

## نقش برنامه‌ریزی کالبدی در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر خطرات زلزله

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۱۰

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۸/۹/۳۱

کیومرث حبیبی\* - اسماعیل شیعه\*\* - کمال ترابی\*\*\*

### چکیده

آمادگی قبلی برای برخورد با زلزله، یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله است. آمادگی برای برخورد با زلزله جنبه‌های گوناگونی دارد و می‌توان با استفاده از تمهیدات برنامه‌ریزی کالبدی، شهرها را به گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی شهری کرد که به هنگام زلزله کمترین آسیب به آن‌ها وارد شود. در این مقاله شناساندن نقش برنامه‌ریزی شهری و کالبدی و موضوعات مرتبط با آن مانند: «ساختار شهر، بافت شهر، شکل شهر، تراکم‌های شهری و نحوه کاهش خسارت‌های زلزله از دیدگاه برنامه شهرسازی» بررسی شده است. ساختارهای شهری گوناگون، مقاومت‌های متفاوتی در برابر زلزله دارند و شاید بتوان گفت که به طور مثال: ساختار چند مرکزی بیش از ساختار تک مرکزی در برابر زلزله مقاومت دارد. با افزایش نسبت ساخته شده به کل سطح زمین و یا به فضای باز، آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش‌آوار ساختمان‌ها و غیر قابل استفاده شدن بافت افزایش می‌یابد. بعضی از کاربری‌ها در شهر وجود دارند که نقش بسیار حساسی در جلوگیری از آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله دارند؛ این کاربری‌ها به «کاربری‌های ویژه» معروفند. آسیب دیدن این کاربری‌ها به دلیل عملکرد حساسی که به هنگام وقوع زلزله‌دارا می‌باشند، از حساسیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند و ضروری است در مکانیابی این گونه کاربری‌ها دقت فراوان صورت گیرد تا حداقل به این مراکز آسیبی وارد نشود.

### واژگان کلیدی:

برنامه‌ریزی کالبدی، آسیب‌پذیری، زلزله.

## مقدمه

پایداری و ایمنی در مقابل پدیده‌های طبیعی همیشه فکر بشر را به خود مشغول کرده است. زلزله یکی از این پدیده‌های طبیعی است که همواره جان انسان‌ها و سکونتگاه‌های بشری را تهدید کرده و در مدت کوتاهی می‌تواند خسارت‌های زیادی بر جای گذارد. در واقع آنچه که زلزله را به عنوان تهدید مطرح می‌کند، عدم آمادگی بشر در مقابله با آن است. زلزله همیشه به عنوان پدیده‌ای تکرارپذیر در طول تاریخ وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت. وقوع چنین حادثه‌ای در بیشتر موارد تأثیرات ویران‌کننده‌ای بر سکونتگاه‌های انسانی برجای گذاشته و تلفات سنگینی بر ساکنان آن‌ها تحمیل کرده است. هر چند در دهه‌های گذشته با پیشرفت دانش بشری، دانشمندان به چگونگی پیدایش این پدیده به صورت علمی پی برده و نحوه وقوع و پیامدهای ناشی از آن‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما هنوز هم قادر به جلوگیری از بروز این پدیده‌ها و مقاومت در برابر این رخداد طبیعی نمی‌باشند و در بسیاری از موارد دانش لازم به منظور پیش‌بینی دقیق و علمی لحظه وقوع و قدرت این وقایع را ندارند. باتوجه به تراکم بالای جمعیتی و ساختمانی در شهرها، انجام مطالعات و برنامه‌ریزی‌های دقیق در راستای به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از این رویداد طبیعی ضروری است. برای این منظور یکی از مهم‌ترین اقدامات می‌تواند شناسایی عوامل موثر در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در مقابل زلزله باشد. برنامه‌ریزی کالبدی درست شهرها یکی از عواملی است که می‌تواند اثرات این رویداد طبیعی را به نحو چشمگیری کاهش دهد.

