، عدم تخصیص مناسب بودجه به این صندوق، عملکرد آن را با چالش‌هایی مواجه کرده و اثربخشی آن را محدود ساخته است [۱۵].



جدول ۱. اهم سوابق تقنینی مرتبط با موضوع

ردیف	قانون، دستورالعمل و مقرره	تاریخ تصویب
۱	قانون شهرداری	۱۳۳۴/۰۴/۱۱
۲	قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان	۱۳۷۴/۱۲/۲۲
۳	طرح جامع امداد و نجات کشور	۱۳۸۲/۰۱/۱۷
۴	سیاست‌های کلی نظام برای پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیر مترقبه	۱۳۸۴/۰۲/۰۳
۵	قانون تشکیل سازمان مدیریت بحران کشور	۱۳۸۷/۰۲/۳۱
۶	آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت بحران کشور	۱۳۸۸/۰۱/۲۳
۷	راهنماهای برنامه عملیاتی مدیریت بحران و برنامه واکنش اضطراری	۱۳۹۳/۰۸/۰۷
۹	قانون مدیریت بحران کشور	۱۳۹۸/۰۵/۰۷
۱۲	قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت	۱۴۰۳/۰۴/۱۸
۱۳	قوانین برنامه پنج‌ساله توسعه پیشین ^۱	۱۳۶۸-۱۴۰۰

۳. مفاهیم و تعاریف



ریشه واژه «Vulus» در زبان لاتین به معنای آسیب یا صدمه است و عبارت «Inter Alia» نیز در فرهنگ‌های انگلیسی به معنای تجربه آسیب‌های فیزیکی یا عاطفی به کار می‌رود [۱۷]. امروزه، بیش از ۲۵ تعریف و رویکرد متفاوت برای تبیین آسیب‌پذیری ارائه شده است. یکی از شناخته شده‌ترین این تعاریف، از سوی سازمان ملل و در قالب «راهبرد بین‌المللی کاهش بلایا» ارائه شده است. براساس این تعریف، آسیب‌پذیری شرایطی است که از طریق عوامل یا فرایندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی شکل گرفته و آمادگی جوامع را در برابر پیامدها و آثار بلایا کاهش می‌دهد [۱۹، ۱۸]. برخی از مهم‌ترین تعاریف آسیب‌پذیری در منابع در جدول ۲ ارائه شده است.

۱. مواد قانونی مرتبط در قوانین برنامه پنج‌ساله توسعه پیشین عبارت‌اند از: تبصره «۲۳» قانون برنامه اول توسعه، تبصره «۱۵» قانون برنامه دوم توسعه، مواد (۴۴) و (۱۸۱) قانون برنامه سوم توسعه، مواد (۳)، (۳۰) و (۶۹) قانون برنامه چهارم توسعه، مواد (۴۰)، (۱۶۸)، (۲۱۶) و (۲۲۴) قانون برنامه پنجم توسعه و مواد (۶۰)، (۷۷) و (۱۰۸) قانون برنامه ششم توسعه.

۳-۱. نظریه آسیب‌پذیری شهری

آسیب‌پذیری را می‌توان سطح یا درجه‌ای دانست که در آن یک سیستم به دلیل فشارها و تهدیدات وارده مستعد پذیرش آسیب می‌شود. مطابق دیدگاه‌های علوم انسانی، این درجه آسیب‌پذیری به دو عامل اساسی «سامانه‌های مواجهه با بحران، فشار و تهدید» و «توانایی سیستم برای غلبه بر بحران» وابسته است. براساس نظریه آسیب‌پذیری و ویژگی‌های مفهومی آن، هر فضای شهری مفروض، میزان مشخصی از خطرپذیری دارد. با این حال، سطح و گستره آسیب‌پذیری و ایمنی به‌طور یکنواخت در سطح شهر توزیع نمی‌شود؛ چرا که فضاهایی خاص، به دلیل ماهیت آسیب‌پذیر خود، مستعد وقوع مخاطرات محیطی هستند، در حالی که دیگر فضاهای شهری از امنیت نسبی بیشتری برخوردارند [۲۰]. مطابق نظریه آسیب‌پذیری، احتمال وقوع حوادث و مخاطرات در بخش‌های خاصی از شهر و برای گروه‌هایی از شهروندان بیشتر از سایرین است. این افراد به‌عنوان اقشار «آسیب‌پذیر»، «مستعد حادثه» یا «حادثه‌پذیر» شناخته می‌شوند. از نظر اجتماعی و اقتصادی، تحلیل‌های کلان‌نظریه آسیب‌پذیری تعاریف عمومی‌تری ارائه می‌دهند. در بسیاری از موارد، برای رتبه‌بندی کیفی این آسیب‌پذیری از معیارهای «کم»، «متوسط» و «زیاد» استفاده می‌شود [۲۱].

آسیب‌های محیط شهری را می‌توان براساس رفتار به دو دسته اصلی آسیب‌های سازه‌ای (شامل تخریب ابنیه، تأسیسات و زیرساخت‌های شهری با درجات مختلف) و آسیب‌های غیرسازه‌ای (شامل صدمات انسانی، محیطی و بهداشتی) تقسیم کرد. علاوه بر این، از منظر زمانی و وسعت تخریب، آسیب‌ها به دو دسته آسیب‌های اولیه که به‌طور مستقیم و بلافاصله پس از وقوع نیروهای وارده بر سطح و حجم نمایان می‌شوند و آسیب‌های ثانویه که شامل تشدید و گسترش آسیب‌های اولیه (مانند آتش‌سوزی، انفجار یا مشکلات اجتماعی-روانی) بوده و معمولاً بر اثر عملکرد عوامل محیطی رخ می‌دهند قابل تفکیک‌اند. مفهوم آسیب‌پذیری اغلب با خطر آمیخته می‌شود. اگر خطر را به‌عنوان میزان خسارت بالقوه تعریف کنیم که حاصل احتمال وقوع مخاطرات و سطح آسیب‌پذیری است، آسیب‌پذیری می‌تواند به‌عنوان نقص ذاتی در ابعاد خاص محیط شهری تعریف شود. این نقص، بنا به ویژگی‌های بیولوژیکی، فیزیکی یا طراحی، شهر را مستعد پذیرش آسیب می‌کند. [۲۲]

جدول ۲. مهم‌ترین تعاریف آسیب‌پذیری در منابع بین‌المللی

منبع	تعریف آسیب‌پذیری	ردیف
سازمان ملل متحد United Nations	آسیب‌پذیری درجه آسیب یک عنصر یا عناصر در معرض خطر در اثر وقوع پدیده‌ای طبیعی با مقیاس معین است که از صفر تا یک متغیر است.	۱
راهبرد بین‌المللی برای کاهش بلایا (چارچوب کاری هیوگو برای سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۵) Hyogo Framework for Action 2005-2015	آسیب‌پذیری شرایطی است که توسط عوامل یا فرایندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تعیین می‌شود و آمادگی جوامع را در مقابل آثار و پیامدهای ناشی از بلایا کاهش می‌دهد.	۲
گزارش‌های هیئت بین‌دولتی در مورد تغییرات آب‌وهوایی The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	آسیب‌پذیری میزان حساسیت یک سیستم یا عدم توانایی آن نسبت به مقابله با آثار منفی تغییرات است.	۳
بنیاد مطالعات و تحقیقات توسعه بین‌المللی The Foundation for International Development Study and Research (FERDI)	آسیب‌پذیری اقتصادی به حالتی اطلاق می‌شود که در آن به دلیل وقوع حوادث غیر قابل پیش‌بینی و بیرونی اقتصادی که اکثر مواقع شوک نامیده می‌شود، فرآیند توسعه اقتصادی یک کشور عقب‌بافتد.	۴



منبع	تعریف آسیب‌پذیری	ردیف
Kasperson and Kasperson, ۲۰۰۱ [۲۳]	آسیب‌پذیری نقطه مقابل تاب‌آوری است؛ وقتی یک سیستم اجتماعی یا زیست‌محیطی تاب‌آوری خود را از دست بدهد، در برابر تغییراتی که قبلاً می‌توانست جذب کند آسیب‌پذیر می‌شود.	۵
Pelling, ۲۰۰۳ [۲۴]	آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی به سه مؤلفه در معرض قرار گرفتن، مقاومت و تاب‌آوری تقسیم می‌شود.	۶
Adger, ۲۰۰۶ [۲۵]	پارامترهای اصلی آسیب‌پذیری عبارت‌اند از: در معرض استرس قرار گرفتن سیستم، حساسیت و ظرفیت سازگاری.	۷
Zhou et al., ۲۰۰۹ [۲۶]	در معرض قرار گرفتن و حساسیت دو جنبه آسیب‌پذیری هستند.	۸
UN (United Nations), ۲۰۰۲ [۲۷]	آسیب‌پذیری به مجموعه شرایط ناشی از فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی گویند که در معرض ضرر و زیان بودن یک جامعه را افزایش می‌دهد.	۹
Piers Blaikie, et al. [28]	به هر گونه ضعف در یک دارایی که این امکان را به یک تهدید می‌دهد تا توانایی آسیب و ایجاد خسارت به یک دارایی، شریان‌های حیاتی یا زیرساخت‌ها را ایجاد کند، گفته می‌شود. به عبارتی هر نقطه وضعی است که می‌تواند به وسیله دشمن مورد بهره‌برداری قرار گیرد تا دارایی‌ها را مورد هدف قرار داده و به آنها خسارت وارد کند یا آنها را سرقت نماید.	۱۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۲-۳. رابطه آسیب‌پذیری با تاب‌آوری، سازگاری و خطرپذیری

آسیب‌پذیری از دیدگاه‌های مختلف تحلیل شده است. در برخی مطالعات آن را نقطه مقابل تاب‌آوری معرفی می‌کنند. در حالی که عده‌ای دیگر آن را ویژگی ذاتی یک فرد، سیستم یا جامعه می‌دانند که شامل قرار گرفتن در معرض خطر و حساسیت به تهدیدات است. از سوی دیگر، گروهی از تعاریف آسیب‌پذیری را در تعامل با تاب‌آوری و سازگاری بررسی کرده‌اند. براساس این دیدگاه، تعاریفی که تاب‌آوری و سازگاری را زیرمجموعه آسیب‌پذیری در نظر می‌گیرند، در واقع به مفهوم آسیب‌پذیری شبه‌دائمی اشاره دارند و بر این باورند که می‌توان با اتخاذ سیاست‌های مرتبط با تاب‌آوری و سازگاری، میزان آسیب‌پذیری را کاهش داد. این مفاهیم، نه صرفاً به‌طور جداگانه یا در ارتباط‌های دوتایی، بلکه باید به‌عنوان بخشی از یک الگوی ترکیبی و تعاملی، که شامل هر سه مفهوم است، بررسی شوند.

در دهه‌های گذشته، نگرش نسبت به مدیریت بلایای ناشی از تغییرات اقلیمی و شرایط عدم اطمینان، دستخوش تحولات مهمی شده است. این تحول از رویکرد «کنترل مستقیم بلایا» به سمت «کاهش آسیب‌پذیری» و سپس به «سازگاری و تحول ساختاری» تغییر یافته است [۲۹]. در این راستا، استراتژی یوکوهاما ۱ و چارچوب اقدامی هیوگو (۲۰۰۵-۲۰۱۵) به بسیاری از کشورها کمک کرده‌اند تا رویکردهای سیستماتیک و یکپارچه‌ای برای کاهش آسیب‌پذیری و ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی اتخاذ کنند. این اسناد نشان می‌دهند که مدیریت بلایا می‌تواند از طریق کاهش ریسک (از جمله کاهش آسیب‌پذیری) و اعمال سیاست‌ها و رویه‌های مرتبط با مدیریت ریسک (مانند تقویت تاب‌آوری و سازگاری) به صورت مؤثری تحقق یابد. [۳۰].

۱-۲-۳. آسیب‌پذیری و تاب‌آوری

تاب‌آوری و آسیب‌پذیری دو مفهوم اساسی در مدیریت سوانح هستند که به‌طور معمول به‌عنوان مفاهیم متضاد در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، برخی محققان معتقدند که این دو مفهوم در برخی موارد هم‌پوشانی دارند و کاملاً مجزا نیستند. ویژگی‌هایی وجود دارند که فقط بر آسیب‌پذیری یا تاب‌آوری تأثیر می‌گذارند، اما برخی ویژگی‌های اجتماعی نیز می‌توانند بر هر دو تأثیر داشته باشند [۳۱]. با این حال، یک پرسش اساسی که مطرح می‌شود به رابطه میان این دو مفهوم مربوط است. آیا تاب‌آوری نقطه مقابل آسیب‌پذیری است؟ آیا تاب‌آوری یکی از عوامل آسیب‌پذیری محسوب می‌شود؟ یا برعکس، آسیب‌پذیری یکی از عوامل تعیین‌کننده تاب‌آوری است؟ پاسخ ساده‌ای برای این پرسش‌ها وجود ندارد. بررسی این رابطه برای تعریف معنای تاب‌آوری، پیامدها و کاربردهای آن بسیار مهم است.

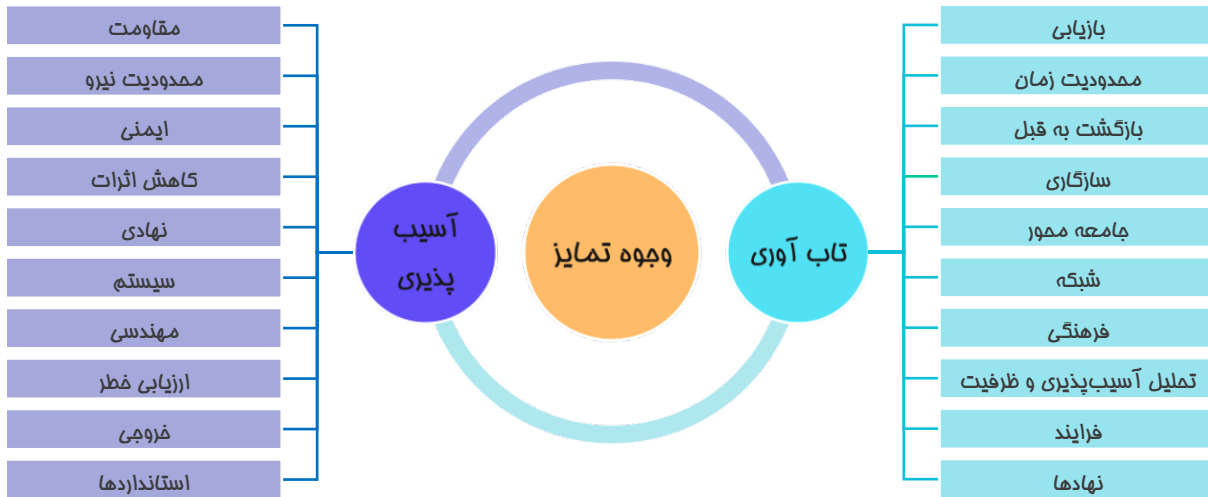
آسیب‌پذیری به «پتانسیل از دست دادن» اشاره دارد و در تعریف دقیق‌تر، این پتانسیل با در نظر گرفتن احتمال «در معرض خطر قرار گرفتن»^۱ و «حساسیت به آسیب»^۲ مشخص می‌شود. آسیب‌پذیری را به‌عنوان توانایی تحمل خسارت یا به عبارتی از دست دادن در اثر یک رویداد مخاطره‌آمیز تعریف کرده‌اند، در حالی که برخی آن را به میزان احتمالی که یک سیستم در اثر قرار گرفتن در معرض یک مخاطره دچار آسیب می‌شود، مرتبط می‌دانند. همچنین، آسیب‌پذیری به‌عنوان حساسیت به آسیب، پتانسیل تغییر یا دگرگونی نیز در نظر گرفته می‌شود. با این حال، دیدگاه‌های متنوعی در خصوص معنای دقیق آسیب‌پذیری وجود دارد. برخی از این تفاوت‌ها درک رابطه بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری حائز اهمیت‌اند [۳۲].

تاب‌آوری از واژه لاتین «Resilience» به معنای توانایی بازگشت، بهبود سریع، خاصیت ارتجاعی، انعطاف‌پذیری و ترمیم‌پذیری گرفته شده است. تاب‌آوری و توانایی انطباق با تغییرات هنگام مواجهه با بحران‌ها هدفی مهم است، چرا که پیش‌بینی کامل آسیب‌پذیری سیستم‌ها، به‌ویژه سیستم‌های اجتماعی و فنی، امکان‌پذیر نیست. بنابراین طراحی جامعه‌ای که قادر به مقابله کارآمد با بحران‌ها باشد، ضروری است. در جوامع تاب‌آور، مردم و منابع در برابر تکانه‌ها و ضربه‌های غیرعادی نسبت به جوامعی که فاقد سازگاری و انعطاف‌پذیری هستند، به‌طور قطع پایدارتر و مقاوم‌ترند [۳۳]. مفهوم تاب‌آوری در مقایسه با آسیب‌پذیری، رویکرد عملی‌تری برای مقابله با تغییرات ارائه می‌دهد. این تغییر رویکرد از تلاش سنتی برای کنترل تغییرات در سیستم‌ها به نگرشی واقع‌بینانه‌تر برای افزایش ظرفیت سازگاری با نااطمینانی‌ها و غافلگیری‌هاست. در بسیاری از موارد، تقویت تاب‌آوری می‌تواند مشابه کاهش آسیب‌پذیری، به‌ویژه از طریق کاهش در معرض خطر قرار گرفتن، کاهش حساسیت و یا تقویت ظرفیت سازگاری در نظر گرفته شود. اگرچه تعریف جامع و پذیرفته شده‌ای از تاب‌آوری وجود ندارد، می‌توان گفت تاب‌آوری حداقل سه مفهوم «پاسخ به اختلال»، «ظرفیت خودسازماندهی» و «ظرفیت یادگیری و سازگاری» را دربردارد [۳۰].

