

## بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه‌علیت

اسماعیل صالحی<sup>۱</sup>، محمدتقی آقابابایی<sup>۲\*</sup>، هاجر سرمدی<sup>۳</sup>، محمدرضا فرزادبیتاش<sup>۴</sup>

۱- استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران tehranssaleh@ut.ac.ir

۲- کارشناس مدیریت مطالعات و برنامه ریزی محیط زیست و امور بحران مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

۳- کارشناس محیط زیست شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران sarmadi\_h209@yahoo.com

۴- مدیر مطالعات و برنامه‌ریزی محیط زیست و امور بحران مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران behtash@canada.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱۰

### چکیده

شهرها، سیستم‌های پیچیده و به هم وابسته‌ای هستند و نسبت به تهدیدات طبیعی، انسان‌ساخت و تروریستی، بسیار آسیب‌پذیرند. مشخصاتی که شهرها را مطلوب و دست‌یافتنی می‌سازد، نظیر سبک‌های معماری، مراکز تمرکز جمعیت، مکانهای اجتماع، و زیرساخت‌های به هم وابسته، آنها را همچنین در معرض ریسک‌های بالایی نسبت به مخاطرات طبیعی (سیل، زلزله) و انسان‌ساخت قرار می‌دهد. بررسی‌های جهانی که در مورد خسارات ناشی از حوادث طبیعی انجام شده، نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۱، ۷۰۰ حادثه طبیعی شناسایی شده که منجر به ۲۵۰۰۰ کشته، ۳۶ میلیارد دلار خسارت اقتصادی و ۱/۵ میلیارد دلار خسارات بیمه‌ای شده است. اغلب خسارات ناشی از حوادث در مکانهایی به وقوع پیوسته که سکونتگاههای آسیب‌پذیر شهری در نزدیکی مناطق شناخته شده مستعد خطر نظیر سیلابدشت‌ها، مناطق لرزه‌خیز و خطوط ساحلی توسعه یافته است. آیا ما باید این‌گونه خسارات را قبول کنیم و یا راهی برای مقابله با آثار آن بیابیم؟ با وجود تمام توجهات و علایقی که به مقوله و مفهوم تاب‌آوری جوامع وجود دارد، تعداد کمی از قوانین سیستماتیک فرموله شده در مورد تاب‌آوری وجود دارد که در مقیاس شهر کاربردی شده باشد. در این مقاله سعی بر آن شده است که با ارائه تعاریف آسیب‌پذیری و تاب‌آوری و تعیین ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری با توجه به چارچوب‌ها و مدل‌های مطالعه شده، ابعاد و مؤلفه‌های پیشنهادی برای تاب‌آوری محیطی مشخص شود. در انتها نیز مدل تاب‌آوری محیطی پیشنهادی براساس مدل شبکه‌علیت ارائه شده است.

### کلید واژه

تاب‌آوری جوامع، آسیب‌پذیری، حوادث شهری، سوانح طبیعی، مدل شبکه‌علیت

### سر آغاز

تحمل کند؟ جواب کوتاه، نه است (U.N. Commission on Sustainable Development, 2001). بسیاری از کتاب‌شناسی موضوعی راجع به تاب‌آوری از منظر مخاطرات و حوادث، در حیطه برنامه‌های کاهش مخاطرات گنجانده می‌شود. ایجاد تعادل بین مقولات مربوط به توسعه و محیط زیست در توسعه مکانهای ایمن و قابل زندگی، یکی از راههای کلیدی در پرورش و گسترش تاب‌آوری است. این نمی‌تواند تغییری شدید در سیاست‌های شهری باشد، درجایی که دولت‌ها در گذشته بیشتر مشتاق به توسعه در فضاهای خطرناک بودند و اقداماتی نظیر تغذیه سواحل، کنترل سیل‌ها، امداد حوادث، تقسیم هزینه‌ها و مواردی از این‌گونه را انجام می‌دادند که بیشتر باعث افزایش مواجهه با خطرهای می‌شد، اکنون به بهبود تاب‌آوری جوامع روی آورده‌اند.

شهرها، به‌عنوان پیچیده‌ترین ساخته دست بشر، با ریسک‌های گسترده‌ای هم به دلیل دامنه وسیعی از مخاطرات و همچنین به علت آسیب‌پذیری‌های چندگانه‌شان مواجه هستند. آسیب‌پذیری‌های شهری در همه جا از زیرساخت‌ها و سازه‌ها تا سیستم‌های مخابرات، ترابری و خطوط انرژی مشخص است و کاهش آسیب‌پذیری‌ها در مقیاس شهر بسادگی مقاوم‌سازی ساختمان‌ها نیست (Moore, 2001). سازمان ملل در مقاله‌ای در ارتباط با حوادث طبیعی و توسعه پایدار مقولات را به‌طور واضح چنین بیان کرده است: آیا توسعه پایدار، با هدف کاهش فقر و حفاظت از محیط زیست، می‌تواند بدون در نظر گرفتن ریسک مخاطرات طبیعی و آثار آنها موفقیت‌آمیز باشد؟ آیا زمین می‌تواند افزایش هزینه‌ها و خسارات ناشی از حوادث را