### ۱. برنامه‌ریزی شهری و آسیب‌پذیری<sup>۱</sup> شهرها

رشد شهری باعث ایجاد تسهیلات زیادی می‌شود ولی در عین حال عوامل بحران‌زا هم بیشتر شده و تسهیلات محیطی تبدیل به ضرر می‌شود (Nakabayashi, 1994: 225). در حوزه‌های شهری، اثرات زیانبار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی، شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهری است. حوادث انسانی نیز یکی از ابعاد بحران است که این امر به خصوص در مناطقی که از جمعیت زیادی برخوردار بوده و دارای بافت فشرده‌ای می‌باشند، بیشتر می‌شود. از همان لحظه‌ای که بحران ایجاد می‌شود، باید تصمیم‌های عمده و مهمی را اتخاذ کرد. در مواجهه با بحران، اولین کار لازم و حیاتی، دست‌بندی حقایق و واقعیت‌هاست. این که چه چیزی رخ داده است، چه اقداماتی در مقابل آن باید انجام گیرد و آینده چگونه خواهد بود. بحران‌ها منشا گوناگونی داشته و عوامل متعددی در وقوع آن‌ها نقش دارند. بنابراین برای کنترل آن‌ها نیز طرح‌ها و راه‌های متفاوتی باید اجرا گردد (تن برگ، ۱۳۷۳: ۴۰-۳۵). یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش بحران‌ها، وجود آمادگی قبلی یک جامعه در برخورد با پدیده‌ی زلزله می‌باشد. آمادگی برای برخورد با زلزله جنبه‌های گوناگونی دارد و می‌توان با استفاده از تمهیدات برنامه‌ریزی، شهرها را به گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی کرد که به هنگام زلزله کمترین آسیب به آن‌ها وارد شود.

برنامه‌ریزی و طراحی شهری باید کاربری‌های شهری را به صورتی جانمایی کند که این کاربری‌ها اولاً به صورت سکونتگاه‌های ایمن در برابر زلزله عمل نمایند، ثانیاً شرایط لازم را برای اجرای هر چه بهتر طرح مدیریت بحران تسهیل نماید. چرا که اثرات زیانبار حادث شده بر اثر زلزله معمولاً شامل آسیب‌های کالبدی، اختلالات عملکردی و تلفات جانی می‌باشد و لازم است تا جهت کاهش خطرات، آسیب‌ها و فراهم نمودن زمینه‌ی ایجاد آمادگی‌های لازم در مردم جهت رویارویی با این گونه بلا یا برنامه‌ریزی و اقدام نمود. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه‌ی ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تاسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها در برابر زلزله دارند (موسوی، ۱۳۸۴: ۲۰).

### ۲. ساختار شهر<sup>۲</sup>

ساختار شهر از یک سوی نمایانگر هماهنگی کالبد شهر با شرایط و عوامل طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، اداری و نظامی است و از سوی دیگر گویای فعالیت‌های اصلی شهر می‌باشد. در نتیجه ساختار شهر از جوانب مختلف قابل بررسی است. ساختار کالبدی شهر تحت تاثیر ساختار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن است (سلطان‌زاده، ۱۳۶۵: ۳۱۳).

توزیع فضایی عناصر، چگونگی کنار هم قرار گرفتن و ترکیب ظاهر و عملکردهای اصلی شهر ساختار شهر را تشکیل می‌دهد. تقسیمات کالبدی شهر (کوی، محله، ناحیه و منطقه شهری) و تک مرکزی یا چند مرکزی بودن شهر وجوه دیگری از ساختار شهر محسوب می‌شود. این که کدام ساختار شهری به هنگام وقوع زلزله با کمترین آسیب‌پذیری همراه است، خود موضوع پژوهش‌های مستقلی است. اما آنچه مسلم است، این که ساختارهای شهری گوناگون، مقاومت‌های متفاوتی را در برابر زلزله دارند و شاید بتوان گفت که ساختار چند مرکزی بیش از ساختار تک مرکزی در برابر زلزله مقاومت دارد (عبدالهی، ۱۳۸۰: ۷۶).

### ۳. بافت شهر<sup>۴</sup>

شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچکترین اجزای تشکیل دهنده‌ی شهر، بافت شهری را مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله، مقاومت خاصی در برابر زلزله دارد. به عنوان مثال: «بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد.» همین طور درجه‌ی ایمنی بافت گسسته در برابر خطرات زلزله بیش از درجه‌ی ایمنی بافت پیوسته است (احمدی، ۱۳۷۶: ۶۵).