شکل زیر به معرفی برخی وجوه تمایز بین مفاهیم آسیب‌پذیری و تاب‌آوری می‌پردازد. این تفاوت‌ها نشان می‌دهند که آسیب‌پذیری بیشتر بر «جلوگیری و کاهش خطرات» تمرکز دارد، در حالی که تاب‌آوری به «سازگاری، واکنش و بازسازی پس از بحران» توجه دارد. این دو مفهوم مکمل یکدیگرند و درک تفاوت‌های آنها برای مدیریت مؤثر بحران‌ها ضروری است.

1. Exposure
2. Sensitivity

شکل ۱. برخی تفاوت‌های بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری^۱ [۳۴]



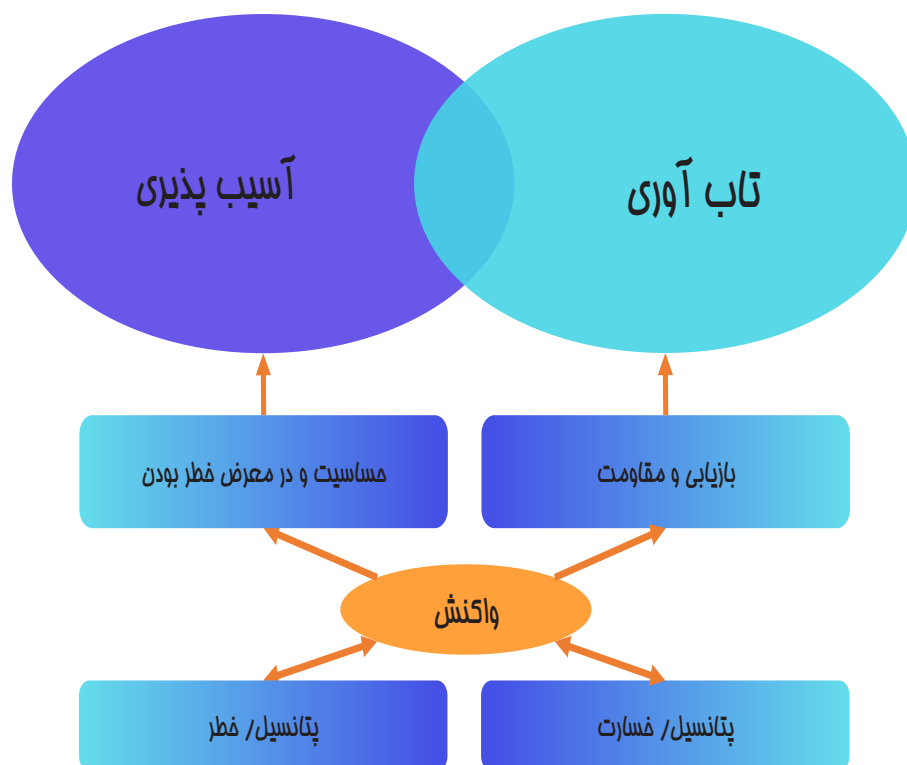
طبق نظر اتحادیه تاب‌آوری، آنچه آسیب‌پذیر است، تاب‌آور نیست و بالعکس. در این دیدگاه، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری به‌عنوان عواملی درهم‌تنیده و متقابل در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، این نوع از تعبیر به نظر بسیاری از پژوهشگران ساده‌انگارانه است و به‌عبارت‌دیگر، دچار دور تسلسل می‌شود (سیستم آسیب‌پذیر است زیرا تاب‌آور نیست و تاب‌آور است زیرا آسیب‌پذیر نیست) [۳۵].

در شکل زیر، ارتباط میان این دو مفهوم به شیوه‌ای متفاوت بیان شده است و تلاش می‌کند تا آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را در برابر یکدیگر مقایسه کند. تاب‌آوری در برابر بلایا بر فرایند افزایش «ظرفیت مقاومت» و «بازبایی از خسارات» ناشی از حوادث طبیعی شدید در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با حداقل یا بدون نیاز به کمک‌های خارجی تأکید دارد. این یک فرایند پویاست که عمدتاً بر مراحل وقوع و پس از وقوع بلایا تمرکز دارد (زمانی که خسارت اتفاق افتاده است) و به بهبود توانایی سیستم برای مقاومت، بازبایی و بررسی گزینه‌های سیاستی برای مقابله با مخاطرات کمک می‌کند. تاب‌آوری می‌تواند به‌طور پویا از طریق یادگیری از تجربیات بلایای گذشته و سازگاری با شرایط جغرافیایی محلی بهبود یابد.

۱. تشریح وجه تمایز: آسیب‌پذیری بر «مقاومت» در برابر خطرات تأکید دارد، به این معنا که یک سیستم باید در برابر نیروهای خارجی ایستادگی کند. تاب‌آوری بر «بازبایی» پس از وقوع بحران تمرکز دارد و به توانایی بازگشت سیستم به حالت عادی یا بهتر از آن اشاره دارد. در مفهوم آسیب‌پذیری، تأکید بر شدت و بزرگی «نیروی» است که باعث تخریب یا آسیب می‌شود. تاب‌آوری بر مدیریت «زمان» تأکید دارد، یعنی مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا یک سیستم پس از بحران بهبود یابد. آسیب‌پذیری بر «ایمنی» اولیه و جلوگیری از وقوع آسیب تأکید دارد. تاب‌آوری بر «توانایی بازگشت به شرایط عادی یا حتی بهتر» پس از مواجهه با بحران تمرکز دارد. کاهش آسیب شامل اقداماتی برای کاهش شدت تأثیرات مخاطرات است. در حالی که تاب‌آوری شامل «سازگاری فعال» با تغییرات و شرایط جدید برای مقابله با بحران‌های آینده است. دیدگاه آسیب‌پذیری بر «اقدامات دولتی، مقررات و سیاستگذاری‌های کشور» برای کاهش خطرات تمرکز دارد. تاب‌آوری بر «رویکردهای جامعه‌محور» تأکید دارد، که در آن مردم نقش فعالی در مدیریت بحران و بازبایی دارند. آسیب‌پذیری به «ساختارهای ثابت و سیستماتیک» برای کاهش خطرات متکی است. تاب‌آوری به «شبکه‌های ارتباطی و انعطاف‌پذیر» برای واکنش سریع‌تر و مؤثرتر به بحران‌ها وابسته است. آسیب‌پذیری اغلب بر «رویکردهای مهندسی» مانند طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله تأکید دارد. در حالی که تاب‌آوری شامل «ابعاد فرهنگی و اجتماعی» مانند عادت‌های مردم، دانش بومی و شیوه‌های تطبیق‌پذیری است. در کاهش آسیب‌پذیری، تأکید بر «ارزبایی ریسک» برای شناسایی خطرات و نقاط ضعف است. در تاب‌آوری، «تحلیل ظرفیت‌ها و آسیب‌پذیری‌ها» اهمیت بیشتری دارد تا منابع و توانایی‌های سیستم برای بازبایی شناسایی شود. آسیب‌پذیری به «یک وضعیت مشخص از آسیب یا خطر» اشاره دارد. تاب‌آوری یک «فرآیند مداوم از یادگیری، سازگاری و بهبود» است. در مدل آسیب‌پذیری، «استانداردهای ایمنی و دستورالعمل‌های مشخص» برای کاهش خطرات تعریف می‌شوند. در مدل تاب‌آوری، «نهادهای اجتماعی و رسمی» برای مدیریت بحران و حمایت از بازسازی نقش کلیدی دارند.

در مقابل، آسیب‌پذیری بر واکنش سیستم در برابر مخاطرات یا پتانسیل وقوع آنها تأکید دارد و احتمال وقوع خسارات ناشی از این مخاطرات را تعیین می‌کند. آسیب‌پذیری دارای دو جنبه اصلی، یعنی میزان «قرارگیری در معرض خطر» و «حساسیت» است که با تغییر در ساختارها و کارکردهای سیستم تحت تأثیر مخاطرات، متغیر خواهند بود. به‌طور کلی، مفهوم آسیب‌پذیری بیشتر بر وضعیت سیستم پیش از وقوع بحران متمرکز است و در برنامه‌ریزی برای مقابله با بلاهای آینده نقش مهمی دارد. این ویژگی، خاصیت ذاتی هر سیستم محسوب می‌شود و می‌تواند با جابه‌جایی مکان یا بازسازی پس از یک سانحه دستخوش تغییر شود [۳۲].

شکل ۲. ارتباط بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری [۳۲]



۲-۲-۳. آسیب‌پذیری و سازگاری

ظرفیت سازگاری (Adaptive Capacity) به‌عنوان توانایی یک سیستم برای تنظیم خود نسبت به تغییرات، تعدیل اثرات و مقابله با یک اختلال تعریف شده است [۳۱]. به عبارتی سازگاری به معنای تنظیمات یا تغییراتی است که در واکنش به محرک‌ها (تغییرات اقلیمی و مخاطرات طبیعی) و پیامدهای آنها انجام می‌شود. تعریف سازگاری همچنین به سه پرسش کلیدی وابسته است: سازگاری با چه چیزی؟ (محرک‌های اقلیمی و مخاطرات طبیعی). چه کسی یا چه چیزی سازگار می‌شود؟ (ساختار کالبدی، سیستم‌های انسانی، اکوسیستم‌ها و...). سازگاری چگونه رخ می‌دهد؟ (به‌طور خودجوش یا برنامه‌ریزی شده، واکنشی یا پیش‌دستانه، ساختاری، نهادی، رفتاری و...).

درواقع بین سازگاری خودجوش (Autonomous Adaptation) و سازگاری برنامه‌ریزی شده (Planned Adaptation) تفاوت وجود دارد. سازگاری خودجوش معمولاً بدون مداخله مستقیم سیاست‌گذاری رخ می‌دهد، در حالی که سازگاری برنامه‌ریزی شده نیازمند سیاست‌ها و اقدامات

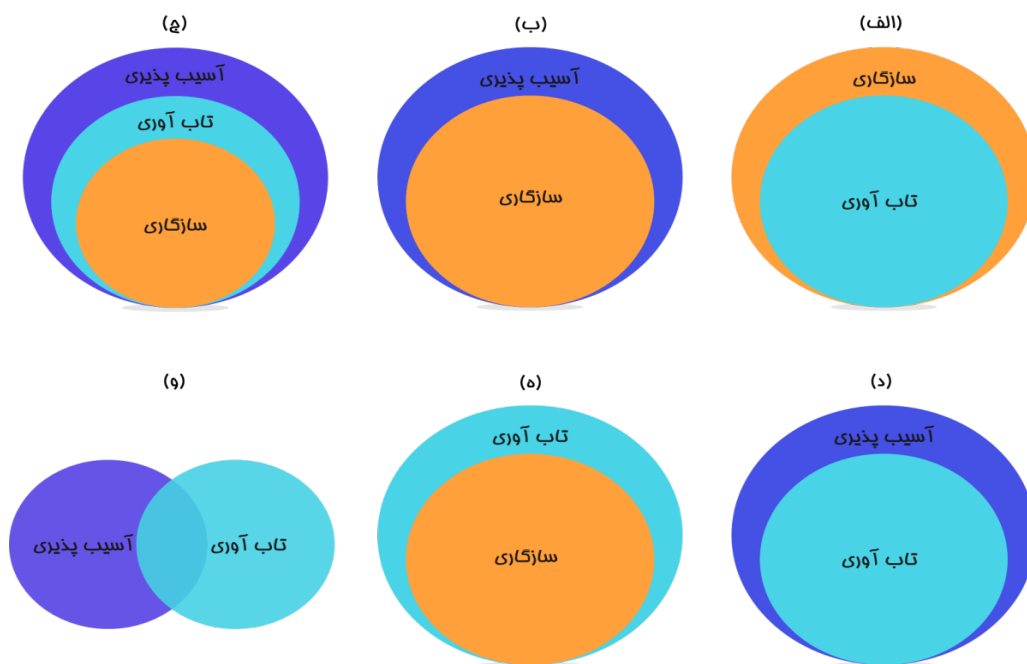


سازمان یافته برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری سیستم‌ها در برابر مخاطرات است. علاوه بر این، سازگاری می‌تواند واکنشی (Reactive) یا پیش‌دستانه (Anticipatory) باشد. واکنشی زمانی رخ می‌دهد که اثرات تغییرات اقلیمی احساس شوند، در حالی که پیش‌دستانه بر اساس پیش‌بینی‌ها و برنامه‌ریزی‌های آینده‌نگر اجرا می‌شود [۳۶].

سازگاری هم‌زیرمجموعه آسیب‌پذیری و هم تاب‌آوری در نظر گرفته می‌شود و بر اهمیت تلاش جوامع برای سازگاری با بلایا به‌جای تلاش برای کنترل آنها تأکید دارد. این تغییر دیدگاه از کنترل تغییرات به‌سوی افزایش ظرفیت انطباق با نااطمینانی‌های آینده، بازتابی از واقع‌بینی نسبت به تغییرات محیطی است. برخی از محققان، سازگاری را به‌عنوان تعدیلاتی تعریف می‌کنند که می‌تواند آسیب‌پذیری جوامع را کاهش دهد و آن را در کنار مؤلفه‌هایی چون در معرض قرار گرفتن و حساسیت، بخشی از آسیب‌پذیری می‌دانند. در مقابل، عده‌ای دیگر سازگاری را یکی از عوامل اصلی تاب‌آوری تلقی کرده و آن را ابزاری برای حفظ بلندمدت سیستم بدون کاهش کیفیت آن می‌دانند. با وجود تفاوت در رویکردهای علمی، وجه مشترک سازگاری در علوم مختلف، تعدیل نسبت به تغییرات به‌منظور بهره‌برداری از فرصت‌های جدید یا کاهش پیامدهای منفی است [۳۰].

در حوزه تغییرات زیست‌محیطی، رابطه آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و ظرفیت سازگاری با شش الگوی مرتبط معرفی شده است که در نهایت آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را به‌صورت مفاهیم تودرتو و مرتبط باهم همانند بخش (و) شکل زیر در نظر گرفته‌اند.

شکل ۳. ارتباط مفهومی بین آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و سازگاری [۳۱]



الف) تاب‌آوری بخشی جدایی‌ناپذیر از ظرفیت سازگاری در نظر گرفته شده است. ب) ظرفیت سازگاری را به‌عنوان مؤلفه اصلی آسیب‌پذیری لحاظ می‌کند. ج) این مفاهیم به‌عنوان مفاهیم تودرتو و در یک ساختار کلی آسیب‌پذیری در نظر گرفته می‌شوند. د) تاب‌آوری به‌عنوان توانایی برگشت به عقب یا مقابله با یک رویداد مخاطره‌آمیز و در واقع به‌عنوان پیامد و زیرمجموعه آسیب‌پذیری در نظر گرفته شده است. ه) ظرفیت سازگاری با مفهوم تاب‌آوری ادغام شده است. و) آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را به‌صورت مفاهیم تودرتو و مرتبط باهم در نظر می‌گیرند.

۳-۲-۳. آسیب‌پذیری و خطرپذیری

ریسک (خطر)، احتمال وقوع یک حادثه در بازه زمانی مشخص است و به‌عنوان معیاری برای سنجش احتمال وقوع خطر شناخته می‌شود. این مفهوم بر پایه داده‌ها و اطلاعات علمی شکل گرفته و با هدف تعیین سطح ایمنی یا پذیرش یک فناوری یا روش خاص، بر تخمین و کمی‌سازی احتمال وقوع حادثه تأکید دارد. خطرپذیری نیز به شدت و وسعت خسارات احتمالی ناشی از وقوع حوادث طبیعی اطلاق می‌شود و شامل اثرات بالقوه بر جوامع، زیرساخت‌ها و مناطق جغرافیایی است. مناطقی که احتمال وقوع حادثه در بازه زمانی خاصی در آنها بیشتر باشد، به‌عنوان مناطق با خطرپذیری بالا شناخته می‌شوند. وزارت امنیت داخلی آمریکا (DHS) چندین روش برای ارزیابی خطرپذیری شریان‌های حیاتی ارائه داده است. در تازه‌ترین و معتبرترین آنها، ارزیابی خطرپذیری مطابق شکل زیر تعریف شده است.