شده است. توسعه پایدار به دنبال بررسی نیازهای کنونی، بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده و نیازهای آنهاست، اما این رویکرد نمی‌تواند بدون توانمندسازی تاب‌آوری شهرها در برابر حوادث طبیعی و اطمینان از عدم افزایش آسیب‌پذیری شهرها به دلیل توسعه موفقیت‌آمیز آینده شهری باشد (U.N. Commission on Sustainable Development, 2001). رشد هوشمند، شهرهای فشرده و با تراکم بالا را برای مبارزه با پراکندگی و پخش‌شدگی شهری عنوان می‌کند؛ بسیاری از سیاست‌های رشد هوشمند با هدف تاب‌آوری مخاطرات است. شهرسازی مدرن، اصول طراحی معماری سنتی را برای پرورش جامعه استفاده می‌کند، درحالی‌که پراکندگی شهری را کاهش می‌دهد.

با توجه به حوادثی که در شهرها اتفاق افتاده است و با در نظر گرفتن خسارات و تلفات گسترده‌ای که به‌جا گذاشته است، تعدادی از متخصصان شهرسازی برگشت به الگوهای پراکنده شهری را برای کاهش میزان آسیب‌پذیری پیشنهاد داده‌اند. تعدادی از آنها نیز بر جایگزینی فناوری‌های ارتباطی به جای ارتباط فیزیکی و سیستم‌های حمل و نقل به‌منظور کاهش تمرکز شهری تأکید کرده‌اند.

تکنیک‌های سنتی کاهش مخاطرات بر روی انتشار اطلاعات در مورد ریسک‌ها و اقدامات ایمنی تمرکز دارد که با هدف مشارکت و همکاری در برنامه‌های کاهش مخاطرات انجام می‌گیرد. با این حال، آنهایی که مسئول مقابله با مخاطرات تروریستی هستند، تحت شرایط امنیتی برای ممانعت استفاده تروریست‌ها از اطلاعات عمومی فعالیت می‌کنند. این‌گونه رویکردها این سوال را مطرح می‌کند که آیا ما نیاز به دوگانه تکنیک کاهش مخاطرات، یکی برای حوادث طبیعی و دیگری برای حوادث تروریستی داریم. ممکن است به این نتیجه رسید که تکنیک جامع مخاطرات<sup>۵</sup> که حوادث طبیعی و همچنین تروریستی را پوشش می‌دهد، وجود ندارد. با این حال، اصول تاب‌آوری حوادث برای هر دودسته تکنیک‌ها، یکسان است. هر دو دسته تکنیک باید به دنبال ایجاد تاب‌آوری اجتماعی و فیزیکی یا کالبدی باشند.

### مفهوم تاب‌آوری و آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری تابعی از میزان در معرض بودن (چه کسی و چه چیزی در ریسک است) و حساسیت یک سیستم (درجه‌ای که مکانها و افراد آسیب می‌بینند) است (Cutter, et al., 2008). آسیب‌پذیری از تقابل سیستم‌های انسانی، محیط مصنوع و محیط طبیعی حاصل

کاهش مخاطرات شامل فعالیتهایی است که برای کاهش یا حذف ریسک‌هایی انجام می‌گیرد که مردم، اموال و دارایی‌هایشان با آن مواجه هستند. کاهش مخاطرات مرحله‌ای از مدیریت حوادث است که چرخه خسارت، بازسازی و دوباره خسارت را می‌شکند (FEMA 2000) و شامل اقداماتی از مهندسی ساختمان و کدهای ساختمانی تا برنامه‌ریزی کاربری اراضی و تملک دارایی‌هاست. کاهش مخاطرات شهری، شاخه‌ای از تکنیک‌های کاهش مخاطرات است که هدف نهایی آن توسعه شهرهای تاب‌آور است. چنین شهرهایی قادر خواهند بود که در برابر شوک‌های شدید بدون آشفته‌گی فوری، یا خسارات دائمی ایستادگی کنند.

سیاست‌ها و اقدامات کاهش مخاطرات با دو هدف اجرا می‌شود: توانمندسازی جامعه برای تاب‌آوری در برابر مخاطرات، در حالی که فعالیتهای توسعه‌ای سبب افزایش آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات نشود (U.N. Commission on Sustainable Development, 2001). طرحها و برنامه‌های کاهش مخاطرات سنتی، بر پایداری و مقاوم‌سازی سیستم‌های کالبدی تمرکز داشته است.

با این حال، برنامه‌های کاهش مخاطرات آینده باید بر آموزش نهادها و جوامع شهری برای کاهش ریسک مخاطرات و مقابله مؤثر و کارآمد با حوادث تمرکز کند، چون آنها به‌عنوان اعضای که بیشترین مسئولیت را در ساخت جامعه‌ای تاب‌آور دارند، مطرح می‌شوند.