"واکنش هر نوع بافت شهری در هنگام وقوع زلزله در قابلیت‌های گریز و پناه‌گیری ساکنان، در امکانات کمک‌رسانی، در چگونگی پاکسازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، دخالت مستقیم دارد. دامنه‌ی تاثیر این ویژگی‌ها در طراحی ساختمان بلکه در طراحی شهری و در مدیریت بحران نیز گسترده شده و حائز اهمیت است. در ارزیابی و قطعه‌بندی اراضی، شکل هندسی قطعه (منظم یا نامنظم)، مساحت قطعه و ابعاد و اندازه‌ی قطعه، تناسب طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت (اختصاصی یا مشاع) ملاک سنجش قرار می‌گیرد. مشخصات ساخت و ساز درون هر قطعه زمین، شاخص دیگر در ارزیابی قطعه‌بندی طراحی بافت خواهد بود. الگوی ترکیب فضاهای باز و بسته و نسبت سطح ساخته شده به فضای باز، مهم‌ترین ملاک کارآیی و سنجش خواهد بود. از طرفی تعداد واحدهای ساختمانی مجزای درون هر قطعه و نوع محصوریت آن به علت تخریب ساختمان در فضای باز در میزان آسیب‌پذیری موثر است. در یک بافت شهری غیر از سلول‌هایی که همان قطعات اراضی و ساخت و سازها هستند؛ شبکه‌ی راه‌های فرعی الگوی راه، مشخصات فیزیکی آن شامل طول و عرض، مطرح است. چگونگی ترکیب و انتظام قطعات در تشکیل انواع بافت و مشخصات آسیب‌پذیری آن مطرح می‌شود. غیر از الگوی ترکیب قطعات در یک بافت شهری، الگوی همجواری ساخت و سازها و فضاهای باز قطعات مجاور نیز از شاخص‌های دیگر در ارزیابی آسیب‌پذیری و قابلیت بافت ترکیب راه‌ها و قطعات زمین و ساخت و سازها است. با این مشخصه، نحوه مجاورت قطعات تفکیکی با گذر، همجواری فضای باز و ساخته شده‌ی هر قطعه با گذر و نیز درجه‌ی محصوریت معابر مورد بررسی قرار می‌گیرد. از دیگر شاخص‌های بخشی، قابلیت بافت الگو و اندازه‌ی بلوک‌های شهری و الگوی ترکیب راه‌ها و بلوک‌های شهری است. این شاخص به همراه سطح قطعه‌بندی‌ها و راه‌های فرعی درون بلوک‌های شهری، در میزان فشردگی یا نظم ساخت و سازهای درون آن موثر بوده و به همین لحاظ در میزان آسیب‌پذیری بافت تاثیر دارند. الگوی فضاهای باز در کل سطح بافت بخش‌های مسکونی عامل دیگری در افزایش کارآیی بافت، هنگام سوانح طبیعی است. موقعیت و سطح قرارگیری فضاهای باز و همجواری با ساختارها یا عوارض طبیعی با توجه به وسعت آن می‌تواند موجب آسیب فضاهای باز شود" (حمیدی، ۱۳۷۱: ۲۱۹-۲۱۱).

برای درک مسائل مطرح شده به توضیح کارآیی برخی از الگوها پرداخته می‌شود:

با افزایش نسبت ساخته شده‌ی به کل سطح زمین و یا به فضای باز، آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان‌ها و غیر قابل استفاده شدن بافت افزایش می‌یابد. میزان افت کارآیی فضای باز با ارتفاع ساختمان‌ها نیز ارتباط مستقیم دارند.

جدول شماره ۱: ارزیابی مختلف قطعه‌بندی هنگام و بعد از وقوع زلزله

الگوی قطعه بندی	وضعیت از نظر آسیب پذیری
منظم، مربع یا مستطیل	احتمال نظم بیشتر در فرم ساختمان‌ها و آسیب‌پذیری کمتر به دلیل باقی ماندن فضای باز مفید و کارایی بیشتر در پناه گرفتن و اسکان موقت
مربع چند ضلعی (زوایای منفرجه و حاده)	تاثیر در بی نظمی فرم ساختمان و احتمال آسیب‌پذیری بیشتر، خرد شدن فضای باز و غیر قابل استفاده بودن برای گریز، پناه، امداد و اسکان
نا منظم (اشکال نا ترکیبی)	موثر در بی نظمی ساختمان‌ها و افزایش ضریب آسیب‌پذیری، بی نظمی و خرد شدن فضای باز قطعه و لذا کارایی در پناه گرفتن، امداد رساندن در اسکان موقت

ماخذ: (حمیدی، ۱۳۷۱:۲۲۲)

تصویر شماره ۱: دو نوع بافت متفاوت شهری از منظر نظام تفکیک قطعات ساختمانی



ماخذ: (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۸:۶۰)

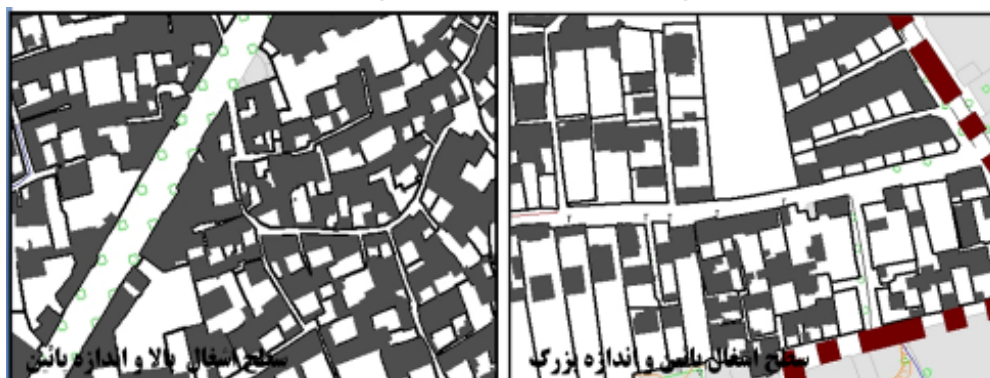
جدول شماره ۲: رابطه‌ی نسبت سطوح ساخته شده به کل قطعه و درجه‌ی آسیب‌پذیری