شکل ۴. فرایند خطرپذیری [۳۷]



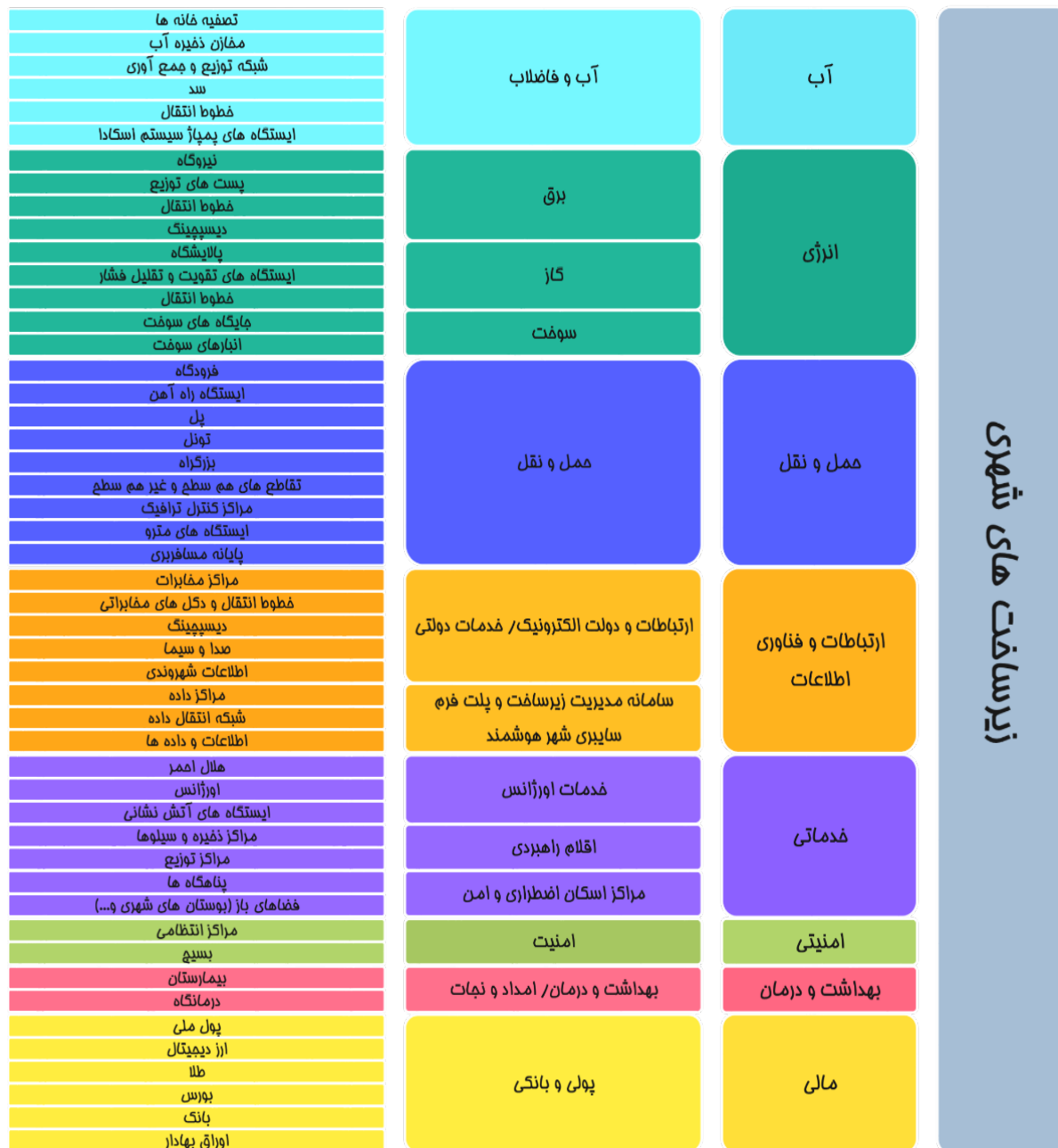
تهدید یا مخاطره در رابطه فوق، به هرگونه شرایط، موقعیت یا رویدادی اشاره دارد که قابلیت بالقوه برای ایجاد آسیب یا خسارت به سرمایه‌ها را دارد. در تعریف دیگری، تهدید می‌تواند شامل حوادث یا شرایطی باشد که امکان آسیب وارد کردن به دارایی یا افراد را به‌همراه دارد. هرچند توانایی جوامع و دولت‌ها در مقابله با بحران‌های طبیعی بهبود یافته، اما افزایش زیرساخت‌ها و جمعیت در معرض خطر، احتمال وقوع بحران‌های طبیعی را بیشتر کرده است [۳۸].

۳-۳. زیرساخت‌های کلیدی شهری

زیرساخت شهری به معنای یک دارایی، سیستم یا بخشی از آن است که در یک منطقه شهری قرار دارد و برای حفظ عملکردهای حیاتی جامعه از جمله بهداشت، ایمنی، امنیت، رفاه اقتصادی یا اجتماعی مردم ضروری است. ایجاد اختلال یا تخریب این زیرساخت‌ها می‌تواند تأثیر چشمگیری بر عملکرد منطقه شهری داشته باشد [۳۹]. بر این اساس، زیرساخت‌های شهری شامل کلیه عناصری هستند که وظیفه تأمین نیازهای متنوع شهروندان را در زمینه‌های سکونت، فعالیت، استراحت، فراغت و بهبود کیفیت زندگی شهری برعهده دارند. براساس سند راهبردی پدافند شهری کشور، زیرساخت‌های کلیدی شهری شامل مراکز، شریان‌ها و تأسیسات زیربنایی نظیر آب، برق، گاز، راه، انرژی، ارتباطات و فناوری اطلاعات معرفی می‌شوند. این زیرساخت‌ها نیازهای حیاتی مردم، مدیریت امور شهر و تداوم حیات شهروندان را تأمین می‌کنند و هرگونه فقدان یا اختلال در عملکرد آنها، زندگی مردم را به‌شدت به مخاطره خواهد انداخت [۴۰].



شکل ۵. زیرساخت‌های شهری بر اساس سند راهبردی پدافند کشور [۴۱]



۴. تجزیه و تحلیل آسیب پذیری، رویکردها و سطوح ارزیابی

ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و زیرساخت ها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا می تواند به کاهش قابل توجه آسیب ها و پیامدهای بحران ها کمک کند. توصیف و تحلیل آسیب پذیری دارایی های فیزیکی حیاتی در کشور، چارچوبی برای مدیریت انواع مخاطرات فراهم می کند. لذا ضروری است که یک الگوی مناسب برای ارزیابی حوادث، آسیب پذیری و خطر پذیری مطابق با شرایط موجود طراحی شود.

۴-۱. تجزیه و تحلیل آسیب پذیری

برای ارتقای تاب آوری ساختمان ها و زیرساخت ها، پیش از هر چیز تجزیه و تحلیل دقیق میزان آسیب پذیری ضروری است. با این حال، رسیدن به آسیب پذیری صفر در عمل امکان پذیر نیست، زیرا پایداری مطلق در دنیای واقعی وجود ندارد. بنابراین، آسیب پذیری به عنوان ضعف های زیرساخت ها و بناها در برابر مخاطرات مختلف شناخته می شود. تجزیه و تحلیل دقیق این آسیب پذیری ها، اطلاعات کلیدی برای رفع خلأهای تاب آوری فراهم می کند [۴۲].

■ **شناسایی آسیب های قبلی:** برای ارزیابی آسیب پذیری، ابتدا باید آسیب های قبلی ناشی از حوادث بررسی شود. این مرحله شامل استخراج نقاط ضعف عمده ساختمان ها و زیرساخت است که تحت تأثیر مقاومت و چیدمان دارایی ها، به هم پیوستگی و تراکم آنها در یک منطقه شکل می گیرد. همچنین شناخت ماهیت نقاط آسیب پذیر از نظر جنس، پیچیدگی و ساختار فیزیکی می تواند شناسایی آنها را ساده تر کند [۴۳].

■ **بررسی و ارزیابی:** در این مرحله، از روش های مختلفی مانند بازدید میدانی، تکمیل چک لیست، مصاحبه های خبرگی و تحلیل نقاط ضعف استفاده می شود. فهرستی از مخاطرات احتمالی و نیز دارایی های حیاتی تهیه و بررسی می گردد. همچنین با تحلیل دقیق عوامل ایجاد یا افزایش آسیب پذیری، وضعیت پراکندگی و جانمایی دارایی ها ارزیابی شده و سپس با تشریح تدابیر لازم، ضریب کارایی آنها در برابر مخاطرات احتمالی مورد تحلیل قرار می گیرد. پس از آن به بررسی اثرات متقابل نقاط آسیب پذیر بر یکدیگر پرداخته می شود.

■ **برآورد و کمی سازی:** در این گام، شاخص های تأثیر گذار بر آسیب پذیری در قالب یک جدول ارزیابی، کمی سازی می شود. میزان آسیب پذیری هر دارایی با استفاده از این شاخص ها محاسبه و شدت آسیب پذیری (شامل عمق و دامنه آسیب پذیری) تخمین زده می شود. احتمال سرایت آسیب پذیری بین بخش های مختلف نیز تحلیل شده و دارایی هایی که بالاترین میزان آسیب پذیری را دارند، غربالگری و درجه بندی می شوند [۴۴].

۴-۲. رویکردهای ارزیابی آسیب پذیری

ارزیابی آسیب پذیری شهری را می توان از دو منظر مختلف مورد بررسی قرار داد. یکی از این رویکردها تقسیم بندی بر اساس کمی یا کیفی بودن آسیب پذیری و رویکرد دیگر، تحلیل آسیب پذیری ها بر اساس دو روش سناریو محور و دارایی محور است.

■ **تحلیل کمی و کیفی آسیب پذیری:** هر چند تعیین آسیب های احتمالی دارایی ها به طور دقیق و کامل امکان پذیر نیست، اما بررسی این ابعاد به مدیران و مسئولان کمک می کند تا آمادگی لازم برای مواجهه با بحران های احتمالی ایجاد شود. این امر شامل اتخاذ تدابیری برای کاهش آسیب ها، آموزش نیروی انسانی، ارتقای مقاومت دارایی ها و تسهیل بازگشت سریع به وضعیت عادی پس از وقوع بحران است. روش های کیفی که اغلب سریع تر از روش های کمی هستند، به دلیل سرعت بیشتر و عینی بودن برای تخمین آسیب پذیری ساختمان ها در سطح گسترده، مناسب محسوب می شوند. ارزیابی سریع پس از بروز بحران، پیش نیاز مهمی برای تصمیم گیری در تمام سطوح مدیریتی و بخشی کلیدی از فرایند مدیریت بحران است. از آنجا که روش های تحلیلی و کمی غالباً توانایی ارزیابی سریع آسیب ها را ندارند، روش های کیفی به دلیل سرعت بیشتر (هر چند با دقت کمتر و وابستگی به قضاوت های انسانی)، در این شرایط به کار گرفته می شوند. روش های کیفی علاوه بر مرحله پس از بحران، برای پیش بینی آسیب پذیری سازه ها پیش از وقوع مخاطرات نیز کاربرد دارند [۴۵].



■ **تحلیل سناریو محور و دارایی محور:** در این روش‌ها، ابتدا سناریوهای محتمل شناسایی شده و پیامدهای آنها به دقت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در ادامه، دارایی‌های کلیدی و حیاتی، که نقشی مهم در مدیریت بحران دارند، شناسایی شده و سطح تأثیر اقدامات حفاظتی موجود در کاهش آسیب‌پذیری این دارایی‌ها تحلیل می‌شود. پس از آن، آسیب‌پذیری بالقوه هر دارایی حیاتی در مواجهه با بحران‌های شناسایی شده مشخص و میزان آسیب‌پذیری آن تخمین زده می‌شود. این دو روش در مراحل اولیه مشابه‌اند و تفاوت آنها در نحوه تحلیل جزئیات سناریوها و اقدامات پیشگیرانه است که متناسب با هر سناریو تعریف می‌شود. با این حال، در هر دو روش، احتمال وقوع خطر و پیامدهای مرتبط با آن برای هر دارایی حیاتی تعیین می‌گردد [۴۶].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اتکا به یکی از رویکردهای کمی یا کیفی و یا انتخاب صرف یکی از دو روش سناریو محور و دارایی محور نمی‌تواند نتایج دقیقی ارائه دهد. از آنجاکه میزان آسیب‌پذیری یک دارایی تحت تأثیر ویژگی‌های ذاتی آن دارایی و همچنین پیامدهای ناشی از وقوع حوادث است، تلفیق این روش‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در نتیجه، با در نظر گرفتن سناریوهای احتمالی و ویژگی‌های ذاتی دارایی‌ها و نیز آسیب‌پذیری‌هایی محتمل شهر در اثر نبود آن دارایی، می‌توان آسیب‌پذیری‌های کیفی را از طریق معیارهایی به شاخص‌های کمی تبدیل کرد. یک شهر باید ضمن تأمین تمامی نیازهای ساکنان خود، توانایی مقاومت در برابر انواع مخاطرات را داشته و از نظر عملکردی و محیطی کارا و پایدار باشد. با توجه به وابستگی و ارتباط متقابل میان اجزای مختلف شهر، لازم است همه عوامل در این ارزیابی گنجانده شود. در نهایت، اتخاذ این رویکرد امکان تبدیل معیارها و عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شهری به شاخص‌های قابل اندازه‌گیری را فراهم می‌کند [۳].

۳-۴. سطوح ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها

ارزیابی آسیب‌پذیری شهری را می‌توان با توجه به دسترسی به داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز و استفاده از روش‌ها و مدل‌های تحلیل موجود، در سه سطح کلان، خرد و تلفیقی مورد بررسی قرار داد. این سطوح به شرح زیر هستند [۴۷]:

■ **سطح کلان:** در این سطح، تحلیل آسیب‌پذیری در مقیاس‌های بزرگ مانند بلوک‌های آماری، مناطق و نواحی شهرداری یا محدوده‌های شهری انجام می‌شود. این روش به دلیل دسترسی به اطلاعات کلی آماری ساختمان‌ها، در بسیاری از کشورها رایج است. با این حال، در این رویکرد اطلاعات دقیق درباره موقعیت مکانی ساختمان‌ها، نوع مصالح به کار رفته، قدمت بنا، تعداد طبقات و سایر پارامترهای ضروری برای تحلیل دقیق آسیب‌پذیری ارائه نمی‌شود. به همین دلیل، این شیوه به عنوان یک روش کلی و نه دقیق شناخته می‌شود و نتایج آن بیشتر در پهنه‌بندی کلی مناطق شهری کاربرد دارد.

■ **سطح خرد:** در این سطح، تحلیل آسیب‌پذیری به صورت پلاک به پلاک انجام می‌شود و برخلاف روش کلان، این روش با در اختیار داشتن کلیه پارامترهای لازم برای تحلیل آسیب‌پذیری، امکان ارائه تحلیل‌های دقیق و مناسب از ساختمان‌های شهری را فراهم می‌کند. نتایج حاصل از این مطالعات می‌تواند برای پهنه‌بندی دقیق شهری در برابر حوادثی مانند زمین‌لرزه مورد استفاده قرار گیرد.

■ **سطح تلفیقی:** در این روش، با توجه به نوع داده‌های در دسترس، از تحلیل‌های سطح کلان و سطح خرد به صورت ترکیبی استفاده می‌شود. از آنجاکه تحلیل آسیب‌پذیری شهری در ابعاد مختلف فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و... انجام می‌شود، گاهی ممکن است داده‌های

۱. در روش‌های کیفی، با توجه به شرایط خطرپذیری و شرایط ساختمان‌ها و زیرساخت‌های منطقه و همچنین براساس خسارات و تجربه‌های وقایع طبیعی در گذشته، روابط ریاضیاتی ویژه‌ای تهیه می‌شوند. از این روش‌ها می‌توان برای تخمین اولیه و تقریبی ظرفیت ساختمان‌های یک منطقه استفاده کرد. از جمله روش‌های ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها می‌توان به روش ارزیابی آسیب‌پذیری (ATC) و روش ارزیابی آسیب‌پذیری آریا اشاره کرد. در روش‌های کمی، ساختمان‌ها معمولاً به کمک تحلیل‌های عددی و مدل‌سازی‌های کامپیوتری با دقت و جزئیات بیشتر مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرند. پس از تعیین اطلاعات مورد نیاز سازهای ساختمان، پاسخ سازه و ظرفیت آن (C) معمولاً با استفاده از روش تحلیل عددی تعیین شده و از مقایسه میزان ظرفیت C با میزان تقاضای D، میزان آسیب‌پذیری سازه‌ها با یک معیار کمی گزارش می‌شود. در حال حاضر، روش معمول ارزیابی‌های پس از بحران، گسیل سریع تیم‌های بازرسی به محل‌های حادثه و انجام ارزیابی‌های چشمی و کیفی و بهره‌گیری از روش‌های Rapid Visual Screening (RVS) است. البته روش‌های کیفی و RVS برای ارزیابی‌های پیش از وقوع حادثه نیز به کار می‌روند که به کمک فناوری‌های مجازی تسهیل و بهسازی شده‌اند [۵۹].

مورد نیاز برای تحلیل دقیق در دسترس نباشد. به همین دلیل، این روش با ترکیب اطلاعات منتج از دو سطح کلان و خرد، نتایج قابل اعتمادتر و دقیق‌تری درباره میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطراتی نظیر زمین‌لرزه ارائه می‌دهد.

۵. معیارها و شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری شهری در برابر رخداد‌های طبیعی

برنامه‌ریزی با هدف مدیریت بحران و تخمین ریسک مخاطرات همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری بوده است. شناخت و تعیین میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر حوادث به‌منظور برنامه‌ریزی مدیریت بحران قبل از وقوع رخداد، الزامی است و اهداف زیر را دنبال می‌کند:

- شناخت معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر رخداد‌های طبیعی؛
- تعیین وزن و اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری؛
- تعیین وضعیت بافت شهر در برابر مخاطرات طبیعی.

از آنجاکه شناخت علل آسیب‌پذیری و نحوه تأثیرپذیری شهر از رخداد‌های طبیعی وابسته به شناخت دقیق علل و نحوه آسیب‌پذیری هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده کالبد شهر است؛ از این رو، شناخت عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری، شناخت میزان اهمیت هر یک از عناصر مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری و در نهایت، ارائه برنامه‌ای مدون و کاربردی در راستای مدیریت بهینه قبل و بعد از بحران در شهر می‌تواند مؤثر باشد [۴۸].

ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود در واقع نوعی پیش‌بینی خسارت‌دیدگی آنها در مقابل رخداد‌های احتمالی است. درحقیقت فجایع ناشی از سوانح از تنش میان دو پدیده یکی طبیعی و دیگری ساخته دست بشر بوده و بازتاب‌های واکنش انسان در مقابل این سانحه طبیعی است که فاجعه می‌آفریند. آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی در مقابل بلایای طبیعی به‌علت تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در نواحی وسیع و تراکم و امنیت نابسامان و بی‌قاعده سکونتگاه‌ها به‌طور مداوم افزایش یافته است. دامنه خساراتی که یک سانحه ایجاد می‌کند به عوامل زیادی از جمله زیرساخت‌های شهری بستگی دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه با تمرکز شدید، یک سانحه طبیعی می‌تواند به فاجعه بینجامد [۴۹].

آسیب‌پذیری در برابر سوانح از عوامل متعددی نشئت می‌گیرد که برخی از مهم‌ترین آنها شامل رشد جمعیت در مناطق پرخطر، افزایش شهرنشینی، رشد سالمندی، فقر، فرهنگ نادرست مواجهه با خطر، عدم رعایت استانداردها، عدم تحقق برنامه‌ها و ضعف عملکرد سازمان‌های مسئول است. ایران نیز همانند سایر کشورها با انواع آسیب‌پذیری‌ها در برابر مخاطرات مواجه است. آسیب‌پذیری شامل مجموعه‌ای از عوامل و شرایطی است که باعث می‌شود افراد، جوامع، دارایی‌ها یا فرایندها مستعد تأثیرپذیری از خطرات شوند. براساس سند راهبرد ملی مدیریت بحران [۵۰]، این آسیب‌پذیری‌ها در قالب ابعاد مختلف کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، محیط زیستی و سازمانی طبقه‌بندی می‌شوند که در شکل زیر توضیح داده شده‌اند. از آنجاکه بخش وسیعی از کشور و درصد قابل توجهی از سکونتگاه‌های شهری و روستایی در معرض خطرات طبیعی قرار دارند، توجه به عامل در معرض قرارگیری نقش مؤثری در کاهش خطر و افزایش تاب‌آوری در کشور دارد. اجرای پروژه‌ها و احداث



تأسیسات در پهنه‌های با خطر بالا و توسعه نامتوازن شهری به‌ویژه در کلان‌شهرها از جمله عواملی هستند که خطر پذیری افراد، دارایی‌ها و سرمایه‌های کشور را افزایش می‌دهند. توجه به این عوامل و برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری امری ضروری است.

شکل ۶. معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری بر اساس سند راهبرد ملی مدیریت بحران کشور [۵۰]



برای درک بهتر آسیب‌پذیری شهری، اجزای سیستم شهری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری شناسایی شده‌اند. معیارها و شاخص‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری شهری از منابع و پژوهش‌های متعددی [۵۱، ۲۱، ۳، ۳۸، ۵، ۵۲] گردآوری، اصلاح و تکمیل شده‌اند. بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اغلب به این موضوع نگاه‌های جزئی و موردی داشته‌اند، اما با رویکردی جامع می‌توان بدون توجه به نوع تهدید، آسیب‌پذیری ناشی از اختلال سیستم شهری را ارزیابی کرد و با شناسایی عوامل مؤثر، پیشنهادهایی برای کاهش آن ارائه داد. در این پژوهش، با جمع‌بندی پارامترهای مؤثر ابعاد طبیعی، کالبدی، دسترسی، زیرساختی و سایر (مانند ابعاد اجتماعی و اقتصادی) به‌عنوان مهم‌ترین ابعاد آسیب‌پذیری شهری استخراج شده است. هر یک از این ابعاد شامل معیارهای متنوعی هستند که در بخش‌های بعدی بررسی خواهند شد. این معیارها امکان تحلیل دقیق‌تر و کاهش خطا در ارزیابی آسیب‌پذیری را فراهم می‌کنند.

۱-۵. بُعد طبیعی و زیست‌محیطی

عوامل طبیعی و زیست‌محیطی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر میزان آسیب‌پذیری یک منطقه تأثیر می‌گذارند و تعیین‌کننده شدت خطرات و آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی هستند. ویژگی‌هایی مانند موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، شیب زمین، نوع و مقاومت خاک، میزان

بارندگی، نزدیکی به گسل‌ها و آبراهه‌ها، و شرایط اقلیمی نقش مهمی در ایجاد یا تشدید آسیب‌پذیری دارند. مناطق واقع شده در حریم گسل‌ها یا دارای خاک‌های ضعیف، بیشتر در معرض خسارات ناشی از زلزله قرار دارند. همچنین، بارندگی شدید یا عدم نفوذپذیری خاک می‌تواند خطر سیلاب را افزایش دهد. تغییرات زیست‌محیطی، مانند کاهش پوشش گیاهی و استفاده نادرست از منابع طبیعی، نیز پایداری زمین را کاهش داده و خطراتی نظیر فرسایش خاک، زمین لغزه، و سیلاب را تشدید می‌کند. بنابراین، تحلیل دقیق این عوامل برای برنامه‌ریزی و کاهش آسیب‌پذیری ضروری است.

■ فاصله از خطوط گسل‌ها

گسل‌ها محل تجمع انرژی در لایه‌های زمین هستند که هنگام آزادسازی باعث زلزله می‌شوند. شدت لرزه‌ها و جابه‌جایی زمین در نزدیکی گسل‌ها بیشتر است و می‌تواند باعث تخریب گسترده در سازه‌ها شود. فاصله از گسل‌ها معیاری کلیدی در ارزیابی لرزه‌خیزی زمین است که در تعیین مناطق مناسب برای ساخت‌وساز اهمیت دارد.

■ جنس (مقاومت) خاک

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک مانند مقاومت برشی، تراکم‌پذیری، و نفوذپذیری بر پایداری سازه‌ها تأثیر مستقیم دارد. خاک‌های ضعیف مانند رس‌های نرم و ماسه‌های اشباع شده در هنگام زلزله مستعد روان‌گرایی هستند و باعث فروریزش سازه‌ها می‌شوند. ارزیابی مقاومت خاک در مناطق با خطر بالای لرزه‌خیزی حیاتی است.

■ توپوگرافی و شیب زمین

زمین‌های با شیب زیاد به دلیل ناپایداری ذاتی مستعد لغزش، ریزش سنگ، و زمین لغزه هستند. در مناطقی با بارش زیاد یا زلزله، خطر افزایش می‌یابد. توپوگرافی همچنین بر هدایت آب‌های سطحی تأثیر می‌گذارد و در مدیریت رواناب نقش دارد.

■ بیشینه شتاب زمین / شتاب مبنای طرح منطقه

شتاب زمین ناشی از زلزله عامل اصلی وارد آمدن نیروهای دینامیکی به سازه‌هاست. بیشینه شتاب زمین نشان‌دهنده حداکثر شتاب در منطقه‌ای خاص در هنگام زلزله است. شتاب مبنای طرح به‌عنوان شاخص لرزه‌خیزی، برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله در نظر گرفته می‌شود و نقش حیاتی در کاهش آسیب‌پذیری دارد.

■ میزان بارش منطقه

بارش‌های شدید باعث اشباع خاک، افزایش رواناب، و وقوع سیلاب می‌شود. همچنین، بارش زیاد در زمین‌های شیب‌دار می‌تواند فرایندهای فرسایش خاک و زمین لغزه را تشدید کند. در مناطق با بارش بالا، باید ظرفیت مدیریت رواناب و پایداری زمین مورد توجه قرار گیرد.

■ نزدیکی به رودخانه، کانال و مسیل

مناطق نزدیک به آبراهه‌ها بیشتر در معرض خطر سیلاب قرار دارند و در واقع نزدیکی به رودخانه، کانال آب و مسیل از عوامل افزایش خطر سیل‌گیری در منطقه محسوب می‌شود. این مناطق به‌ویژه در دوره‌های بارش سنگین یا ذوب برف به دلیل بالا آمدن آب و ضعف شبکه‌های تخلیه در انتقال حجم زیاد رواناب دچار سیل می‌شوند. از سوی دیگر، نزدیکی به مسیل‌ها باعث تخلیه راحت‌تر رواناب می‌شود و با افزایش فاصله از آبراهه‌ها، تخلیه رواناب نیز مشکل‌تر می‌شود، اما طراحی نادرست مسیل‌ها می‌تواند خطرات سیلاب را افزایش دهد.

■ سرعت وزش باد منطقه

سرعت باد نقش تعیین‌کننده‌ای در آسیب‌پذیری سازه‌ها به‌ویژه ساختمان‌های بلند و سبک دارد. بادهای شدید می‌توانند باعث تخریب سقف‌ها، اجزای غیرسازه‌ای و آسیب به زیرساخت‌ها شوند. بنابراین مناطق با سرعت باد بالا به طراحی خاص سازه‌ای نیاز دارند که مقاومت در برابر فشارهای ناشی از باد را تضمین کند.

■ دبی ۲۵ ساله آب‌های سطحی و زیرزمینی

دبی ۲۵ ساله به بیشترین حجم جریان آب در طول یک دوره بازگشتی ۲۵ ساله اشاره دارد. این معیار نشان‌دهنده شدت و تکرار سیلاب‌ها در



یک منطقه است و برای برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها مانند سدها و شبکه‌های زهکشی استفاده می‌شود.

■ دبی پیک سیلاب پنجاه‌ساله و صدساله

دبی پیک سیلاب بیانگر حداکثر حجم جریان سیلاب در دوره‌های بازگشتی طولانی مدت (پنجاه یا صد سال) است. این شاخص به ارزیابی خطرات بلندمدت سیلاب و طراحی تأسیسات مقاوم در برابر حوادث شدید مانند پل‌ها و کانال‌های آب کمک می‌کند.

■ نفوذپذیری خاک

خاک با نفوذپذیری پایین باعث تجمع آب‌های سطحی و افزایش خطر سیلاب می‌شود. از سوی دیگر، خاک با نفوذپذیری بالا به تخلیه رواناب کمک می‌کند، اما در صورت کاهش رطوبت می‌تواند ناپایدار شود. ارزیابی نفوذپذیری در تعیین قابلیت مدیریت رواناب و جلوگیری از فرسایش خاک اهمیت دارد.

■ تراکم پوشش گیاهی

پوشش گیاهی با تثبیت خاک و کاهش فرسایش، خطر لغزش زمین و سیلاب را کاهش می‌دهد. تراکم بالای پوشش گیاهی، رواناب سطحی را کاهش داده و به نفوذ آب به زیر سطح کمک می‌کند. کاهش پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق شیب‌دار، خطر زمین‌لغزه و سیلاب را افزایش می‌دهد.

۲-۵. بُعد کالبدی

۱-۲-۵. بُعد کالبدی - فضایی

شهرها به‌عنوان محیط‌های کالبدی انسانی، مستعد انواع آسیب‌پذیری‌های فیزیکی هستند که یکی از مهم‌ترین عوامل آن، ساختار کالبدی و سازمان فضایی شهر است. در این زمینه، معیارهایی همچون فرسودگی بافت، تراکم، دانه‌بندی، عرض معابر و نحوه ترکیب راه‌ها و بلوک‌های شهری نقش اساسی دارند. نحوه مجاورت قطعات تفکیکی با معابر، میزان محصوریت بافت‌ها و الگوهای فضایی می‌توانند آسیب‌پذیری شهری را تشدید یا کاهش دهند. ارزیابی این عوامل به شناخت بهتر نقاط ضعف کالبدی و ارتقای توان پایداری شهری کمک می‌کند. شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات از بُعد کالبدی - فضایی به شرح ذیل است:

■ تراکم ساختمانی / تراکم جمعیتی

این شاخص به‌عنوان یک عامل کلیدی در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری، تأثیر مستقیمی بر میزان تلفات و خسارات ناشی از بحران‌ها دارد. تراکم جمعیتی به معنای تعداد افراد در واحد سطح، شاخصی است که بار جمعیتی بر معابر شهری را نشان می‌دهد. در مناطقی با تراکم جمعیتی بالا، سرعت پناه‌گیری و امدادسانی کاهش می‌یابد و احتمال تلفات انسانی افزایش پیدا می‌کند. تراکم بالای جمعیت همچنین به بسته شدن معابر، محدودیت در گریز به مناطق امن و کاهش دسترسی به خدمات امدادی در هنگام وقوع بحران‌ها منجر می‌شود. این شاخص معمولاً براساس نفر در هکتار اندازه‌گیری شده و می‌تواند در سطوح مختلف شهری یا محله‌ای ارزیابی شود. تراکم ساختمانی نیز که به نسبت زیربنای سرپوشیده کل طبقات و ساختمان‌های موجود در یک قطعه زمین (زیربنای ناخالص) به مساحت آن قطعه زمین اشاره دارد، بر ایمنی و آسیب‌پذیری شهری تأثیر بسزایی دارد. افزایش تراکم ساختمانی علاوه بر محدود کردن فضاهای باز موردنیاز برای امدادسانی و تجمع اضطراری و کاهش امکان گریز، احتمال فروپاشی ساختمان‌ها و ایجاد خسارت‌های جانی و مالی را بالا می‌برد. از این رو، تنظیم تراکم ساختمانی و جمعیتی براساس ظرفیت و توان مناطق شهری، اهمیت بسیاری در کاهش آسیب‌پذیری دارد. در مجموع، افزایش تراکم جمعیتی و ساختمانی در مناطق شهری باعث افزایش احتمال خسارت‌ها و دشواری در امدادسانی می‌شود. به همین دلیل، مدیریت صحیح تراکم و توزیع متعادل آن در محدوده‌های شهری، به‌ویژه در مناطق مستعد خطر، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی شهری داشته باشد [۵۲، ۵۳].

■ سازگاری کاربری‌های هم‌جوار

سازگاری کاربری‌های هم‌جوار به نحوه قرارگیری و ارتباط میان کاربری‌های مختلف شهری اشاره دارد و در ارزیابی آسیب‌پذیری نقش حیاتی

ایفا می‌کند. هر کاربری، بسته به عملکرد و محل قرارگیری، میزان مشخصی از آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات را دارد. در صورت عدم رعایت اصول هم‌جواری و قرار گرفتن کاربری‌های ناسازگار در کنار یکدیگر، این امر می‌تواند به افزایش آسیب‌پذیری و گسترش خطرات منجر شود. به‌عنوان مثال، قرارگیری تأسیسات صنعتی یا انبارهای مواد خطرناک در نزدیکی مناطق مسکونی می‌تواند در صورت وقوع بحران، خسارات جبران‌ناپذیری به بار آورد. هنگام وقوع زلزله نیز هر نوع کاربری بسته به شرایط زمین‌شناسی و موقعیت مکانی، میزان آسیب‌پذیری متفاوتی را تجربه می‌کند که مدل‌های تحلیلی می‌توانند میزان سازگاری هر کاربری را با موقعیت جغرافیایی آن ارزیابی کرده و مخاطرات ناشی از شرایط منطقه‌ای و زمین‌شناسی را تعیین کنند.

به‌طور کلی شهرها، به‌دلیل وسعت جغرافیایی و تمرکز تأسیسات و نیروی انسانی مستعد تهدیدات متنوعی هستند که برخی از آنها مانند زلزله یا آتش‌سوزی می‌توانند هم‌افزایی مخرب میان کاربری‌های ناسازگار ایجاد کنند. این هم‌افزایی می‌تواند شدت بحران و میزان خسارات را افزایش دهد. از این رو، طراحی صحیح سازمان فضایی شهر و رعایت اصول هم‌جواری کاربری‌ها، گامی اساسی در کاهش آسیب‌پذیری شهری و بهبود تاب‌آوری در برابر مخاطرات مختلف به‌شمار می‌آید.

■ نوع بافت

مفهوم بافت شهری به‌طور کلی به چگونگی ترکیب اجزای مختلف شهر از جمله معابر و سازه‌ها اشاره دارد. این ترکیب می‌تواند تأثیر زیادی بر کارایی سیستم شهری به‌ویژه در مواقع بحران داشته باشد. در واقع هر نوع بافت شهری در برابر تهدیدات طبیعی یا انسان‌ساخت واکنش متفاوتی دارد و طراحی صحیح آن علاوه بر کاهش آسیب‌پذیری، می‌تواند به تسهیل در امداد رسانی، پاکسازی و اسکان موقت نیز کمک کند. به‌عبارت دیگر، نوع بافت شهری ارتباط مستقیمی با آسیب‌پذیری در برابر بحران‌ها دارد. به‌عنوان مثال بافت‌های منظم و پیوسته در اراضی هموار معمولاً آسیب‌پذیری کمتری دارند. این نوع بافت‌ها امکان دسترسی آسان برای امداد رسانی را فراهم کرده و سرعت واکنش در هنگام بحران را افزایش می‌دهند. به‌ویژه بافت شطرنجی که به‌دلیل طراحی منظم و راه‌های دسترسی متعدد، در مواقع اضطراری عملکرد مؤثری دارد. در مقابل، بافت ناپیوسته و نامنظم در نواحی هموار یا بافت پلکانی در اراضی کوهپایه‌ای آسیب‌پذیری بیشتری دارند. این نوع بافت‌ها به‌دلیل ساختار پیچیده و محدودیت در دسترسی به معابر می‌توانند در زمان وقوع بحران مانع امداد رسانی سریع و مؤثر شوند. به‌علاوه ویژگی‌های بافت می‌تواند در توان واکنش ساکنان در برابر تهدیدات مختلف نیز تأثیرگذار باشد. به‌عنوان مثال در بافت‌های منظم و ساده امکان گریز و پناه‌گیری به‌مراتب سریع‌تر از بافت‌های پیچیده و نامنظم است. بنابراین مطالعه و تحلیل بافت شهری در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت بحران نقش کلیدی دارد.