علم می‌تواند نقش مهمی را در بازدارندگی، کاهش مخاطرات و همچنین بازسازی و بازتوانی بازی کند. بیشترین میزان مشارکت علم در صورتی می‌تواند باشد که جامعه آسیب‌پذیری‌های خودش را نسبت به حملات تروریستی و حوادث طبیعی به‌صورت مشترک بررسی کند تا جداگانه. از آنجایی که موضوعات و فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی هستند که جامعه را آسیب‌پذیر می‌سازند، می‌توان با کارکردن بر روی آنها و تنظیم برنامه‌هایی با همکاری علوم اجتماعی و طبیعی این نقیصه را کاهش داد (Godschalk, 2002, Kennedy, 2003).

یکی از اهداف کاهش مخاطرات در برابر حوادث طبیعی، تأثیر بر فرم کالبدی شهرها با توجه به مناطق خطرناک به‌صورت جداگانه بوده است. این هدف با توجه به برنامه‌ریزی‌های موقتی برنامه‌ریزی شهری نظیر توسعه پایدار<sup>۲</sup> (Berke 1995)، رشد هوشمند<sup>۳</sup> (Godschalk 2001) و شهرسازی مدرن<sup>۴</sup> (Katz 1994) تدوین

کارل فولک و همکاران (Folke, et al., 2002)، تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی را به سه خصوصیت متفاوت تقسیم‌بندی کردند: ۱) بزرگی شوکی که سیستم می‌تواند تحمل کند و در وضعیتی معین باقی بماند. ۲) درجه‌ای که سیستم قادر به خود-سازماندهی<sup>۱</sup> است. ۳) درجه‌ای که سیستم می‌تواند ظرفیت سازگاری و یادگیری را ایجاد کند.

در کتابشناسی حوادث و مخاطرات، خصوصیات تعریف شده واضحی در مورد سیستم‌های تاب‌آور وجود دارد. برای مثال، در کمیته‌ی کاهش بلایا (SDR, 2005) خصوصیات جوامع تاب‌آور به شرح ذیل عنوان شده است:

- مخاطرات مناسب و مرتبط، شناسایی و درک می‌شوند.  
- جوامع در ریسک می‌دانند که چه موقع خطری قریب‌الوقوع است.

- افراد در ریسک از مخاطرات در امان هستند.  
- جوامع تاب‌آور، حداقل اختلال را در جریان زندگی و اقتصادی‌شان بعد از گذر حوادث تجربه می‌کنند.

تاب‌آوری محلی با توجه به حوادث نیز بدین مفهوم است که جامعه محلی قادر به ایستادگی در برابر حوادث شدید طبیعی بدون صدمه دیدن از تلفات مخرب و خسارات، یا ازدست دادن قدرت تولید یا کیفیت زندگی باشد و کمک زیادی از خارج از جامعه دریافت کند (Mileti, 1999).

شهر تاب‌آور، شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های کالبدی و جوامع انسانی است. سیستم‌های کالبدی، مؤلفه‌های ساخته‌شده و طبیعی شهرند که شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، ارتباطات و تاسیسات تأمین انرژی و همچنین مسیرهای آب، خاک، توپوگرافی، جغرافیا و سیستم‌های طبیعی هستند. در مجموع، سیستم‌های کالبدی به مثابه بدن شهر است، (استخوان‌ها، سرخرگ‌ها و ماهیچه‌هایش). در حین حوادث، سیستم‌های کالبدی باید باقی بمانند و در فشارهای شدید نیز به عملکرد خود ادامه دهند. شهر بدون سیستم‌های کالبدی تاب‌آور در برابر حوادث بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود. جوامع انسانی، مؤلفه‌های اجتماعی و نهادی یک شهر هستند. آنها شامل اجتماعات انسانی رسمی و غیررسمی، پایدار و منفردند که در فضای شهری عمل می‌کنند: مدارس، همسایگان، سازمانها، نهادها، شرکت‌ها، نیروهای وظیفه و نظیر آنها. در مجموع، جوامع به‌عنوان ذهن و مغز شهر عمل می‌کنند، فعالیت‌هایش را هدایت می‌کنند، نیازهایش را برآورده کرده و از تجارب آن استفاده