درجه آسیب پذیری	اندازه (نسبت سطح ساخته شده کل قطعه به درصد)
زیاد	$50 < A < 100$
متوسط	$25 < A < 100$
کم	$0 < A < 100$

ماخذ: (حمیدی، ۱۳۷۱:۲۲۲)

A نشان دهنده نسبت سطح ساخته شده به کل قطعه (ضریب اشغال) است.

تصویر شماره ۲: دو نوع بافت متفاوت شهری از منظر سطح اشغال بنا و اندازه قطعه



ماخذ: (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۸:۶۱)

همچنین در خصوص اندازه‌ی قطعات نیز احتمال آسیب‌پذیری، در اندازه قطع‌بندی کوچکتر از اراضی به علت خرد شدن فضای باز و کاسته شدن فضای مفید و امن برای گریز، پناه گرفتن، عملیات امدادی و اسکان موقت نسبت به اراضی بزرگ اندازه بیشتر است.

جدول شماره ۳: رابطه اندازه قطعه‌ها و درجه‌ی آسیب‌پذیری

اندازه قطعه‌ها (متر مربع)	درجه‌ی آسیب‌پذیری
کوچک اندازه $\Sigma \leq 200$	زیاد
متوسط اندازه $250 < \Sigma \leq 500$	متوسط
بزرگ اندازه $\Sigma \geq 500$	کم

S نشان دهنده اندازه قطعات تفکیکی واحدهای مسکونی به متر مربع می‌باشد. (حمیدی، ۱۳۷۱: ۲۲۱)  
به طور کلی بافت پیوسته و منظم در اراضی هموار که راه‌های آن نیز از درجه‌ی محصوریت متوسط یا کم برخوردارند و به ویژه نسبت سطح ساخته شده به فضای باز آن‌ها متوسط یا کم است و دارای بلوک‌هایی با یک یا دو ردیف منظم ساختمان هستند؛ آسیب‌پذیری کمتر و کارایی بیشتر بعد از وقوع سانحه هستند. نظم شبکه‌ی راه‌ها و طول کم و شطرنجی بودن کوچه‌های فرعی به دلیل تعداد دسترسی، از فلج شدن بافت جلوگیری می‌کند (حمیدی، ۱۳۷۱: ۲۲۱).

جدول شماره ۴: رابطه‌ی درجه‌ی آسیب‌پذیری و انواع بافت‌های شهری

نوع بافت	درجه‌ی آسیب‌پذیری
پیوسته و منظم	کم
ناپیوسته و نامنظم	متوسط
پیوسته و نامنظم	زیاد

ماخذ: (حمیدی، ۱۳۷۱: ۲۲۱)

#### ۴. شکل شهر<sup>۵</sup>

شکل‌های باز شهری بیشتر از فضاهای متراکم در برابر تغییرات انعطاف‌پذیری نشان می‌دهند. عامل دیگری که فرم را به فرم دیگر برتری می‌دهد به جز انعطاف‌پذیری، امکانات زیاد است. زیرا هر شهری ممکن است با هدفی طراحی شود اما هیچ شهری با این هدف ساخته نشده که خطرهای ناشی از زلزله را به حداقل برساند و این سوال مطرح می‌شود که آیا می‌توان کالبد شهر را به صورتی تغییر داد که از صدمات زلزله جلوگیری کرده و یا آن را به حداقل برساند؟ سینگر (۱۹۵۲) و لینچ (۱۹۵۸) - هر دو معتقدند فرم‌های باز برای تغییرات، انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به فضاهای متراکم دارند. علاوه بر انعطاف‌پذیری، امکانات زیاد نیز خصیصه دیگری است که می‌تواند فرمی را نسبت به دیگری برتری دهد (حبیب، ۱۳۷۱: ۲۱) تصویر (۳).