■ فرسودگی بافت و میزان فاصله از بافت فرسوده و بی‌کالبد

پایداری شهری وابسته به تحول و تغییرات تدریجی شهر در ابعاد مختلف است، به‌گونه‌ای که بتواند به نیازهای زمانی و مکانی پاسخ دهد. زمانی که این سازگاری محقق نشود، شهرها به سمت فرسودگی در ابعاد کالبدی، اجتماعی و عملکردی حرکت می‌کنند. فرسودگی شهری در واقع به معنای کاهش کیفیت و کارایی اجزای کالبدی شهر است که به تدریج به نابودی کالبدی-عملکردی شهر منجر می‌شود. این فرسودگی می‌تواند ناشی از عدم نگهداری بافت، رشد بی‌رویه آن و یا عدم انطباق با نیازهای اجتماعی و اقتصادی جدید باشد. بافت‌های فرسوده به‌دلیل ویژگی‌های ساختاری ناپایدار و نفوذناپذیر خود در زمان بحران‌ها خطرات بیشتری را به‌همراه دارند. میزان تخریب در این بافت‌ها به‌ویژه در هنگام وقوع حوادث طبیعی یا تهدیدات انسان‌ساخت بالاست و این امر بر آسیب‌پذیری عمومی تأثیر می‌گذارد. در چنین مناطقی همچنین دسترسی به خدمات اضطراری و امداد رسانی محدود بوده و می‌تواند کارایی اقدامات امدادی را کاهش دهد. به‌طور خاص در برنامه‌ریزی دفاعی شهری این مناطق به‌دلیل خطرات موجود و آسیب‌پذیری بالاتر نیاز به توجه ویژه دارند. افزایش فاصله بافت‌های فرسوده و بی‌کالبد، علاوه بر بهبود کیفیت زندگی، می‌تواند موجب کاهش آسیب‌پذیری در برابر بحران‌ها و تهدیدات شود، چرا که بافت‌های سالم‌تر و مقاوم‌تر عملکرد بهتری در مواجهه با بحران‌ها دارند.

■ درجه محصوریت (نسبت عرض معابر به ارتفاع ساختمان‌های مجاور)

درجه محصوریت یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری است که ارتباط مستقیمی با نحوه واکنش و میزان توان



امداد رسانی در زمان بحران دارد. این شاخص به نسبت عرض معابر به ارتفاع ساختمان‌های مجاور اشاره دارد و در مواقع بروز بحران اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در شرایطی که معابر باریک و ساختمان‌ها با ارتفاع زیاد در کنار هم قرار گیرند، فضای عبور برای افراد و خودروهای امدادی محدود می‌شود که این موضوع به‌ویژه در شرایط اضطراری و هنگام گریز از محل بحران به شدت تأثیر گذار است. از سوی دیگر، در معابر باریک و محصور احتمال ترافیک یا انسداد مسیرها بیشتر است که می‌تواند دسترسی به نقاط مختلف شهر و مناطق امن را با مشکل مواجه کند. این شاخص در بسیاری از مطالعات آسیب‌پذیری شهری در برابر تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی امنیت و آمادگی شهری مطرح می‌شود.

■ درصد معابر شهری / عرض معابر (نفوذپذیری بافت)

نفوذپذیری بافت شهری یکی از معیارهای تعیین‌کننده در ارزیابی آسیب‌پذیری است که ارتباط مستقیم با عرض معابر دارد. در واقع نفوذپذیری بافت به معنای قابلیت دسترسی و عبور و مرور در داخل شهر است که تحت تأثیر عرض معابر قرار دارد. هرچه عرض معابر بیشتر باشد، امکان دسترسی سریع‌تر به مناطق مختلف شهر از جمله مناطق بحرانی بیشتر است. در همین راستا، شورای عالی شهرسازی و معماری ایران یکی از معیارهای شناسایی بافت‌های فرسوده را وجود معابر زیر ۶ متر به میزان حداقل ۵۰ درصد از بافت منطقه می‌داند. معابر باریک که دسترسی محدودی به شهر و مناطق مختلف دارند می‌توانند موجب افزایش آسیب‌پذیری در مواقع بحران شوند. به‌ویژه در شرایطی که نیاز به جابه‌جایی سریع افراد یا تجهیزات امدادی باشد، این بافت‌های کم‌نفوذ می‌توانند عملکرد سیستم امداد رسانی را مختل کنند. بنابراین ارتقای عرض معابر و افزایش نفوذپذیری بافت به‌ویژه در مناطق پرجمعیت می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری شهری و تسهیل در فرایندهای امداد رسانی کمک کند.

■ درصد میانگین مساحت قطعات (دانه‌بندی بافت)

دانه‌بندی بافت شهری که به میانگین حدنصاب مساحت قطعات اراضی اشاره دارد یکی از عوامل مؤثر در تعیین میزان آسیب‌پذیری شهری است. اراضی شهری معمولاً به سه دسته ریزدانه (کمتر از ۲۰۰ متر مربع)، میان‌دانه (۲۰۰ تا ۴۰۰ متر مربع)، و درشت‌دانه (بیش از ۴۰۰ متر مربع) تقسیم می‌شوند. بر اساس شاخص‌های شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، وجود قطعات با مساحت کمتر از ۱۵۰ متر مربع به میزان حداقل ۵۰ درصد بافت، یکی از معیارهای شناسایی بافت‌های فرسوده محسوب می‌شود. در این میان، بافت‌های ریزدانه به دلیل تراکم بالای کالبدی، محدودیت فضای باز و کاهش فضای مفید برای گریز، پناه‌گیری، امداد رسانی و اسکان موقت، آسیب‌پذیری بیشتری دارند. علاوه بر این، انسداد مسیرهای ارتباطی و کاهش کارایی شبکه معابر در این بافت‌ها، مشکلاتی نظیر گره‌های ترافیکی و افزایش میزان خطر را تشدید می‌کند. در مقابل، بافت‌های درشت‌دانه به دلیل کاهش گره‌های ترافیکی، تعداد کمتر بن‌بست‌ها و افزایش کارآمدی شبکه ارتباطی، در زمان وقوع بحران عملکرد بهتری دارند. همچنین، دانه‌بندی بافت تأثیر مستقیمی بر نظم فضایی بلوک‌های شهری، تراکم جمعیتی، تمرکز خدمات و زیرساخت‌ها دارد و از این رو، طراحی بهینه دانه‌بندی می‌تواند نقش مهمی در کاهش آسیب‌پذیری شهری ایفا کند. در نهایت، این شاخص نه تنها در طراحی و برنامه‌ریزی شهری بلکه در مدیریت بحران نیز تأثیر گذار بوده و بافت‌های میان‌دانه و درشت‌دانه، به‌ویژه در مواجهه با تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت از ایمنی بیشتری برخوردارند. [۲۲، ۵۲].

۲-۲-۵. بُعد کالبدی - ساختمان

ساختمان به‌عنوان محصول نهایی فرایند ساخت‌وساز تحت تأثیر مجموعه‌ای از مقررات، خدمات، مصالح، محصولات و تجهیزات قرار دارد. بخش عمده کیفیت ساخت‌وساز به عواملی مانند نوع مصالح، اهمیت سازه، تعداد طبقات، سال ساخت، نظام ساخت‌وساز، کنترل و تضمین کیفیت و میزان توسعه‌یافتگی صنعت ساخت‌وساز کشور وابسته است. در ادامه مهم‌ترین معیارهای آسیب‌پذیری از بُعد کالبدی - ساختمان بررسی می‌شوند:

■ مقاومت بنا

مقاومت ساختمان و سطح ایمنی آن در برابر زلزله، آتش‌سوزی و... یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری بوده که به عوامل مختلفی مانند سال ساخت، مصالح به کار رفته، نوع نمای ساختمان، سیستم سازه‌ای و کیفیت ساخت وابسته است. طبق شاخص‌های

استاندارد، ساختمان‌ها به چهار گروه نامقاوم، کم‌مقاوم، نیمه‌مقاوم و مقاوم تقسیم می‌شوند. ساختمان‌های دارای مصالح با کیفیت و طراحی مطابق استانداردهای روز مقاومت بیشتری در برابر بلایا دارند. از سوی دیگر، بناهایی که با مصالح خشتی، گلی یا آجری ساخته شده‌اند در برابر زلزله یا تهدیدات دیگر آسیب‌پذیرترند.

■ نوع مصالح سازه

نوع مصالح سازه‌ای نقش کلیدی در رفتار ساختمان هنگام وقوع بحران به خصوص در زمان زلزله دارد. ساختمان‌ها را از نظر نوع مصالح به کار رفته در سازه می‌توان به چهار دسته بادوام، نیمه‌بادوام، کم‌دوام و بی‌دوام تقسیم کرد. استفاده از مصالح مقاوم مانند بتن مسلح، فولاد و مواد سبک و مقاوم نظیر بلوک‌های سبک بتنی، خطرات ناشی از زلزله را کاهش می‌دهد. سازه‌های سنگی و خشتی به‌ویژه در مناطق زلزله‌خیز بیشترین خطرپذیری را دارند و این موضوع در تحلیل‌های خطرپذیری اهمیت زیادی دارد.

■ سیستم سازه‌ای

سیستم باربر جانبی هر ساختمان تأثیر مستقیمی بر رفتار آن در برابر زلزله دارد. ساختمان‌ها بسته به سیستم سازه‌ای خود مانند قاب خمشی، دیوار برشی، سیستم‌های ترکیبی و... از مقاومت جانبی متفاوتی در برابر زلزله برخوردارند. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله این سیستم‌ها را برای ارزیابی رفتار لرزه‌ای طبقه‌بندی کرده است. سیستم‌های دوگانه و قاب خمشی ویژه معمولاً عملکرد بهتری در برابر نیروهای لرزه‌ای دارند.

■ ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان

علاوه بر نوع خاک و مشخصات زمین محل ساخت پارامترهای دیگری از جمله ارتفاع ساختمان و تعداد طبقات آن نیز بر ارتعاش و ناپایداری سازه تأثیرگذار بوده و از عوامل مهم آسیب‌پذیری به‌شمار می‌روند. با افزایش ارتفاع ساختمان و تعداد طبقات، ضریب تشدید لرزه‌ای و جابه‌جایی سازه افزایش می‌یابد. بنابراین، طراحی سازه‌های بلند باید با رعایت ضوابط آیین‌نامه و تحلیل دقیق لرزه‌ای انجام شود.

■ سطح اشغال ساختمان

سطح اشغال ساختمان، که به‌عنوان نسبت مساحت سطح مجاز احداث بنا به مساحت کل قطعه زمین تعریف می‌شود، یکی از معیارهای کلیدی در پدافند غیرعامل محسوب می‌شود. رعایت اصولی سطح اشغال در طراحی ساختمان‌ها موجب می‌شود بخشی از زمین آزاد بماند و به ایجاد فضاهای باز برای پناه‌گیری، عملیات امداد رسانی و کاهش تراکم جمعیتی کمک شود. به‌عنوان مثال، ضوابط پدافند غیرعامل پیشنهاد می‌کنند که درصد معینی از زمین در هر قطعه یا پلاک به فضای باز اختصاص یابد تا تعادل میان توده و فضا برقرار شود [۲۲]. عدم رعایت این شاخص می‌تواند به تراکم بالای جمعیت و اختلال در امداد رسانی در مواقع بحرانی منجر شود.

■ نمای ساختمان

نمای ساختمان نیز به‌عنوان یکی از متغیرهای تأثیرگذار در میزان آسیب‌پذیری کالبدی از عوامل مهمی است که می‌تواند در هنگام بلایا خطر ساز باشد. نماهای سنگین یا شیشه‌ای که در ساخت و سازهای جدید رواج بیشتری یافته‌اند به دلیل ریزش خطرناک در هنگام زلزله تهدیدی جدی محسوب می‌شوند. در مقابل استفاده از مصالح سبک و مقاوم مانند پنل‌های پیش‌ساخته و تقویت شده ضد حریق می‌تواند این آسیب‌ها را به میزان زیادی کاهش دهد.

■ قدمت بنا

عمر ساختمان یکی دیگر از شاخص‌های مهم آسیب‌پذیری است. در ایران عمر مفید ساختمان‌ها به‌طور میانگین سی سال برآورد شده است. ساختمان‌های قدیمی‌تر که بر اساس استانداردهای قدیمی یا بدون نظارت مهندسی ساخته شده‌اند از مقاومت کمتری برخوردارند. چرا که در هر دوره و در ویرایش‌های مختلف آیین‌نامه، کیفیت مصالح ساختمانی، ساخت و اجرا تغییر می‌کند. این موضوع به‌ویژه در مواجهه با زلزله که نیاز به طراحی لرزه‌ای پیشرفته دارد نمود بیشتری پیدا می‌کند. به همین دلیل ساختمان‌های قدیمی‌تر نیازمند مقاوم‌سازی یا تخریب و بازسازی هستند. همچنین ضرورت احیا و مرمت بناهای تاریخی به دلیل قدمت بسیار زیاد و بالا بودن احتمال آسیب‌ها و تلفات انسانی این



اماکن در مواقع بروز بحران‌های طبیعی، باید مورد توجه قرار گیرد.

۳-۵. بُعد دسترسی

۳-۱-۵. شبکه ارتباطی

شبکه‌های ارتباطی شهری که هدف آن برآوردن مفهوم نیاز به دسترسی است، نقشی کلیدی در کاهش آسیب‌پذیری در برابر بحران‌ها و حوادث مختلف به‌ویژه پس از وقوع زلزله ایفا می‌کنند. طراحی یک شبکه ارتباطی کارآمد می‌تواند تا حد زیادی میزان خسارت‌ها و صدمات ناشی از بحران‌ها را کاهش دهد. شبکه‌های ارتباطی مؤثر عرض بیشتری دارند و مساحت بیشتری را نسبت به سطوح ساخته شده شهری پوشش می‌دهند. علاوه بر این، معابر شبکه باید کمترین پیچ‌وخم را داشته باشند؛ به گونه‌ای که دسترسی به کاربری‌های حساس مانند بیمارستان‌ها و مراکز امدادی به‌طور مستقیم برقرار شود و امکان دسترسی سواره هر چه بیشتر فراهم باشد. همچنین نوع بافت شهری نیز تأثیر زیادی بر کارآمدی این شبکه‌ها دارد. در بافت‌های شهری با دانه‌بندی درشت که معابر کمتری را مسدود می‌کنند و گره‌های ترافیکی کمتری دارند، کارایی شبکه‌های ارتباطی بیشتر و میزان آسیب‌پذیری کمتر است. در نتیجه، بهبود و توسعه شبکه ارتباطی نه تنها در شرایط عادی یک ضرورت است بلکه در مواقع بحرانی و غیرعادی برای حفظ جان افراد و تسهیل عملیات امدادی اهمیت چندبرابری پیدا می‌کند.

۳-۲-۵. فضاهای باز و عمومی

فضاهای باز شهری از جمله پارک‌ها، میدان‌ها و سایر اراضی باز، نقش بسیار مهمی در کاهش آسیب‌پذیری شهری ایفا می‌کنند. این فضاها به‌عنوان محل‌هایی امن برای گریز، پناه‌گیری، امداد رسانی، اسکان موقت و جمع‌آوری کمک‌ها در زمان بحران عمل می‌کنند. همچنین با توجه به ظرفیت زیرساخت‌های گردشگری و تفریحی می‌توان از امکاناتی نظیر هتل‌ها و مراکز اقامتی به‌منظور اسکان شهروندان در زمان وقوع بحران‌هایی نظیر زلزله، سیل و ... بهره‌گیری کرد. از طرفی فضاهای باز تأثیر زیادی در تعدیل تراکم جمعیتی و ساختمانی دارند و می‌توانند به‌عنوان فضای ارتباط دهنده بین فعالیت‌های مختلف درون شهر عمل کنند. طراحی مناسب فضاهای باز در محدوده شهری به گونه‌ای که متناسب با نیازهای بحران و دارای توزیع عادلانه در مناطق مختلف شهر باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این فضاها می‌توانند در مواقع اضطراری به کاهش وسعت و دامنه آسیب‌ها کمک کنند و با افزایش قابلیت‌های دفاعی از آسیب‌پذیری شهر در برابر تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت بکاهند. از جمله مهم‌ترین فضاهای باز شهری که در بحران‌ها کاربرد دارند می‌توان به فضاهای سبز شهری، معابر و دسترسی‌ها، اراضی ذخیره خدمات شهری و فضاهای وسیع عمومی یا خصوصی اشاره کرد. بدین ترتیب، توجه به طراحی و توزیع صحیح فضاهای باز به‌ویژه در بافت‌های شهری برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهری ضروری است [۲۲].