می‌شود. یکی از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری جامعه، واقع شدن آن در محدوده‌های مستعد خطر نظیر سواحل، سیلابدشت‌ها، مناطق لرزه‌خیز و سایت‌های بالقوه آلوده است. برای مثال، جوامعی که در مرزهای جزایر وجود دارند بسیار بیشتر از شهرهای داخلی نسبت به تخریب‌های مربوط به طوفان‌های ساحلی و سیلاب‌ها آسیب‌پذیرند. آسیب‌پذیری محیط مصنوع نیز به موقعیت آن نسبت به منبع خطر و یا تهدید بستگی دارد. زیرساخت‌ها و ساختمان‌های غیرمستحکم، زیرساخت‌های عمومی ناکافی و توسعه صنعتی و تجاری، آسیب‌پذیری محیط مصنوع را در جوامع افزایش می‌دهد (Borden, et al., 2007). تراکم محیط مصنوع، از دیگر شاخص‌های مهم در آسیب‌پذیری جامعه است. زیرساخت‌ها و شریان‌های عمومی (آب و فاضلاب، پل‌ها و جاده‌ها و سایر موارد) خصوصاً برای جوامعی حیاتی‌اند که ازدست دادن آنها بار مالی غیرقابل جبرانی را بر جوامع کوچکتری می‌گذارد که غالباً دارای کمبود منابع برای بازسازی هستند (Cutter, et al., 2008). سلامت اقتصادی جامعه نیز از ارزش و اهمیت بالایی برخوردار است. چونکه ارتباط نزدیکی با توسعه صنعتی و تجاری جامعه دارد (Chang, 2002). جوامعی که دارای اقتصاد تک محوری هستند، به‌عنوان مثال فقط بر صنعت توریسم استوار هستند، بسیار آسیب‌پذیرتر از جوامعی هستند که دارای اقتصاد متنوع هستند.

در نهایت، خصوصیات اجتماعی و مردم‌شناسی ساکنان یک منطقه است که آن را آسیب‌پذیرتر از دیگر مناطق می‌کند. شاخص‌های اجتماعی بارز عبارتند از سن، جنسیت، نژاد، وضعیت اقتصادی-اجتماعی، جمعیت‌های با نیازهای خاص (مشکلات ذهنی و فیزیکی، بی‌خانمان‌ها، رهگذرها)، غیربومی زبانان، و جهانگردی فصلی (Tierney, et al., 2001).

مفهوم تاب‌آوری<sup>۲</sup> توسط هالینگ در ۱۹۷۳ در زمینه اکولوژی ارائه شد. "تاب‌آوری، تداوم ارتباط با یک سیستم را بیان می‌کند و عبارتند از معیاری برای سنجش میزان توانایی سیستم‌ها در جذب تغییرات در متغیر وضعیت<sup>۳</sup>، متغیرهای متحرک و مشخصه‌ها و با این حال حفظ پایداری سیستم".

لوئیس لبل (Louis Lebel, 2001) "میزان نیروی موجود در ترکیب خاصی از سیستم را که ساختار/عملکرد آنرا در مواجهه با اختلالات حفظ می‌کند و همچنین توانایی سیستم برای سازماندهی مجدد تغییرات حاصل از اختلالات و تعیین میزان قلمرو پایداری سیستم" را به‌عنوان تاب‌آوری یک سیستم بیان می‌کند.

مدلی پیشنهادی مطرح شد. برایان مک ماهون و همکارانش این مدل را در سال ۱۹۶۰ ارائه کردند و مفهومش آن است که معلول‌ها همیشه نتیجه علتی مشخص نیستند، بلکه مجموعه‌ای از علل، یا عوامل که همچون شبکه‌ای به هم اتصال دارند باعث ایجاد معلول می‌شوند. شبکه‌ی علتی را می‌توان به صورت نمودار علتی یا مدل شبکه‌ی عنکبوتی نمایش داد. نمودار علتی نمایش روابط علتی بین متغیرهاست که به هر متغیر یک محل ثابت تخصیص می‌یابد و در آن هر رابطه علت و معلول متغیری با متغیر دیگر با استفاده از یک پیکان که نوک پیکان به سمت معلول و انتهای آن به طرف علت است، رسم می‌شود.

### سابقه پژوهش (مدل‌ها و چارچوب‌های ارائه شده)

با وجود تمام توجهات و علایقی که به مقوله و مفهوم تاب‌آوری جوامع وجود دارد، تعداد کمی از قوانین سیستماتیک فرموله شده در مورد تاب‌آوری وجود دارد که در مقیاس شهر کاربردی شده باشد. هارولد فاستر (Foster, 1997) ۳۱ اصل را برای کسب تاب‌آوری عنوان و بر طبق چندین قسمت طبقه‌بندی کرد: سیستم‌های کلی، کالبدی، عملیاتی، زمان‌سنجی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی. بر طبق تئوری فاستر، تاب‌آوری سیستم‌های کلی مستقل، متنوع، قابل تجدید، و از نظر عملکردی مازاد هستند، با ظرفیت ذخیره از طریق تکثیر، تبادل‌پذیری و ارتباطات میانی. سیستم‌های کالبدی تاب‌آور ترکیبی از واحدهای نیمه خودمختار و کوچک هستند؛ استانداردهای را استفاده می‌کنند؛ بسیار هستند و هیچ‌گونه قسمت‌های محرمانه یا مهارت‌های منحصر به فردی را نیاز ندارد؛ پایدار هستند و طراحی ایمن - شکست<sup>۹</sup> را به کار می‌گیرند؛ و دارای قدرت کشف سریع نقص هستند. سیستم‌های عملیاتی تاب‌آور کافی، برگشت‌پذیر، خودمختار و فزاینده هستند. زمان‌سنجی شامل زمانهای رهبری کوتاه و مقابله سریع است. سیستم‌های اجتماعی تاب‌آور با سیستم‌های متنوعی سازگارند، می‌توانند همزمان چندین هدف را برآورده کرده و تعادل بین مخارج و هزینه‌ها را حفظ کنند، به طور سخاوتمندانه‌ای خسارات را جبران می‌کنند و دسترسی بالایی دارند. سیستم‌های اقتصادی تاب‌آور تأمین مالی با سودآوری بالا را به کار می‌گیرد، محدوده گسترده‌ای از حمایت‌های مالی بالقوه را تأمین می‌کند، از نرخ هزینه-سود بالایی برخوردار هستند، زودبازده است، و هزینه‌ها و سودها را به طور مساوی تقسیم می‌کند. سیستم‌های محیط‌زیستی تاب‌آور، آثار را کاهش داده و دارای منابع گسترده، یا قابل تجدید است.