تصویر شماره ۳: بافت متراکم افزایش آسیب‌پذیری

#### ۵. کاربری اراضی شهری<sup>۶</sup>

برنامه‌ریزی کاربری زمین تلاشی است برای کاهش تضادها و نامطلوبیت‌های تأثیرات محیطی در جامعه و طبیعت می‌باشد. مهندسان زمین‌شناسی و ژئوتکنیک لازم است که در مراحل اولیه تصمیم‌های برنامه‌ریزی وارد شوند تا اطلاعات پایه‌ای برای شرایط قابل قبول زندگی مردم را فراهم کنند. در زمینه‌ی زمین‌شناسی، زمین‌شناسان باید اطلاعات کافی را در اختیار برنامه‌ریزان قرار دهند. آن‌ها می‌توانند به سازگاری محیط مصنوع و طبیعی کمک کنند (Fatidic, 2007: 10).

#### ۶. ارتباط بین کاربری زمین و آسیب‌پذیری در برابر زلزله

وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تاسیسات زیربنایی شهر، و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز

شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهر در برابر زلزله دارند؛ بنابراین آنچه که پدیده زلزله را در شهرها به یک فاجعه تبدیل می‌کند در بسیاری موارد، وضعیت شهرسازی نامناسب است. هرگاه در تعیین کاربری زمین‌های شهری، همجواری‌ها ناسازگار در کنار یکدیگر قرار داده نشوند؛ اماکن تخلیه سریع فراهم گردد. اگر کاربری‌ها در شهرها به گونه‌ای توزیع شوند که سبب عدم تمرکز گردند، می‌توان انتظار داشت آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله تا حد زیادی کاهش یابد. بعضی از کاربری‌ها در شهر وجود دارند که نقش بسیار حساسی در آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله دارند. این کاربری‌ها به «کاربری‌های ویژه»<sup>۷</sup> معروفند و شامل مدرسه‌ها، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها مراکز امداد رسانی، مراکز مدیریت شهری، کارخانه، مخازن سوخت و ... می‌باشند. بدیهی است، آسیب دیدن مراکز نظیر مدرسه‌ها و دانشگاه‌ها به علت انبوهی جمعیت آن‌ها، کارخانه‌ها و مخازن سوخت به دلیل ایجاد خطر برای نواحی اطراف خود، بیمارستان‌ها و مراکز امداد رسانی و مدیریت شهری به دلیل عملکرد حساسی که به هنگام وقوع زلزله‌دارا می‌باشند؛ از حساسیت فوق‌العاده‌ای برخوردار بوده و ضروری است در مکانیابی این گونه کاربری‌ها دقت فراوان صورت گیرد تا حداقل به این مراکز آسیبی وارد نشود. به عنوان مثال: «با توزیع صحیح مراکز امدادی در سطح شهر، طراحی ساده کاربری‌های ویژه و مکانیابی آن‌ها در زمین‌های صاف بدون شیب و در ارتباط با شبکه معابر و عدم همجواری با مناطق آسیب‌پذیر» می‌توان آسیب‌پذیری این کاربری‌ها در برابر زلزله را تا حد ممکن کاهش داد و در نتیجه درجه ایمنی شهر در برابر زلزله را افزایش داد.

مسکن نیز یکی از کاربری‌های مهم در شهر می‌باشد که باید سعی شود هنگام وقوع زلزله، این بخش دچار آسیب نشود. بدین منظور می‌بایست از طرح‌های ساده برای ساخت مسکن استفاده نمود و همجواری‌ها را رعایت کرد؛ خصوصاً مسکن باید از کاربری‌های خطر آفرین نظیر کارگاه‌های صنعتی به دور باشد. استفاده از مصالح ساختمانی سبک و برقراری امکان تخلیه سریع مناطق مسکونی در کاهش آسیب‌پذیری این مناطق بسیار موثر است. در واقع کاربری‌های مسکونی شهرها، آزمایشگاهی است که شرایط تمام عیار آزمایش را دارد و در فرآیند تنش‌های شدید زمینی و آسیب‌پذیری محیط مصنوع شهری به دو شکل «تلفات» و «تخریب» تاثیر می‌پذیرد. این در حالی است که سایر کاربری‌های موجود نظیر: (آموزشی، بهداشتی، مذهبی و ...) از آثار دوگانه زلزله صرفاً بخش تخریب را منعکس می‌سازند (احمدی، ۱۳۷۶: ۶۶-۶۵).

با توجه به شاخص «تخریب» عوامل تاثیرگذار روی این شاخص در شهرها عبارتند از:

- تراکم مسکونی
- نوع مصالح ساختمانی
- عمر ساختمان‌ها در شهر
- درصد شیب زمین
- تراکم انسانی در ساختمان‌های مسکونی شهر
- ارتفاع طبقه‌های ساختمان‌های شهر
- همچنین عوامل موثر بر روی «تلفات» در شهر عبارتند از:
- زمان استفاده از کاربری‌ها
- دوره استفاده از کاربری‌ها که به سه دسته تقسیم می‌شود:

**اشتغال پیوسته:** کاربری‌هایی که در تمامی شبانه روز استفاده کننده دارند، مانند: کاربری‌های مسکونی.

**کاربری‌های فعال در شب و روز:** کاربری‌هایی که در تمام ساعات شبانه روز فعالیت دارند ولی از نظر نوع فعالیت در شب و روز متفاوت نیستند؛ مثل: «بیمارستان‌ها، قرارگاه نیروی انتظامی و ...».