۳-۳-۵. مراکز امداد و نجات

مراکز امداد و نجات به‌ویژه ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مراکز درمانی در کاهش آسیب‌ها و مدیریت بحران نقشی حیاتی دارند. مکان‌یابی این مراکز باید به گونه‌ای باشد که دسترسی سریع و آسان به آنها در مواقع بحران تضمین شود. ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید در محل تقاطع‌ها و در خیابان دوطرفه قرار گیرند تا در صورت بروز حوادث به‌سرعت به منطقه حادثه‌دیده دسترسی پیدا کنند. فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی حداکثر ۱۵۰۰ متر پیشنهاد شده تا امداد رسانی سریع و مؤثر امکان‌پذیر شود [۵۴]. همچنین مراکز درمانی نیز باید در دسترس و نزدیک به مناطق پرخطر قرار گیرند تا در صورت وقوع حادثه، رسیدگی سریع به مصدومین و مجروحین تسهیل گردد. شعاع دسترسی برای درمانگاه‌ها ۶۵۰ تا ۷۵۰ متر و برای بیمارستان‌ها ۱ تا ۱٫۵ کیلومتر توصیه می‌شود [۵۵]. این دسترسی باید به گونه‌ای باشد که افراد بتوانند به راحتی و در کمتر از ۱۰ دقیقه پیاده‌روی به مراکز درمانی برسند. نزدیکی به مراکز امدادی مانند آتش‌نشانی و درمانی به‌ویژه در زمان بحران موجب افزایش کارآمدی عملیات امداد و نجات می‌شود. بنابراین برنامه‌ریزی شهری باید براساس این معیارها صورت گیرد تا از آسیب‌پذیری کمتر و تاب‌آوری بالاتری برخوردار شویم.

۴-۵. بعد از ساخت

زیرساخت‌های شهری شامل کلیه خدمات و شبکه‌های ضروری برای عملکرد یک شهر از جمله کاربری‌های عمومی و خدماتی (تأسیسات روبنایی) و شبکه‌های حمل‌ونقل، آب و فاضلاب، نیرو، سوخت، ارتباطات و دیگر تأسیسات مرتبط (تأسیسات زیربنایی) هستند. هرگونه نقص یا اختلال در عملکرد تأسیسات شهری شامل خدماتی مانند آب، برق، گاز، تلفن و سیستم‌های فاضلاب می‌تواند به بحران‌های شدید شهری و مشکلات سیاسی و امنیتی منجر شود. این تأسیسات که معمولاً به صورت سیستم‌های پیچیده زیرزمینی طراحی و اجرا می‌شوند، به عنوان شریان‌های حیاتی شهر عمل می‌کنند و نقش اساسی در تأمین نیازهای اولیه شهروندان دارند.

به طور کلی زیرساخت‌ها در هر جامعه و کشوری به عنوان یکی از ارکان اصلی و حیاتی برای ادامه حیات شهری به شمار می‌روند. اگر هر یک از این زیرساخت‌ها به درستی عمل نکند یا آسیب‌پذیر باشد می‌تواند اختلالات عمده‌ای در خدمات عمومی و در نهایت بحران‌هایی در سایر بخش‌ها به وجود آورد. نقص در زیرساخت‌ها می‌تواند به حدی مخرب باشد که نه تنها اثرات منفی مستقیم بر زندگی شهری داشته باشد، بلکه موجب فروپاشی سایر شبکه‌ها و بروز پیامدهای پیش‌بینی نشده در سطح اقتصادی و اجتماعی گردد. بنابراین، حفظ کارکرد صحیح و ایمن این زیرساخت‌ها و همچنین ارتقای تاب‌آوری آنها در برابر بحران‌ها امری حیاتی است تا از بروز اختلالات گسترده و تهدیدات جدی جلوگیری شود. نقش زیرساخت‌های مختلف شهری در میزان آسیب‌پذیری در بحران‌ها در ادامه این بخش ارائه شده است.

۱-۴-۵. شبکه حمل‌ونقل

شبکه حمل‌ونقل شهری به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین زیرساخت‌ها در برابر سوانح و تهدیدات، نقشی حیاتی در برقراری ارتباط میان عناصر مختلف شهر ایفا می‌کند. هرگونه اختلال یا آسیب در این شبکه می‌تواند باعث قطع ارتباطات داخلی شهر و تشدید بحران شود. اهمیت این شبکه نه تنها به عنوان مسیرهای تردد بلکه به عنوان عاملی تأثیرگذار در کاهش یا تشدید آسیب‌پذیری شهری دوچندان است. شبکه حمل‌ونقل شامل معابر شهری، شبکه راه‌های بین شهری، خطوط ریلی و شبکه‌های هوایی و دریایی است که هر کدام حجم معینی از تردها را مدیریت کرده و سطح متفاوتی از سرویس‌دهی را ارائه می‌دهند. در زمان بحران کارایی این شبکه‌ها به ویژه شبکه‌های جاده‌ای و ریلی مستقیماً بر سرعت امداد رسانی و مدیریت بحران تأثیر می‌گذارد. زیرساخت‌های حمل‌ونقل شامل فناوری و دانش طراحی، ساخت و نگهداری است که باید ایمن، کارآمد و اقتصادی طراحی شوند. در عین حال، کاهش آسیب‌پذیری این شبکه‌ها در برابر تهدیدات طبیعی همچون زلزله و سیل ضروری است تا عملکردهای آنها با حداقل آسیب مختل نشود و به سرعت بازیابی گردد. بدین ترتیب، مدیریت بهینه شبکه حمل‌ونقل و تقویت تاب‌آوری آن از عناصر کلیدی حفظ پویایی و کاهش آسیب‌های ناشی از بحران در شهرهای امروزی به شمار می‌آید.

۲-۴-۵. تأسیسات شهری (آب، برق، گاز، مخابرات و...)

تأسیسات شهری شامل زیرساخت‌های حیاتی مانند آب، برق، گاز، و مخابرات است که هر یک از این شریان‌ها نقش مهمی در عملکرد ایمن و پایدار شهر دارند. هر یک از زیرساخت‌های شهری شامل تأسیسات بالادستی و پایین‌دستی هستند و هرگونه اختلال در بخش بالادستی می‌تواند عملکرد بخش پایین‌دستی را به شدت مختل کرده و خسارات جدی به خدمات شهری وارد کند. برای مثال، قطع گاز یک نیروگاه می‌تواند تولید برق را متوقف و در نتیجه سایر خدمات شهری را نیز دچار بحران کند. اندرکنش میان این شریان‌های حیاتی بسیار مهم بوده زیرا تخریب یا خرابی یکی از آنها ممکن است به بروز آسیب‌های ثانویه مانند آتش‌سوزی، انفجار یا شوک الکتریکی منجر شود. به طور کلی، آسیب دیدن این تأسیسات می‌تواند تلفات ناشی از وقوع بحران را به دلیل آسیب‌های ناشی از عدم دسترسی به شریان‌های حیاتی در زمان امداد و آسیب‌های ناشی از سوانح ثانویه به شدت افزایش دهد. به عنوان مثال، شبکه‌های آب‌رسانی به دلیل نقش حیاتی در ادامه زندگی از اهمیت بالایی برخوردارند و بازگرداندن آنها به حالت عادی در مواقع بحران ضروری است. تأسیسات برقی شامل نیروگاه‌ها، خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع نیز از شریان‌های کلیدی شهر محسوب می‌شوند که اختلال در آنها می‌تواند تبعات گسترده‌ای به همراه داشته باشد. شبکه‌های گازرسانی به دلیل خطرات ناشی از انفجار و اتفاقات ثانویه از حساسیت بالاتری برخوردارند. در این میان تأسیسات مخابراتی نیز با حفظ ارتباطات و اطلاع‌رسانی، نقشی کلیدی در کاهش تلفات و خسارات دارند و اختلال در آنها می‌تواند مدیریت بحران را دشوار کند [۵۶].



بنابراین عواملی همچون جانمایی مناسب این تأسیسات، نوع فناوری به کار رفته، شیوه کنترل و نظارت بر آنها می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش خطر پذیری و ارتقای ایمنی شهری داشته باشد. بررسی این مؤلفه‌ها امکان ارزیابی میزان خطر پذیری ناشی از کارایی پایین این زیرساخت‌ها را فراهم می‌سازد.

۳-۴-۵. مراکز پرخطر

مراکز پرخطر یا تأسیسات خطر آفرین به آن دسته از زیرساخت‌های شهری اطلاق می‌شوند که در ارتباط با مواد خطرناک هستند و به دلیل ماهیت خود می‌توانند خطرات ثانویه‌ای نظیر انفجار و آتش‌سوزی ایجاد کنند. مراکز سوخت‌رسانی مانند پمپ بنزین‌ها و تأسیسات صنعتی از جمله این مراکزند که در صورت وقوع حوادث می‌توانند موجب خسارات گسترده‌ای در مناطق شهری شوند. این مراکز به‌ویژه زمانی که در مجاورت کاربری‌های حساس مانند بیمارستان‌ها، مدارس، دانشگاه‌ها یا مراکز امداد رسانی قرار گیرند، دامنه تخریب شهری و تلفات انسانی را افزایش می‌دهند.

آسیب‌پذیری ناشی از این مراکز به دو دسته فیزیکی و عملکردی تقسیم می‌شود. آسیب‌پذیری فیزیکی ناشی از انفجار به بررسی شعاع تخریب و میزان خسارت در اطراف تأسیسات می‌پردازد که این شعاع براساس نوع و میزان مواد خطرناک تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال، در صورت انفجار پمپ بنزین، مساحتی به شعاع ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر در معرض خطر قرار می‌گیرد [۵۲]. از این رو، تأسیسات خطر آفرین نظیر مخازن سوخت به دلیل تأثیر قابل توجه بر آسیب‌پذیری شهری باید با دقت مکان‌یابی شده و ملاحظات حفاظتی و زیست‌محیطی در طراحی و هم‌جواری آنها رعایت شود. بررسی پیامدهای احتمالی ناشی از تخریب این مراکز و تعامل آنها با سایر اجزای شهری برای کاهش خطرات ضروری است.

۵-۵. سایر ابعاد آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی ابعاد گسترده‌ای دارد که علاوه بر جنبه‌های محیطی، کالبدی و زیربنایی، شامل جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و... نیز می‌شود. هر یک از این ابعاد به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر میزان تاب‌آوری جامعه در برابر حوادث تأثیر می‌گذارند.

۱-۵-۵. بُعد اجتماعی

وضعیت آموزش، سطح آگاهی عمومی و آمادگی اجتماعی در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی بسیار مهم است. سطح سواد، میزان دسترسی به اطلاعات و آموزش‌های مرتبط با مدیریت بحران از جمله آموزش کمک‌های اولیه، مقابله با حوادث و آگاهی از استانداردهای مسکن مقاوم از شاخص‌های کلیدی این بُعد به‌شمار می‌روند. تحقیقات نشان داده است که رابطه مستقیمی بین سطح سواد و میزان آمادگی خانوارها در شرایط بحرانی وجود دارد. همچنین، هم‌بستگی بالایی میان آگاهی اجتماعی و کاهش تلفات جانی مشاهده شده است. شبکه‌های اجتماعی و هم‌بستگی اجتماعی نیز در تسهیل امداد رسانی و افزایش تاب‌آوری نقش دارند.

۲-۵-۵. بُعد اقتصادی

آسیب‌پذیری از بُعد اقتصادی با وضعیت معیشتی افراد، سطح درآمد، وجود بیمه‌های حوادث و توان بازسازی مناطق آسیب‌دیده پس از بحران مرتبط است. مالکین با درآمد پایین‌تر به دلیل ناتوانی در مقاوم‌سازی مسکن، دسترسی کمتر به امکانات و عدم توانایی در بازسازی پس از حوادث، بیشتر در معرض خطر قرار دارند. بیمه حوادث به‌عنوان راهکاری اقتصادی می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش فشار مالی و روانی خانوارها پس از بحران داشته باشد و سرعت بازسازی را افزایش دهد.

۳-۵-۵. بُعد سیاسی

تصمیم‌گیری‌های سیاسی و میزان توجه سیاستگذاران به مدیریت بحران و توسعه پایدار از دیگر ابعاد تأثیرگذار است. برنامه‌ریزی و سیاستگذاری مناسب برای مدیریت منابع، آموزش عمومی و کاهش خطرپذیری از مخاطرات طبیعی از جمله عواملی است که می‌تواند آسیب‌پذیری را کاهش دهد. همچنین شفافیت در مدیریت بحران و پاسخ‌گویی در شرایط بحرانی بر اعتماد عمومی و اثربخشی اقدامات

دولت تأثیر می‌گذارد.

۴-۵-۵. بُعد فرهنگی

نقش فرهنگ و باورهای عمومی در آمادگی در برابر مخاطرات طبیعی بسیار پررنگ است. جوامعی که فرهنگ پیشگیری و ایمنی را ترویج داده‌اند نسبت به سایر جوامع تاب‌آوری بیشتری دارند. باورهای اشتباه، کم‌توجهی به استانداردهای ایمنی و یا انکار خطر می‌تواند آسیب‌پذیری را افزایش دهد. همچنین فرهنگ مشارکت جمعی می‌تواند در بهبود روند امداد رسانی و بازسازی تأثیر بسزایی داشته باشد.

۵-۵-۵. بُعد فناوری

استفاده از فناوری‌های نوین در پیش‌بینی، پایش و مدیریت بحران یکی از مهم‌ترین ابعاد کاهش آسیب‌پذیری است. سامانه‌های هشدار سریع، پهپادها، نرم‌افزارهای مدیریت بحران و تحلیل داده‌های کلان می‌توانند به شناسایی و کاهش مخاطرات کمک کنند. همچنین وجود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) نقش حیاتی در اطلاع‌رسانی سریع و هماهنگی در زمان بحران دارد. به‌طور کلی، کاهش آسیب‌پذیری مستلزم اتخاذ رویکردی جامع است که تمامی ابعاد اعم از محیطی، کالبدی، زیرساختی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و... را مدنظر قرار دهد. این رویکرد باید بر مبنای پیشگیری، آموزش و تقویت تاب‌آوری طراحی شود تا جوامع بتوانند در برابر مخاطرات طبیعی آمادگی و توانایی بیشتری برای مقابله داشته باشند.

۶. فرایند تحلیل آسیب‌پذیری بر مبنای وزن و اهمیت شاخص‌ها

در بخش پیشین، ابعاد مختلف آسیب‌پذیری به‌طور جامع مورد بررسی قرار گرفت. هر یک از این ابعاد در برگیرنده زیرمعیارهایی هستند که برای سنجش دقیق‌تر میزان آسیب‌پذیری باید در نظر گرفته شوند. از میان این ابعاد مواردی نظیر بُعد زیست‌محیطی، کالبدی، زیرساختی و دسترسی به دلیل تأثیر مستقیم و حیاتی آنها بر شدت و گستردگی آسیب ناشی از مخاطرات از اهمیت بیشتری برخوردارند. در این فرایند برای هر بُعد زیرمعیارهایی مشخص به‌منظور سنجش دقیق‌تر تعریف شد. برای مثال، در بُعد زیست‌محیطی معیارهایی چون فاصله از گسل، میزان بارش و نفوذپذیری خاک؛ در بُعد کالبدی شاخص‌هایی نظیر تراکم جمعیت، نوع بافت، مقاومت و عمر بناها؛ در بُعد زیرساختی عواملی مانند وضعیت شبکه‌های حمل‌ونقل، تأسیسات شهری و در بُعد دسترسی، عواملی مانند نزدیکی به مراکز امدادی و خدماتی و دسترسی به فضاهای باز و سایر ابعاد اجتماعی، اقتصادی و... مورد بررسی قرار گرفتند.

برای ارزیابی این ابعاد، ابتدا وضعیت هر یک از معیارها مورد بررسی قرار گرفته و براساس یک سیستم امتیازدهی استاندارد، مقادیر مشخصی به آنها اختصاص داده می‌شود. این معیارها و شاخص امتیازدهی با بررسی منابع و بر مبنای میزان اهمیت و تأثیر هر معیار در کاهش یا افزایش آسیب‌پذیری، جمع‌بندی و تکمیل شده‌اند. در گام بعدی می‌توان با استفاده از روش‌های تحلیلی مانند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یا مدل‌های چندمعیاره و تکنیک‌های مشابه، وزن نهایی هر بُعد محاسبه شده و تأثیر نسبی هر معیار در ارزیابی کلی آسیب‌پذیری را تعیین کرد. در نهایت، این رویکرد تحلیلی، چارچوبی جامع برای شناسایی نقاط ضعف و قوت جامعه فراهم کرده و اولویت‌بندی اقدامات لازم برای کاهش آسیب‌پذیری را امکان‌پذیر می‌کند. معیارها و شاخص‌های مرتبط با هر بُعد آسیب‌پذیری و نحوه امتیازدهی آنها، که براساس یافته‌های تحقیق به‌دست آمده‌اند، در جدول زیر ارائه شده است.