می‌کنند. در حین حوادث، شبکه‌های انسانی نیز باید باقی بمانند و عملکردهایشان را ادامه دهند.

شهرهای تاب‌آور، براساس قوانین به‌دست آمده از تجارب حوادث گذشته در محیط‌های شهری ساخته شده‌اند. آنها ممکن است در برابر نیروهای حاصل از مخاطرات خم شوند، ولی دچار شکست نمی‌شوند. در شهرهای تاب‌آور، ساختمان‌های کمتری باید واژگون شوند؛ برق‌گرفتگی کمتری رخ دهد؛ خانوارها و مشاغل کمتری در معرض ریسک قرار گیرند؛ تلفات و جراحات کمتری باید وجود داشته باشد؛ اختلالات ارتباطاتی و ناهماهنگی‌های کمتری باید به‌وقوع بپیوندد. ارتباط و تمرکززدایی از خصوصیات مهم شهرهای تاب‌آور است، به گونه‌ای که شبکه‌های اقتصادی، اجتماعی و مانند این در سطح شهر توزیع شده باشد (Vale and Campanella, 2002).

تاب‌آوری به دو دلیل مهم است. اول این که، چون آسیب‌پذیری سیستم‌های اجتماعی و فناوری شده به طور کامل قابل پیش‌بینی نیست (Foster, 1997). دوم این که، مردم و دارایی‌ها در شهرهای تاب‌آور باید در مواجهه با حوادث بهتر از مکان‌ها و جوامعی که کمتر انطباق‌پذیر هستند، عمل کنند (Bolin and Stanford, 1998; Comfort, 1999). یکی از مزایای برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری شهرها این است که نیازی به تمرکز بر روی الگوی خاص فرم شهری، یا توسعه شهری نیست. این انعطاف‌پذیری این اجازه را می‌دهد که با توجه به شرایط منحصر به فرد شهرها و برنامه‌های توسعه، قدرت جوابگویی و توانایی انطباق وجود داشته باشد. این موضوع موجب می‌شود که خلاقیت فکری برای اندیشیدن به راه‌های گوناگون کسب تاب‌آوری ایجاد شود، بدون این‌که در چارچوب خاصی محدود شود.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش، در ابتدا، با توجه به کمبود اطلاعات راجع به این موضوع در کشور، براساس مطالعات کتابخانه‌ای و جست‌وجوهای اینترنتی، دامنه وسیعی از مطالعات راجع به تاب‌آوری، جمع‌آوری شد. سپس، مدل‌ها و چارچوب‌های مختلف ارائه شده در مورد تاب‌آوری جوامع مختلف گردآوری و مورد بررسی قرار گرفت. ابعاد و مؤلفه‌هایی که در هر کدام از آن مدل‌ها و چارچوب‌ها به‌طور جداگانه برای تعیین تاب‌آوری ارائه شده بود، معین شد. در نهایت، با توجه به مطالعات صورت گرفته، ابعاد و مؤلفه‌های مطرح در تاب‌آوری جامع جوامع استخراج و در مدل شبکه‌ی علتی به‌عنوان

۴. **برنامه‌ریزی مدیریت ریسک مشارکتی:** افراد، اقدامات کاهش ریسک را که موجب کاهش آسیب‌پذیری‌ها و تقویت ظرفیت‌ها می‌شوند شناسایی می‌کنند. این اقدامات سپس در برنامه مدیریت ریسک جامعه گنجانده می‌شود.

۵. **تشکیل و آموزش سازمان مدیریت ریسک محلی:** ریسک ناشی از حوادث زمانی بهتر مدیریت می‌شود که یک سازمان محلی، اجرای برنامه را برعهده بگیرد. بنابراین، اگر سازمانی وجود ندارد باید ایجاد شود و اگر وجود دارد باید آن را تقویت نمود.