**کاربری‌های خالی در شب:** کاربری‌هایی که فعالیت آن‌ها به طول روز محدود می‌شود. مانند: کاربری‌های تجاری، اداری، آموزشی و ...

- عمر ساختمان
- درصد شیب زمین
- نوع مصالح ساختمانی
- تراکم مساحت مسکونی

(عبدالهی، ۱۳۸۰: ۱۸۶-۱۸۴).

## ۷. تراکم‌های شهری

هر چه تراکم جمعیت در شهر به واسطه نوع قطع‌بندی‌های زمین کمتر باشد و این تراکم به طور متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله کمتر خواهد بود. بر عکس تراکم جمعیتی بالا در شهر به معنای

تلفات و خسارت‌های بیشتر به هنگام وقوع زلزله است و این علاوه بر از بین بردن تعداد بیشتری از مردم در اثر فرو ریختن آوارها به دلیل بسته شده راه‌ها و معابر و کاهش امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن و نیز مشکل شدن نجات مجروحین در اثر مسدود شدن راه‌های ارتباطی است.

"به طور کلی تراکم‌های انسانی نقش غیر قابل تردیدی در ارتباط با شاخص‌های مختلف «رفاهی، بهداشتی، آموزش و ...» و دسترسی به امکانات دارد. ولیکن رابطه تراکم جمعیت با آثار زلزله قدری پیچیده‌تر است. با استناد به روش استقرایی و استدلالی روشن است که تراکم جمعیت هیچ‌گونه نقشی در شدت تخریب ندارد، بلکه اهمیت تراکم‌ها مربوط به بعد از رخ دادن تخریب است. به عبارت دیگر از آن جا که ترتیب زمانی آثار زلزله به صورت زیر است، لذا اهمیت تراکم‌های انسانی در آخرین مرحله بسیار تعیین کننده است" (مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران، ۱۳۷۵: ۳۲) تصاویر (۴-۵).

لرزش‌های شدید ← تخریب ← تلفات.

تصویر شماره ۴: افزایش تلفات به علت تراکم جمعیتی  
تصویر شماره ۵: احتمال فرو ریختن آوارها و بسته شده راه  
به خاطر درجه محصوریت بالا



## ۸. تاسیسات و زیر ساخت‌های شهری

" آسیب دیدن تاسیسات زیر بنایی نظیر: « شبکه‌های آب، برق، گاز و مخابرات » می‌تواند تلفات ناشی از زلزله را در یک شهر به شدت افزایش دهد؛ آسیب دیدن شبکه‌ی شهری می‌تواند سبب نشت گاز در فضا شده و آتش‌سوزی‌های بزرگی ایجاد نماید. این اتفاق در سال ۱۹۹۵ در زلزله شهر کوبه اتفاق افتاد.

مقابله و محافظت از مخازن گاز شهری در برابر لرزه باید بر سه اصل متکی باشد:

۱- پیشگیری از وقوع بلایای ثانویه (مثل آتش‌سوزی‌های بعد از زلزله)

۲- مکانیابی و تاسیس مخازن در نواحی مطمئن

۳- قابلیت مرمت سریع سیستم" (موسوی، ۱۳۸۴: ۲۵).

مخازن گاز شهری باید به طور منطقی در سطح شهر پراکنده شده باشند، همه‌ی تجهیزات گاز شهری باید با استفاده از کد لزه‌های مناسب تقویت و مستحکم شده باشند و یک سیستم کنترل مرکزی داشته باشند. شبکه‌ی آبرسانی و توزیع آن در سطح شهر نیز باید توسط یک سیستم مرکزی قابل کنترل باشد تا در صورت آسیب دیدن بخشی از شبکه، بتوان از آسیب‌های ثانوی که به دنبال دارد، جلوگیری شود. نقش این شبکه علاوه بر تامین آب روزانه شهروندان بعد از وقوع زلزله، استفاده از آن به منظور جلوگیری و مهار حوادث اضطراری بعد از زلزله مثل آتش‌سوزی است" (Shaoping, 1994:316-318).