جدول ۳. ابعاد و معیارهای ارزیابی آسیب پذیری در برابر مخاطرات طبیعی

ابعاد آسیب پذیری	معیارها	شاخص امتیازدهی
بُعد طبیعی و زیست محیطی	فاصله از خطوط گسل	کمتر از ۸۰ متر ۸۰ تا ۳۰۰ متر ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر بیش از ۵۰۰ متر
	جنس (مقاومت) خاک	سنگ و شبه سنگ (نوع I) خیلی متر اکم یا سنگ سست (نوع II) متر اکم تا متوسط (نوع III) متوسط تا نرم (نوع IV)
	توپوگرافی و شیب زمین	کمتر از ۱۵ درجه بین ۱۵ تا ۳۰ درجه بیش از ۳۰ درجه
	بیشینه شتاب زمین / شتاب مبنای طرح منطقه	۰/۳۵g (پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد) ۰/۳۰g (پهنه با خطر نسبی زیاد) ۰/۲۵g (پهنه با خطر نسبی متوسط) ۰/۲۰g (پهنه با خطر نسبی کم)
	میزان بارش منطقه	مرطوب: بیش از ۷۰۰ میلی‌متر نیمه مرطوب: ۵۰۰-۷۰۰ میلی‌متر نیمه خشک: ۲۵۰-۴۵۰ میلی‌متر خشک: ۱۰۰-۲۵۰ میلی‌متر نیمه بیابانی: ۵۰-۱۰۰ میلی‌متر بیابانی: کمتر از ۵۰ میلی‌متر
	نزدیکی به رودخانه، کانال و مسیل	داخل حریم خارج از حریم
	سرعت وزش باد	۱۱۹ تا ۱۵۳ کیلومتر بر ساعت (آسیب‌های کم) ۱۵۴ تا ۱۷۷ کیلومتر بر ساعت (آسیب‌های متوسط به زیر ساخت‌ها) ۱۷۸ تا ۲۰۸ کیلومتر بر ساعت (آسیب‌های زیاد به ساختمان‌ها و گیاهان) ۲۰۹ تا ۲۵۱ کیلومتر بر ساعت (آسیب‌های گسترده و تخریب‌های شدید) بیش از ۲۵۲ کیلومتر بر ساعت (تخریب‌های فراگیر و فاجعه‌آمیز)
	دبی ۲۵ ساله آب‌های سطحی و زیرزمینی	کمتر از ۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر مکعب بر ثانیه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر مکعب بر ثانیه بیش از ۶۰۰ متر مکعب بر ثانیه
	دبی پیک سیلاب پنجاه ساله و صدساله	کمتر از ۲۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه بین ۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه بین ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه بیش از ۱۰۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه
	نفوذپذیری خاک	نفوذپذیر نیمه‌نفوذپذیر نفوذناپذیر
	تراکم پوشش گیاهی	کم متوسط زیاد

۱ براساس مقیاس سفیر سیمپسون (Saffir-Simpson scale)

شاخص امتیازدهی	معیارها	ابعاد آسیب‌پذیری
صفر تا ۵۰ نفر در هکتار ۵۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار بیش از ۲۰۰ نفر در هکتار	تراکم ساختمانی / تراکم جمعیتی	بُعد کالبدی - فضایی
کاملاً سازگار نسبتاً سازگار نسبتاً ناسازگار کاملاً ناسازگار	سازگاری زمین با کاربری آن و سازگاری کاربری‌های هم‌جوار	
ارگانیک شطرنجی ترکیبی پیوسته / ناپیوسته هموار / پلکانی منظم / نامنظم	نوع بافت	
بافت فرسوده شهری بافت حاشیه‌ای (سکونتگاه غیررسمی) بافت نوین و غیر فرسوده	فرسودگی بافت	
صفر تا ۱/۵ ۱/۵ تا ۵ ۵ به بالا	درجه محصوریت (نسبت عرض معابر به ارتفاع ساختمان‌های مجاور)	
صفر تا ۶ متر ۶ تا ۱۲ متر ۱۲ تا ۲۰ متر بیش از ۲۰ متر	درصد معابر شهری / عرض معابر (نفوذپذیری بافت)	
کمتر از ۱۲۰ متر مربع بین ۱۲۰ تا ۳۰۰ متر مربع ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر مربع بیش از ۵۰۰ متر مربع	درصد میانگین مساحت قطعات (دانه‌بندی بافت)	



ابعاد آسیب‌پذیری	معیارها	شاخص امتیازدهی
بُعد کالبدی- ساختمان	مقاومت بنا	نامقاوم (کاملاً نایمن) کم‌مقاوم نیمه‌مقاوم مقاوم (کاملاً ایمن)
	نوع مصالح سازه	ساختمان‌های بادوام با اسکلت فلزی، بتنی، سنگ، آهن، آجر، آهن ساختمان‌های نیمه‌بادوام با آجر و چوب، سنگ و چوب، بلوک سیمانی، تمام آجر و سنگ و آجر ساختمان‌های کم‌دوام به صورت تمام چوب، خشت و چوب و خشت و گل ساختمان‌های بی‌دوام به صورت چادر، حصیر و مشابه آن
	سیستم سازه‌ای	سیستم دیوارهای باربر سیستم قاب ساختمانی ساده سیستم قاب خمشی سیستم دوگانه یا ترکیبی سیستم ستون کنسولی
	ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان	بنایی یک طبقه بنایی بیش از یک طبقه بتنی یا فلزی تا چهار طبقه بتنی یا فلزی چهار تا هشت طبقه بتنی یا فلزی بیش از هشت طبقه
	سطح اشغال ساختمان	کمتر از ۴۰ درصد بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بیش از ۶۰ درصد
	نمای ساختمان	خشت و گل شیشه سیمان، سنگ، آجر و مشابه کامپوزیت و سایر (قابل اشتعال)
	قدمت بنا	زیر بیست سال بیست تا چهل سال بالای چهل سال

شاخص امتیازدهی	معیارها	ابعاد آسیب‌پذیری
فاصله از شبکه معابر اصلی: کمتر از ۵۰ متر ۵۰ تا ۲۰۰ متر ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر بیش از ۴۰۰ متر	شبکه ارتباطی	بُعد دسترسی
فاصله از فضاهای باز و عمومی: کمتر از ۱۵۰ متر ۱۵۰ تا ۴۰۰ متر ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر بیش از ۶۰۰ متر	فضاهای باز و عمومی	
فاصله از مراکز امداد و نجات: آتش‌نشانی، کمتر از ۱۰۰۰ متر بیمارستان، کمتر از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مراکز اورژانس، کمتر از ۷۰۰ متر درمانگاه و داروخانه، کمتر از ۱۰۰۰ متر	مراکز امداد و نجات	
کیفیت و ایمنی زیرساخت (بر اساس احتمال خدمات‌رسانی در شرایط بحرانی) ظرفیت حمل بار و مسافر با توجه به جمعیت و وسعت شهر	هوایی: فرودگاه	بُعد زیرساختی- شبکه حمل و نقل
	دریایی: بندر	
	ریلی: راه آهن قطار شهری ایستگاه	
	جاده‌ای شریانی درجه یک شریانی درجه دو جمع و پخش‌کننده ورودی‌های شهر پل و تونل‌های معابر ترمینال	



شاخص امتیازدهی	معیارها	ابعاد آسیب‌پذیری
<p>وضعیت سلامت و ایمنی تأسیسات وسعت و جمعیت تحت پوشش خدمات قابلیت خدمات‌رسانی در شرایط بحران مکانیزه بودن تأسیسات سیستم کنترل خودکار در زمان بحران مجهز به سامانه اعلام خطر و هشدار</p>	<p>آب: سد تصفیه‌خانه خط انتقال آب مخازن آب موجود شبکه توزیع آب موجود چاه آب جمع‌آوری فاضلاب سیستم توزیع آب ایستگاه‌های پمپاژ</p>	<p>بُعد زیرساختی- تأسیسات شهری</p>
	<p>برق: نیروگاه پست‌های برق خطوط انتقال برق شبکه توزیع برق سیستم کنترل و فرماندهی کنترل‌کننده دیزل ژنراتور (CGC) ایستگاه تقلیل فشار TBS فیدر یا منبع تغذیه</p>	
	<p>گاز و سوخت: کنترل‌کننده دیزل ژنراتور (CGC) ایستگاه تقلیل فشار TBS مرکز تولید و پالایشگاه‌ها شبکه توزیع گاز خط انتقال گاز جایگاه سوخت CNG پمپ بنزین مخازن سوخت کوچک مخازن سوخت بزرگ</p>	
	<p>مخابرات: ایستگاه مخابراتی BTS مرکز پست دیتاسترها مرکز مخابراتی دکل‌های مخابراتی</p>	

ابعاد آسیب‌پذیری	معیارها	شاخص امتیازدهی
بُعد زیرساختی - مراکز پرخطر	صنایع شیمیایی صنایع هسته‌ای مراکز تولید و نگهداری مواد منفجره صنایع میکروبی و بیولوژیک مخازن سوخت	رعایت تمهیدات ایمنی فاصله از مناطق مسکونی: کمتر از ۵۰۰ متر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بیش از ۲۰۰۰ متر
سایر ابعاد [۵۱، ۳۲۱، ۳۸، ۵۷، ۵۲]	اجتماعی	بُعد خانوار آموزش و دانش درباره فجایع و بلایا مراقبت‌های سلامت (در شرایط عادی و اورژانس) ترکیب سنی و جنسی جمعیت هم‌بستگی اجتماعی و مشارکت مردمی مهاجرت گروهی و برنامه‌ریزی نشده به مناطق شهری در حاشیه قرار دادن برخی افراد و گروه‌ها
	فرهنگی	توجه عموم به فجایع و بلایا رعایت مقررات و پیش‌آگاهی‌های امنیتی ساز و کارهای مقابله با شرایط عدم وابستگی و تعهدات فردی سطح سواد و تحصیلات
	سیاسی	حمایت مسئولان اجرایی از برنامه‌های مربوط به فجایع و بلایا مدیریت بحران و تعیین سیاست‌ها و برنامه‌های کاری قبل از وقوع بحران توانایی در کاهش یا تسکین شرایط فرآیند تصمیم‌گیری نهادهای مربوط به فجایع و بلایا
	اقتصادی	نحوه توزیع منابع عمومی تشویق سودآوری بدون توجه کافی به پیامدها بی‌توجهی به پیامدهای عدم خرید بیمه جمعیت فعال اقتصادی منابع مالی پیشگیری از وقوع، برنامه‌ریزی و مدیریت بحران
	فناوری	وسایل ساختاری کاهش‌دهنده دقت و تعداد سامانه‌های هشدار دهنده دقت در تولید صنعتی پیش‌بینی درباره تجهیزات / برنامه‌های رایانه‌ای

مأخذ: براساس یافته‌های پژوهش



میزان آسیب‌ها و تلفات ناشی از بلایای طبیعی ارتباط مستقیمی با سطح آمادگی و تاب‌آوری جوامع در مواجهه با این حوادث دارد. عواملی همچون وضعیت نامساعد کالبدی شهر از جمله ناکارآمدی شبکه معابر، کمبود فضاهای باز، تراکم بالای جمعیت، ناسازگاری کاربری‌ها و وجود ساختمان‌های فرسوده به‌طور قابل توجهی میزان آسیب‌پذیری شهر را افزایش می‌دهند. این شرایط می‌تواند هم بر شدت خسارات ناشی از حوادث طبیعی و هم بر زمان و کیفیت بازسازی پس از بحران تأثیر منفی داشته باشند. برای ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی می‌توان سطوح آسیب و خطر را به سطوح مختلف (پنج سطح پیشنهاد شده) طبقه‌بندی و امتیازدهی کرد. بر این اساس، امتیازات زیر معیارها در روش تحلیلی مورد نظر را می‌توان در پنج دسته؛ آسیب‌پذیری کم (نمره ۱)، کم (نمره ۳)، متوسط (نمره ۵)، زیاد (نمره ۷) و خیلی زیاد (نمره ۹) اختصاص داد. این دسته‌بندی به شناسایی نقاط ضعف بحرانی کمک کرده و معیاری برای مقایسه آسیب‌پذیری مناطق مختلف ارائه می‌دهد. در این فرایند، زیرمعیارهای مرتبط با هر بُعد از آسیب‌پذیری بر اساس اولویت و اثرگذاری در یکی از سطوح آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند. سپس این داده‌ها با استفاده از روش‌های پیشرفته تحلیل داده‌ها مانند تکنیک‌های چندمعیاره نظیر ANP، AHP و... پردازش شده و ارزیابی جامعی از آسیب‌پذیری منطقه به‌دست می‌آید. این رویکرد امکان شناسایی دقیق‌تر نقاط ضعف شهری را فراهم کرده و به برنامه‌ریزان و مدیران شهری ابزارهای کاربردی برای طراحی و اجرای راهبردهای کاهش خطر و افزایش پایداری شهری ارائه می‌دهد [۵۸].

۷. ارائه راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی



مخاطرات طبیعی همواره یکی از عوامل اصلی تخریب زیربنای شهری، تلفات انسانی و خسارات اقتصادی در سراسر جهان بوده‌اند. کاهش آسیب‌پذیری در برابر این مخاطرات نیازمند رویکردی چندبُعدی است که شامل برنامه‌ریزی دقیق، اصلاح و ارتقای قوانین، نظارت مستمر، آموزش عمومی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین باشد. متناسب با ابعاد آسیب‌پذیری شهری که در بخش‌های قبل مورد بررسی قرار گرفت، راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری را نیز می‌توان در همان ابعاد جست‌وجو کرد. این ابعاد با یکدیگر تعامل داشته و هر کدام نقشی حیاتی در پیشگیری، آمادگی و پاسخ به بحران ایفا می‌کنند. برای مثال، ضعف در زیرساخت‌ها می‌تواند تلاش‌ها برای امداد رسانی را مختل کرده و کمبود آگاهی عمومی ممکن است اثرات بحران را تشدید کند. بنابراین تدوین راهکارهایی که به‌طور جامع این ابعاد را پوشش دهند برای کاهش ریسک و تقویت تاب‌آوری ضروری است. در ادامه، مجموعه‌ای از راهکارهای پیشنهادی برای هر یک از ابعاد آسیب‌پذیری ارائه شده است که با تأکید بر تجارب علمی و عملی به بهبود وضعیت مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی می‌پردازد.

۷-۱. راهکارهای بُعد محیطی

- محدودسازی توسعه شهری در نزدیکی گسل‌ها، مسیل‌ها و مناطق با خطر بالای وقوع حوادث از طریق اعمال قوانین و مقررات سختگیرانه؛
- تهیه و به‌روزرسانی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر به‌منظور ارزیابی دقیق آسیب‌ها و امکان‌سنجی مقاوم‌سازی؛
- ارتقای وضعیت پوشش گیاهی به‌منظور کاهش اثرات سیلاب و فرسایش خاک؛
- ایجاد سیستم‌های کنترل سیلاب در اطراف رودخانه‌ها و مناطق حساس؛
- تقویت پایدارسازی محیط زیست در برابر عوامل مخرب و بلایای طبیعی؛
- اصلاح شیبه‌بندی‌ها برای دفع و توزیع بهینه آب‌های سطحی در زمان بارندگی؛
- جلوگیری از آلودگی منابع آب‌های سطحی و حفاظت از منابع طبیعی برای پیشگیری از وقوع بحران‌های زیست‌محیطی.

۲-۷. راهکارهای بُعد کالبدی

- نظارت دقیق بر ساخت و ساز به منظور تضمین ایمنی سازه‌ها در برابر خطرات طبیعی؛
- تخریب یا بازسازی ساختمان‌های مسکونی که قابلیت تعمیر ندارند و ایجاد تهدیدات بالقوه به دلیل فرسودگی؛
- مدیریت تراکم جمعیت از طریق ایجاد محدودیت‌های مربوط به ساخت و سازهای بلندمرتبه و تمرکززدایی؛
- تشویق به مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و ارتقای ظرفیت آنها برای مقابله با بلایای طبیعی؛
- بازسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده با توجه به الزامات مقاوم‌سازی و ایمنی؛
- سیاستگذاری برای کاهش تراکم در مناطق با آسیب‌پذیری بالا و انتقال به نواحی با خطر کمتر؛
- نظارت بر ایمنی مکان‌های عمومی مانند مدارس، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی و ارتقای ایمنی آنها در صورت نیاز؛
- اعمال قوانین مقاوم‌سازی در ساختمان‌های قدیمی و افزایش استانداردهای ایمنی در ساخت و سازهای جدید؛
- تجمیع اراضی کوچک در بافت فرسوده برای ایجاد فضاهای عمومی و جلوگیری از ساخت و سازهای غیرمقاوم؛
- مشروط شدن توسعه افقی و عمودی مناطق شهری به در نظر گرفتن اصول ایمنی و رعایت فاصله‌های ایمن از مناطق پرخطر؛
- توجه ویژه به ایمن‌سازی نمای ساختمان‌ها و استفاده از مصالح مقاوم در برابر حوادث طبیعی؛
- ارتقای زیرساخت‌های فاضلاب شهری به منظور جلوگیری از خسارات سیلاب‌ها و حفظ بهداشت عمومی؛
- افزایش نفوذپذیری در بافت‌های مسکونی به منظور تسهیل در تردد و امداد رسانی در زمان بحران؛
- اصلاح کاربری‌های ناسازگار و تغییر آنها به کاربری‌های متناسب با نیازهای شهری و سازگار با کاربری‌های مجاور؛
- اصلاح و تعریض معابر کم‌عرض برای تسهیل در عملیات امداد و نجات؛
- بهینه‌سازی توزیع کاربری‌های شهری و حفظ پیوستگی بافت‌های مسکونی برای دسترسی بهتر به خدمات ضروری در شرایط اضطراری؛
- بهسازی و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های شهری به ویژه در نقاط آسیب‌پذیر؛
- استفاده از مصالح ساختمانی استاندارد و کنترل دقیق در مراحل اجرایی ساخت و ساز؛
- دیریت اقدامات مقاوم‌سازی در سطوح فوری، میان‌مدت و بلندمدت با تمرکز بر اولویت‌بندی نیازها؛
- استفاده از فناوری‌های جدید در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها با بهره‌گیری از مصالح جدید، سبک و ارزان؛

۳-۷. راهکارهای بُعد دسترسی

- طراحی و ساخت مراکز امداد و نجات جدید مانند آتش‌نشانی، بیمارستان‌ها، باند فرود اضطراری، پناهگاه‌ها و... با رعایت اصول فنی و استانداردهای ایمنی در مواجهه با بحران‌ها؛
- پراکندگی مراکز امداد و نجات در نقاط استراتژیک بر اساس تراکم جمعیت و نیازهای خدماتی در زمان بحران؛
- سامان‌دهی و تجهیز فضاهای باز و سرپوشیده و شناسایی ظرفیت‌های موجود برای اسکان اضطراری و موقت در مناطق با آسیب‌پذیری بالا؛
- طراحی سیستم‌های مدیریتی برای اسکان موقت و امداد رسانی در بحران‌ها با رعایت استانداردهای ایمنی، بهداشتی، امنیتی و اجتماعی؛
- تعیین دقیق ابعاد و نیازهای اجرایی و زیستی (سرانه مترمربع) برای هر نفر در مواقع بحرانی؛
- توسعه شبکه راه‌های اضطراری برای ارتباط بهتر با مکان‌های امن و خدمات‌رسان در زمان بحران؛
- تعیین مسیرهای ایمن و سریع تا کاربری‌های ویژه (مدارس، بیمارستان‌ها و...) برای امداد رسانی سریع پس از وقوع حوادث؛
- ایجاد فضاهای سبز و باز در نواحی با آسیب‌پذیری بالا به عنوان محل پناه‌گیری در زمان وقوع بحران؛
- برنامه‌ریزی دقیق برای تخلیه مناطق پرخطر و اعلام عمومی مکان‌های اسکان موقت برای همه مناطق.