#### ۶. اجرا از طریق مدیریت جامعه

۷. **ارزشیابی و پایش مشارکتی:** سیستمی ارتباطاتی که اطلاعات را در بین تمام افراد درگیر در پروژه به جریان می‌اندازد. ابتکار تاب‌آوری منطقه‌ای و جامعه‌ای<sup>۱۳</sup> چارچوبی است که چهار مؤلفه برای تاب‌آوری (آسیب‌پذیری اجتماعی؛ محیط ساخته شده و زیرساخت‌ها؛ سیستم‌های طبیعی و میزان مواجهه؛ برنامه‌ریزی و کاهش مخاطرات) مطرح می‌کند. واضح است که تاب‌آوری بسیار پویا و در زمان و مکان متغیر است. مفهوم آن می‌تواند برای سیستم‌های متفاوت (اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی، مهندسی، نهادی، فرهنگی و زیرساختی) و واحدهای متنوعی از افراد یا ساختارهای واحد تا خانوارها، گروه‌های اجتماعی، جوامع، شهرستان‌ها و مناطق استفاده شود.

مؤسسه کاهش تلفات حاصل از فجایع (کانادا) (Henestra et al., 2004)، مجموعه عناصر هسته‌ای زیر را که می‌تواند در طراحی و توسعه جامعه‌ای تاب‌آور مورد استفاده قرار گیرد، مشخص کرده است.

- نگرش‌های فرهنگی باید تاب‌آوری را همراهی کنند.
  - تاب‌آوری حوادث، یک فلسفه، فرایند و یک وضعیت است.
  - تاب‌آوری نیازمند رویکرد جامع مخاطرات است.
  - تاب‌آوری نیازمند رویکرد جامع آسیب‌پذیری است.
  - جوامع نیازمند پایداری و استحکام بیشتری نسبت به تنش‌های مخاطرات هستند.
  - سیستم‌های جامعه باید منعطف باشند.
  - ظرفیت بازسازی جامعه باید تقویت شود و بهبود یابد.
  - جوامع باید ظرفیت تطبیقی را گسترش دهند.
- در کارگاهی که در گوتنبرگ سوئد در سال ۲۰۰۵ برگزار شد، چهار مؤلفه اصلی که برای تاب‌آوری سیستم‌ها و مناظر شهری مؤثر

مرکز بنگاه اجتماعی<sup>۱۰</sup> مدل تاب‌آوری جامعه (CED:2000) را بر اساس این‌که مردم در مورد چگونگی کارکرد جامعه به‌صورت موفقیت‌آمیز چه می‌دانند، طراحی کرد. این مدل در دو سطح از اطلاعات تشکیل می‌شود. در سطح اول، مرکز آن شامل چهار بعد از تاب‌آوری است. در سطح بعد، هر بعد در چندین مقوله و با خصوصیات جزئی‌شده بیشتر درباره تاب‌آوری بیان می‌شود. ابعاد و خصوصیات، هر دو، بر اساس یک جامعه تاب‌آور ایده‌آل بیان می‌شود. چهار بعد تاب‌آوری عبارتند از مردم؛ سازمان‌های جامعه؛ منابع جامعه؛ فرایند جامعه. تمام چهار بعد با هم ارتباط دارند و بیان‌کننده این واقعیت هستند که تمام قسمت‌های جامعه به‌هم وابسته و مستقل از یکدیگرند. سه بعد ابتدایی، طبیعت و تنوع منابع موجود برای توسعه جامعه را بیان کرده و بعد چهارم، فرایند جامعه، رویکردها و ساختارهای موجود در جامعه برای سازماندهی و استفاده مناسب این منابع را بیان می‌کند. هر کدام از ابعاد نیز به جزئیات بیشتری در مورد خصوصیات تاب‌آوری شکسته می‌شود. این خصوصیات، شاخص‌های ویژه‌ای هستند که در جامعه برای ارزیابی سطح تاب‌آوری بیان می‌شوند.

مرکز آسیایی آمادگی در برابر حوادث<sup>۱۱</sup> برای کاهش آسیب‌پذیری‌ها و تقویت ظرفیت مردم برای مواجهه با ریسک‌های ناشی از حوادث، مدیریت ریسک جامعه محور حوادث<sup>۱۲</sup> را ارائه کرده است. فرایند این چارچوب، اقدامات کاهش ریسک جامعه محلی را به‌عنوان نقطه تمرکز در نظر می‌گیرد. جامعه در تمام مراحل برنامه نظیر برنامه‌ریزی و اجرا مسئول است و مشارکت می‌کند. فرایند مدیریت ریسک جامعه محور، دارای هفت مرحله است که می‌تواند قبل از وقوع حادثه و یا بعد از وقوع آن برای کاهش ریسک‌های آینده اجرا شود (ADPC, 2004):

۱. **انتخاب جامعه:** انتخاب آسیب‌پذیرترین جامعه.
۲. **ایجاد تفاهم و درک جامعه:** ایجاد ارتباط و اطمینان با افراد محلی. زمانیکه ارتباط ایجاد شد، وضعیت کلی جامعه در مقولاتی نظیر جنبه‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی درک می‌شود.
۳. **ارزیابی ریسک مشارکتی:** این فرایند تشخیصی است که ریسک‌هایی که جامعه با آن مواجه است و نحوه غلبه جامعه بر آن ریسک‌ها را مشخص می‌کند. این فرایند شامل ارزیابی مخاطرات، ارزیابی آسیب‌پذیری و ارزیابی ظرفیت‌هاست. در جریان ارزیابی‌ها، تصورات افراد از ریسک نیز بررسی می‌شود.