ایمن‌سازی شبکه‌های زیر ساختی در برابر زلزله نقش مهمی در افزایش مقاومت شهر در برابر زلزله دارد. در مکانیابی تاسیساتی نظیر نیروگاه‌های برق باید دقت نمود که این گونه مرکزها به دور از مناطق مسکونی باشند. در زمینه‌ی شبکه‌ی زیر ساختی آنچه مهم است، نقش بالای این شبکه‌ها در زندگی شهروندان و حیات شهری و همچنین اثری است که نبود یا آسیب‌پذیر بودن این شبکه‌ها بر زندگی شهروندان می‌گذارد (قدیری، ۱۳۸۱: ۲۶).

## ۹. برنامه‌ریزی کالبدی شهری مبتنی بر ارزیابی خطر بلایا

هیچ کس نمی‌تواند انکار کند که کیفیت شهر به امکانات تسهیلات و ایمنی آن وابسته نیست، این عناصر بر محیط و حوزه‌های شهری تاثیر می‌گذارند. از میان عناصر فوق، امکانات و تسهیلات به بهره‌مندی و استفاده از شهر ارتباط دارد، در حالی که موضوع مهم ایمنی به فراموشی سپرده شده است؛ این موضوع به خصوص در موارد زلزله که اغلب در مکان‌های همسان رخ نمی‌دهد، صدق می‌کند. شهرنشینی و توسعه سریع، بدون در نظر گرفتن مساله ایمنی در مقابل بلایا صورت گرفته است. به طور کلی رشد و پیشرفت شهری تسهیلات و امکانات، سلامتی را افزایش داده است اما هرگز تسهیلات، ایمنی در برابر بلایا را افزایش نداده است. هدف برنامه‌ریزی شهری به منظور پیشگیری از بلایا، تشخیص فرآیند عناصر مخاطره آمیز و تقویت ایمنی، به واسطه‌ی بهبود و اصلاح شهر و شهرسازی است (Nakabayashi, 1994:225-226).

## ۱۰. راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی<sup>۸</sup>

با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزاء شهری به یکدیگر، آسیب‌پذیری شهری نیز دربرگیرنده تمامی عوامل موجود در یک شهر می‌شود. به عبارت دیگر سوانح بر تمامی اجزاء یک شهر اثر می‌گذارند؛ سیستم‌های شهری تحت تاثیر آسیب‌پذیری سوانح از جمله زلزله هستند؛ وقوع زلزله کارکرد هر یک از سیستم‌های شهری را می‌تواند مختل یا متوقف کنند. بروز اختلال در هر یک از سیستم‌ها ادامه کارکرد سایر سیستم‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین پدیده آسیب‌پذیری شهری کل سیستم را در بر می‌گیرد و از این رو خطر بروز حادثه را افزایش می‌دهد. راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی در شهرها عبارتند از:

مرحله اول - تعیین نواحی در معرض خطر (پهنه‌بندی خطر) که در دو بخش انجام می‌گیرد:

الف - تهیه نقشه نواحی آسیب‌پذیر با پهنه‌بندی خطر که با ارتباط دادن یک بحران مثل زلزله به یک ناحیه و احتمال وقوع آن در آینده انجام گیرد و نتایج آن معمولاً به صورت نقشه‌هایی براساس نوع و شدت خطر در یک مکان خاص جغرافیایی تهیه می‌شوند.

ب - تهیه نقشه ناحیه‌بندی ریزتر در نواحی با میزان وقوع خطر بالاتر به این صورت که این نواحی به نقاط مختلف تقسیم می‌شوند و شدت و ضعف وقوع در آن ناحیه خاص مورد بحث قرار می‌گیرد.

مرحله دوم - تعیین نواحی مستعد آسیب‌پذیری در سه بخش انجام می‌گیرد:

الف - تعیین خطر محتمل در ناحیه مورد بررسی

ب - ناحیه‌بندی در سطح ریزتر که مناطق با آسیب‌پذیری بالاتر تعیین شوند.

ج - ارزیابی فضاهای ساخته شده که شامل ساختمان‌های مسکونی، اداری، صنعتی، تأسیسات زیربنایی، سدها و نیروگاه‌ها می‌شود.

مرحله سوم - انتخاب استراتژی کاهش آسیب‌پذیری کالبدی که در دو بخش انجام می‌شود:

الف - تعیین استراتژی اولیه مثل احداث سیل‌بند بر روی مسیل‌ها، محدود کردن توسعه نواحی خطر یا جا به جایی از نواحی خطرزا به نواحی امن.

ب - تعیین استراتژی مناسب ساخت‌وساز برای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی مثل تعیین معیار طراحی با استانداردهای ساختمانی، تقویت ساختمان‌های ضعیف در برابر وقوع سوانح.