۴-۷. راهکارهای بُعد زیرساختی

- ایمن‌سازی شریان‌های حیاتی و مقاوم‌سازی آنها به منظور تضمین تداوم خدمات‌دهی زیرساخت‌ها پس از وقوع بحران؛
- تعریض و مقاوم‌سازی شبکه‌های ارتباطی به منظور جلوگیری از قطع ارتباطات در زمان‌های بحرانی؛
- استفاده از فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات در عرصه مدیریت بحران به منظور بهبود تصمیم‌گیری و تسریع در عملیات امداد رسانی؛
- تعیین حریم ایمن برای ساخت و ساز در اطراف مراکز خطرزا مانند پمپ بنزین‌ها و مخازن سوخت، نیروگاه‌ها، صنایع پرخطر و...؛
- توسعه و ارتقای خدمات شهری و زیرساخت‌های توسعه نوسازی با هدف کاهش آسیب‌پذیری در برابر بحران‌ها و تسهیل بازسازی سریع.

۵-۷. سایر راهکارها

- آموزش عمومی در زمینه خطرپذیری زلزله و ضرورت مشارکت مردم در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها؛
- آموزش شهروندان در خصوص نحوه مواجهه با سوانح طبیعی و سامان‌دهی آنها برای بهره‌گیری از ظرفیت‌های مشارکت اجتماعی در زمان بحران؛
- ایجاد انگیزه برای مقاوم‌سازی یا نوسازی ساختمان‌ها از طریق ارائه تسهیلات اعتباری و آگاه‌سازی از خطرات موجود؛
- برگزاری دوره‌های آموزشی آگاهی‌بخشی به شهروندان در هنگام و پس از وقوع بحران‌ها و ارتقای مهارت‌های کمک‌های اولیه در سطح عمومی؛
- ایجاد اختلاط اجتماعی در همه مناطق شهری به منظور زمینه‌سازی برای اسکان طبقات مختلف در کنار یکدیگر؛
- فراهم کردن فرصت‌های اشتغال و آموزش و حمایت‌های مالی برای توانمندسازی ساکنان مناطق آسیب‌پذیر؛
- ایجاد پایگاه داده از اطلاعات مورد نیاز به منظور نظارت و کاهش آسیب‌پذیری در شرایط بحران؛
- تشکیل کمیته‌های امداد رسانی محلی برای هماهنگی بهینه اقدامات در زمان وقوع بحران.

۸. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت یکی از مسائل اساسی در برنامه‌ریزی و توسعه شهری محسوب می‌شود. این آسیب‌پذیری در واقع به مجموعه‌ای از ضعف‌ها و تهدیدهایی اطلاق می‌شود که می‌توانند عملکرد زیرساخت‌ها، خدمات عمومی و کیفیت زندگی شهری را تحت تأثیر قرار دهند. مخاطرات طبیعی از جمله زلزله، سیل، آتش‌سوزی، طوفان و دیگر بلایای طبیعی با تعامل پیچیده‌ای با ویژگی‌های کالبدی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی شهرها می‌توانند آسیب‌های گسترده‌ای به بار آورند. در این میان، تشدید آسیب‌پذیری در اثر عوامل انسانی نظیر ساخت‌وساز غیراصولی، فرسودگی ساختمان‌ها، عدم توجه به ویژگی‌های جغرافیایی منطقه، ضعف‌های زیرساختی، عدم توزیع متناسب جمعیت، مدیریت ناکارآمد و عدم آمادگی‌های لازم در برابر مخاطرات وضعیت بحران‌زایی را برای جوامع شهری ایجاد می‌کند.

شهرها به‌عنوان سامانه‌های پیچیده‌ای که تحت تأثیر عناصر مختلفی از جمله مؤلفه‌های شهرسازی، مشخصات منطقه‌ای، وضعیت زیرساخت‌ها، سطح دسترسی و حتی شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه قرار دارند، در برابر بحران‌های طبیعی سطوح مختلف آسیب‌پذیری را تجربه می‌کنند. در این راستا، افزایش تاب‌آوری شهری تنها از طریق شناسایی دقیق ابعاد مختلف آسیب‌پذیری و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه ممکن است. بررسی‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مهم‌ترین ابعاد آسیب‌پذیری شامل ابعاد کالبدی، محیطی، زیرساختی، دسترسی و... هستند که برای هر بُعد زیرمعیارهایی مشخص به منظور امتیازدهی و سنجش دقیق‌تر تعریف شد. در مرحله بعدی می‌توان ارزیابی کلی

آسیب‌پذیری را با استفاده از روش‌های تحلیلی و وزن‌دهی انجام شده محقق کرد. در ادامه، بر اساس نتایج تحقیق، راهکارهایی به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی ارائه شد. نکته‌ای که باید متذکر شد، اهمیت اتخاذ یک رویکرد یکپارچه در مدیریت آسیب‌پذیری شهری است که تمامی ابعاد آسیب‌پذیری را دربرگیرد. این رویکرد باید با هماهنگی میان نهادهای مختلف، تدوین برنامه‌های جامع، تخصیص منابع به مناطق آسیب‌پذیر و توجه به مدیریت پیشگیرانه انجام شود.

منابع و مآخذ

- [۱] حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۹۱). «پیاده‌سازی الگوریتم‌های سلسله‌مراتبی/فازی جهت تعیین آسیب‌پذیری چندعامله هسته مرکزی شهرها مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران»، دوفصلنامه مدیریت بحران، دوره ۱، شماره ۲.
- [۲] پوراسماعیل، مینا و همکاران (۱۴۰۰). «اولویت‌بندی معیارهای آسیب‌پذیری منطقه عظیمیه (کرج) در برابر سیل مبتنی بر روش دلفی»، فصلنامه ترویج و توسعه آبخیزداری، دوره ۹، شماره ۳۳.
- [۳] علیخانی، آرزو و همکاران (۱۳۹۸). «ارائه مدل ارزیابی جامع آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به تفکیک لایه‌های تشکیل‌دهنده شهر با رویکرد پدافند غیرعامل»، دوفصلنامه مدیریت بحران، دوره ۸، شماره ۲، صص ۴۶-۳۳.
- [۴] زهرایی، مهدی و همکاران (۱۳۸۳). بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [۵] زنگی‌آبادی، علی و همکاران (۱۳۸۷). «تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله. نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان»، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۷۹-۶۱.
- [۶] «مبانی قانونگذاری و برنامه ریزی راهبردی در مدیریت بحران»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۶.
- [۷] «اظهار نظر کارشناسی درباره: «طرح ادغام سازمان‌های اورژانس، مدیریت بحران و هلال احمر و تشکیل وزارت مدیریت بحران»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۷.
- [۸] «اظهار نظر کارشناسی درباره: «لایحه مدیریت بحران کشور» (اعاده شده از شورای نگهبان)»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۸.
- [۹] «ارزیابی قانون تشکیل سازمان مدیریت بحران کشور»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۱.
- [۱۰] «اظهار نظر کارشناسی درباره: «طرح اصلاح قانون مدیریت بحران کشور»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۱.
- [۱۱] «تحلیل فرایند سیاستگذاری در مدیریت مطلوب بحران»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.
- [۱۲] «بررسی و تحلیل وقایع سیل مردادماه سال ۱۴۰۱، بخش‌های زیربنایی»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۱.
- [۱۳] «ملاحظات ساخت‌وساز در حريم گسل»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.
- [۱۴] «درس آموخته‌های زلزله ترکیه در فرایندهای ساخت‌وساز و توسعه شهری»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.
- [۱۵] «بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه؛ پیشگیری و مدیریت بحران»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲.
- [۱۶] «تاب‌آوری شهرها و ریسک مخاطرات طبیعی»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳.
- [17] Adger, W. N. (2000). "Social and ecological resilience; are they related?," *Progress in Human Geography*. 24(3).
- [18] "Hyogo framework for action 2005–2015: building the resilience of nations and communities to disasters," UNISDR Geneva, Switzerland, 2005.
- [۱۹] کریمی، فاطمه (۱۴۰۰). «تبیین راهبردهای تاب‌آوری شهری استان البرز با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در مقابل پیامدهای ناشی از زمین‌لرزه»، در ششمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و مهندسی و سومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی آسیا.
- [۲۰] محمدی ده‌چشمه، مصطفی (۱۳۹۰). «مدلسازی مؤلفه‌های ریسک پذیر مؤثر در ایمن‌سازی شهر کرج»، پایان‌نامه دوره دکتری، دانشکده

جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.

- [۲۱] امینی ورکی، سعید (۱۳۹۳). «شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو»، دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۳، شماره ۲.
- [۲۲] محمدی ده‌چشمه، مصطفی (۱۳۹۲)، «ایمنی و پدافند غیرعامل شهری»، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [23] Kasperson, R. E. and J. X. Kasperson (2001). "Climate change, vulnerability and social justice," Stockholm Environment Institute: Risk and Vulnerability Programme.
- [24] Pelling, M. (2003). The vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience," Earthscan, London: Publication.
- [25] Adger, W. Neil (2006). "Vulnerability," Lobal Environmental Change, Vol. 16, pp. 268–281.
- [26] Zhou, H., et al. (2009). "Resilience to natural hazards: a geographic perspective", Nat Hazards, Vol. 53, pp. 21–41.
- [27] "Report of the World Summit on Sustainable Development.," UN (United Nations), New York, NY., 2002.
- [28] Piers Blaikie, et al. (2004). "At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters," Routledge, 2nd Edition,
- [29] Lei et al. (2013). "Rethinking the Relationships of vulnerability, resilience, and Adaptation from a Disaster Risk Perspective", Natural Hazards, Vol. 70, pp. 609-627.
- [۳۰] قائمی دیزجی، آمنه و کردبچه، حمید (۱۳۹۹). «تجدیدنظر در خصوص روابط بین آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و سازگاری»، مطالعات و سیاست‌های اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲.
- [31] Cutter, Susan L. et al. (2008). "A place-based model for understanding community resilience to natural disasters," Global Environmental Change, Vol. 18, pp. 598–606.
- [32] Zhou, H. et al. (2010). "Resilience to Natural Hazards: a Geographic Perspective," Natural Hazards, No. (53) 1.
- [33] Godschalk, David R. (2003). "Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities," Natural Hazards Review, Vol. 4, pp. 136- 143.
- [34] Manyena, S. B. (2006). "The Concept of Resilience Revisited" Disasters, 30(4), 434-450.
- [۳۵] تقوی زواره، محمد و همکاران (۱۳۹۹). «سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی مطالعه‌ی موردی: محله زرگنده تهران»، دوفصلنامه مدیریت بحران، دوره ۹، شماره ۱۸، صص ۱۳۷-۱۲۷.
- [36] Smit, B., et al. (1999). "The Science of Adaptation: A Framework for Assessment," Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4.
- [37] Sutanta, Heri (2012). "Spatial Planning Support System for an Integrated Approach to Disaster Risk Reduction," A thesis submitted to tuniversity of Melbourne in fulfillment of the degree of Doctor of Philosophy, The University of Melbourne Victoria, Australia.
- [۳۸] منافی، سمیه و آشتیانی، مهدی (۱۳۹۶). «مبانی و اصول کاهش خطرپذیری لرزه‌ای شهر تهران»، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- [39] Rome, Erich, et al. (2015). "State of the art report (1) urban critical infrastructure systems".
- [۴۰] خیراتی، عباس و بوالحسنی، خسرو (۱۴۰۲) «ارکان جهت‌ساز در طرح حفاظت از زیرساخت‌های کلیدی کلان‌شهرها»، مطالعات دفاعی استراتژیک،

دوره ۲۱، شماره ۹۲.

[۴۱] «سند راهبردی پدافند شهری کشور»، سازمان پدافند غیرعامل کشور، ۱۳۹۸.

[۴۲] علمداری، شهرام (۱۳۸۷). «دستورالعمل برآورد تهدید و تدوین سناریو در دستگاه‌های کشور و استانی»، سازمان پدافند غیرعامل، تهران.

[۴۳] افتخاری، اصغر (۱۳۸۷). «برآورد تهدید رویکردی سیستمیک»، انتشارات دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران.

[۴۴] مشهدی، حسن و امینی ورکی، سعید (۱۳۹۴). «تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل»، دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۴، شماره ۲.

[45] Hosseinpour, Vahid et al. (2021). "Seismic Loss Estimation Software: A comprehensive Review of Risk Assessment Steps, Software Development and Limitations", Engineering Structures, Vol. 232.

[46] Moore, David A. et al. (2007). "Development of a Security Vulnerability Assessment Process for the RAMCAP Chemical Sector", Journal of Hazardous Materials, 142(3), 689-694.

[۴۷] احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۸). «مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی: شهر زنجان»، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران.

[۴۸] علوی، علی. و همکاران (۱۳۹۵). «ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری با استفاده از ANP و GIS (مطالعه موردی: شهر سمیرم)»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰.

[۴۹] عبداللهی، مجید (۱۳۸۲). مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.

[۵۰] «سند راهبردی ملی مدیریت بحران کشور»، سازمان مدیریت بحران کشور، وزارت کشور، ۱۳۹۹.

[۵۱] رباطی، مریم و همکاران (۱۴۰۲). «ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در معرض مخاطرات طبیعی - سیل و زلزله - با استفاده از روش IHWP»، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۳۲، شماره ۱۲۶.

[۵۲] آنچه شهرداران باید از پدافند غیرعامل بدانند، انجمن علمی پدافند غیرعامل کشور، ۱۳۹۷.

[۵۳] حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۸۷). «تعیین عوامل سازه‌ای/ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS and Logic Fuzzy»، هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، شماره ۳۳.

[۵۴] پژوهشی درباره جایگاه و ابعاد حفاظت شهرها در برابر آتش‌سوزی، وزارت کشور، ۱۳۷۸.

[۵۵] حبیبی، محسن و مسائلی، صدیقه (۱۳۷۸). «سرانه کاربری‌های شهری»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

[۵۶] هاشمی فشارکی، جواد و شکیبامنش، امیر (۱۳۹۰). «طراحی شهری از منظر دفاع غیرعامل»، انتشارات بوستان حمید.

[۵۷] رمضان‌زاده لسبوتی، مهدی (۱۳۹۵). «مبانی و مفاهیم تاب‌آوری شهری (مدل‌ها و الگوها)»، معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی امور زیرساخت و طرح جامع، گزارش شماره ۹۱۹.

[۵۸] نظم‌فر، حسین و علوی، سعیده (۱۳۹۷). «ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر شدت‌های مختلف زلزله - مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۷، شماره ۱.

[59] Winterhalder, Bruce (1980). "Environmental analysis in human evolution and adaptation research", Human Ecology, Vol. 8, pp. 135-170.

[۶۰] خواجهی، رضا و همکاران (۱۴۰۱). «طراحی و پیاده‌سازی نمونه اولیه نرم‌افزار کاربردی تعاملی گوشی هوشمند ارزیابی لرزش و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها»، دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۱۱، شماره ۴.

[61] Kassem, Moustafa Moufid et al. (2020). "The Seismic Vulnerability Assessment Methodologies: A State-of-the-art", Ain Shams Engineering Journal, Vol. 11, 849-864.

گزیده سیاستی

افزایش تاب‌آوری شهری به عنوان یکی از ارکان برنامه‌ریزی و توسعه شهری تنها از طریق شناسایی دقیق ابعاد و معیارهای مختلف آسیب‌پذیری، تجزیه و تحلیل کلی و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه ممکن است که لازمه آن اتخاذ رویکردی یکپارچه در مدیریت آسیب‌پذیری شهری است.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc.majles.ir