ایجاد راهنماهای برنامه‌ریزی نیز یکی دیگر از روشهای کاهش مخاطرات و ایجاد تاب‌آوری است. دولت‌های محلی از نظر تاریخی دو رویکرد را در برنامه‌ریزی برای کاهش مخاطرات استفاده کرده‌اند (Berke and Campanella 2006; Burby, et al., 2000). در اولین رویکرد، تاب‌آوری از طریق برنامه‌های منحصر به فرد کاهش مخاطرات بهبود می‌یابد.

دومین رویکرد، برنامه‌ریزی جامع است، که برنامه کاهش مخاطرات فقط جزء کوچکی از برنامه توسعه‌ای گسترده‌تر برای تمام شهر، یا منطقه است. برنامه‌های منحصر به فرد، تمرکز بیشتری بر محدوده‌های در معرض خطر دارند، در حالی که ممکن است به‌عمد سکونت در مناطق خطرناک را با ایمن‌سازی آنها افزایش دهند و فرصت‌های موجود در مناطق عاری از خطر را نادیده بگیرند. از سوی دیگر، برنامه‌های جامع، منافعی از لحاظ در نظر گرفتن نگرانی‌ها و چالش‌های پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی دارند.

بهترین حالت برنامه‌ریزی، تلفیقی از دو نوع برنامه‌ریزی است که داده‌ها، سیاست‌ها و روندها در آن قابل تطبیق هستند. مدیریت کردن کاربری اراضی و توسعه، از تکنیک‌هایی است که برای بهبود تاب‌آوری جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اولشانسکی و کارتز (Olshansky and Kartz, 1998) و بری و همکاران (Burby, et al., 2000) ابزارهای مدیریت کاربری اراضی را در دسته‌های زیر طبقه‌بندی کرده‌اند:

- استانداردهای ساختمان‌سازی که جزییات ساخت را قانون‌مند می‌کند (کدهای ساختمان‌سازی، دستورالعمل‌های ضدسبیل بودن، استانداردهای لرزه‌ای و ...).
- آیین‌نامه‌های توسعه (منطقه‌بندی‌ها، آیین‌نامه‌های سیلابدشته‌ها، عقب‌نشینی‌ها، حفاظت از مناطق حساس).
- سیاست‌های مربوط به فضاهای کالبدی عمومی و حیاتی (طرح‌های طولانی‌مدت اصلاح سرمایه، ایجاد مکان‌های عمومی و مدارس در مناطق عاری از خطر، دلسرد کردن مالکین در ساخت و ساز در مکان‌های خطرناک و حساس).
- تملک اراضی و اموال (حقوق توسعه، انتقال حقوق توسعه، و تغییر کاربری‌ها).
- مالیات و سیاست‌های مالی (انتقال هزینه‌های عمومی به سمت مالکان و توسعه‌دهندگان اموال در مناطق خطرناک نظیر خطوط آب و فاضلاب).

است، بیان شد. مواردی که این کارگاه برای ما روشن می‌سازد، این مفهوم است که درکی چندسطحی از تاب‌آوری سیستم‌های شهری داشته باشیم که نقش "جریان‌های متابولیسمی" را در پایداری کارکردهای شهری، آسایش و رفاه انسانی و کیفیت زندگی؛ نقش "شبکه‌های حکومتی" و توانایی جامعه را در یادگیری، تطابق و سازماندهی مجدد برای دیدن چالش‌های شهری؛ و نقش "پویایی اجتماعی" مردم به‌عنوان شهروندان، اعضای اجتماع، کاربران خدمات، مصرف‌کنندگان محصولات و ... و رابطه‌شان با "محیط مصنوع" که الگوهای کالبدی فرم شهری و ارتباط فضایی‌شان را تعریف می‌کند، مشخص می‌کند (CSIRO Australia, 2007).