## ۱۱. جمع‌بندی

امکانات مقابله با هر نوع از حوادث طبیعی با نوع آن تغییر می‌کند؛ ولی به هر حال باید تدابیری اندیشید، به عنوان مثال: توجه به موقعیت و نوع همجواری‌ها، نحوه ساخت و میزان استحکام ساختمان‌ها، منجر به رسیدن به قوانین و ضوابط اجرایی می‌شود که در مقابله با حوادث ضروری است و یا تأسیسات و عوامل فیزیکی و مکانیکی برای روبرویی با خطرات احتمالی در نظر گرفته شود. (تراس‌بندی زمین، مسیل‌بندها، وسایل حامل در برابر لرزش، افزایش دمای زمین، سیستم‌های حریق، کنترل برج‌های دیده‌بانی، سیستم‌های اطلاع‌رسانی نصب شده، تجهیزات و آموزش برای نجات و امداد) بعد از بحران نقش مهمی دارند.



در مکانیابی اراضی شهری باید به همجواری دقت کرد و کاربری‌های ناسازگار کنار هم قرار داده نشوند تا امکان برای تخلیه سریع وجود داشته باشد و در ضمن اگر توزیع کاربری‌ها متراکم نباشد آسیب‌پذیری در زلزله را کاهش می‌دهد. همچنین توجه ویژه‌ای به مکانیابی بعضی از کاربری‌های چون مدارس، بیمارستان‌ها، مراکز مدیریت شهری و مراکز امداد رسانی مبذول گردد. چون آسیب‌دیدگی این مراکز به علت تراکم جمعیت بالا، عملکرد حساس یا ایجاد خطر برای مناطق اطراف در سطح بالایی قرار دارد. به عنوان مثال: توزیع صحیح مراکز امدادی در سطح شهر در زمین‌های صاف و بدون شیب و عدم همجواری با مناطق آسیب‌پذیر و دسترسی آسان به شبکه معابر درجه ایمنی شهر را در برابر خطر زلزله افزایش دهد. در مکانیابی مسکونی نیز باید همجواری‌ها رعایت شود و از همجواری با کارگاه‌های صنعتی اجتناب شود؛ از مصالح ساختمانی سبک استفاده شود و دسترسی ساده برای تخلیه وجود داشته باشد تا از آسیب‌دیدگی آن در هنگام زلزله کاسته شود. چون کاربری مسکونی به جز تخریب؛ بالا رفتن آمار تلفات انسانی را در خود دارد.

## منابع

- احمدی، حسن (۱۳۷۶) "نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهر" فصلنامه مسکن و انقلاب، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.  
تن برگ، دیویدونیه (۱۳۷۳) "مدیریت بحران" چاپ اول، علی ذوالفقاریان، تهران، انتشارات حدیث.  
حبیب، فرح (۱۳۷۱) "نقش فرم شهر در به حداقل رساندن خطرات ناشی از زلزله" مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، تهران، دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.  
حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۸۸) "امنیت شهری و GIS" تهران، انتشارات دانشگاه امام حسین.  
حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱) "ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب‌پذیری مسکن" مجموعه مقالات سمینار سیاست‌های توسعه مسکن در ایران، تهران.  
سلطان‌زاده، حسین (۱۳۶۷) "مقدمه ای بر تاریخ شهر و شهرنشینی در ایران" تهران، انتشارات امیرکبیر.  
عبداللهی، مجید (۱۳۸۰) "مدیریت بحران در نواحی شهری" تهران، انتشارات انوار.  
قدیری، محمود علی (۱۳۸۱) "کاربرد روشهای برنامه ریزی شهری (کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله" پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تربیت مدرس.  
مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران (۱۳۷۵) "برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز (نمونه شهرهای لوشان، منجیل، رودبار" تهران، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران.  
موسوی، سیده فاطمه (۱۳۸۴) "تمهیدات شهرسازی به منظور کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله-نمونه مطالعه شهر چالوس" پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد در رشته شهرسازی- برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای دانشگاه علم و صنعت ایران.  
-Fatidic, Handel, Osama, Refit (2007) " **Urban Seismic Risk: Impact on Land use Planning in Nablus City, Palestine**" Faculty of Graduate Studies at an- Rajah University, Nablus, Palestine.  
-Nakabayashi, Istook (1994) "**Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment.**" In Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century, Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, 1- 4 November, Nagoya, Japan, 225-239.  
-Sun, Shopping (1994) "**Seismic Damage of Lifeline Facilities and Disaster Prevention in China**" In Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century. Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, 1- 4 November, Nagoya, Japan, 317-325.

## پی‌نوشت

- 1 -Earthquake
- 2- Vulnerability
- 3-Urban Structure
- 4- Urban Texture
- 5- Urban Form
- 6- Urban Land Use
- 7- Special Land-Uses
- 8- Physical Vulnerability