گادس‌چاک (Godschalk, 2003) یکسری خصوصیات را برای ایجاد شهرهای تاب‌آور در سیستم‌های اجتماعی و کالبدی در نظر گرفته است که شامل موارد زیر است:

- **مازاد:** سیستم‌های طراحی شده با مؤلفه‌های چندگانه که به سیستم این اطمینان را می‌دهد که در صورت از کارافتادگی یک مؤلفه، کل سیستم دچار نقص نشود.
  - **تنوع:** مؤلفه‌های چندگانه در برابر یک مؤلفه مرکزی، برای حفاظت در برابر یک تهدید خاص
  - **کفایت:** نسبت مثبت انرژی تدارک دیده شده به انرژی تحویل داده شده
  - **خودمختاری:** توانایی انجام فعالیت به‌صورت مستقل.
  - **قدرت:** توانایی تحمل مخاطرات، یا حملات.
  - **وابستگی درونی:** سیستم یکپارچه برای پشتیبانی از یکدیگر.
  - **سازگاری:** توانایی یادگیری از تجارب و منعطف نسبت به تغییرات.
  - **همکاری:** انگیزه‌ها و فرصت‌های چندگانه برای مشارکت گسترده ذی‌نفعان.
- مدل گادس‌چاک، تاب‌آوری را به‌عنوان روشی برای مواجهه با عدم قطعیت‌ها بیان می‌کند، چون پیش‌بینی فراوانی و بزرگی مخاطرات بسیار سخت است و آسیب‌پذیری سیستم‌های اجتماعی به‌طور کامل قبل از حادثه قابل شناسایی نیست. از این رو شهرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در برابر مخاطرات مقاوم بوده و نسبت به آثار حادثه مستحکم باشند.
- در مدل گادس‌چاک با خصوصیات به ظاهر متضادی مواجه می‌شویم نظیر مازاد و کفایت، تنوع و وابستگی درونی، قدرت و انعطاف‌پذیری، خودمختاری و همکاری، و برنامه‌ریزی و سازگاری.

اجتماعی. بسیار مهم و حیاتی است که این دو جنبه نیز در اندازه‌گیری‌های تاب‌آوری مدنظر قرار گیرد.

شاخص‌های اجرایی تاب‌آوری سازمانی شامل مؤلفه‌هایی نظیر منابع ترکیبی، انعطاف‌پذیری ابتکاری، و دسترسی فیزیکی به منابع است (Kendra and Wachtendorf, 2003). ابعاد اقتصادی و اجتماعی، از سوی دیگر، بیشتر به توانایی‌های جامعه برمی‌گردد تا سیستم‌های فیزیکی جامعه (Bruneau, et al., 2003). برای مثال، اصلاح در عملیات‌های ساخت‌وساز و بهسازی خانه‌ها به‌منزله‌ای برای بهبود تاب‌آوری جامعه مطرح می‌شوند.

با این حال برای این که اقدامات مربوط به تاب‌آوری جامعه مؤثرتر باشد، بهتر است که شاخص‌ها و استانداردهای اندازه‌گیری میزان تاب‌آوری با تصمیم‌گیران و عموم مردم هماهنگ شود و نظرات آنها نیز اعمال شود. ارزیابی میزان تاب‌آوری اقتصادی نسبت به مخاطرات، رویکرد متفاوتی را می‌طلبد.

این‌گونه اقدامات معمولاً مدل‌های تخمین خسارت را برای اندازه‌گیری میزان خسارت به اموال و آثار اختلالات شغلی در اقتصاد منطقه بعد از حوادث به کار می‌گیرد. نقش تاب‌آوری اقتصادی در کاهش میزان خسارات اقتصادی ناشی از حوادث فقط از طریق پذیرش راهبردهای کاهش خسارت که هدف آنها تقلیل احتمال شکست، یا آسیب‌پذیری است، به دست می‌آید (Rose, 2004). متغیرهای چشمگیری در مطالعات تجربی مربوط به آسیب‌پذیری و تاب‌آوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در مورد نقش جنسیت، نژاد، سن و درآمد، یا ثروت اتفاق نظر وجود دارد، اما شاخص‌های ویژه‌ای که برای اندازه‌گیری این‌گونه متغیرها استفاده می‌شود بسیار متنوع است. به همین صورت در مورد شریان‌های حیاتی نیز اتفاق نظر وجود دارد، اما در مورد چگونگی سنجش آنها تنوع زیادی وجود دارد.

علاوه بر شاخص‌ها و متغیرهایی که بیان شده‌اند، کیفیاتی نیز برای تعریف جوامع تاب‌آور ارائه شده که عبارتند از:

درس‌های آموخته شده از تجربیات حوادث گذشته؛ کاهش ریسک اقتصادی؛ گستردگی شغل یا تجارت (بزرگتر، بیشتر آسیب‌پذیر است)؛ ارزش‌های مشترک و حساسیت مکان (فرد و جامعه)؛ رهبری (یا یک قهرمان محلی)؛ و درک محلی از ریسک و مسئولیت‌پذیری (NOAA, 2007).

با توجه به موارد اشاره شده در بالا درخصوص مدل‌ها و مطالعات انجام شده در زمینه تاب‌آوری، ابعاد و مؤلفه‌ها به تفکیک

انتشار اطلاعات (انتشار اطلاعات همگانی، افشاسازی مناطق خطرناک برای فروشندگان املاک، و نصب تابلوهای هشدار در مناطق با ریسک بالا). ابزارهای مدیریت کاربری اراضی، خواه به‌صورت قانونی، خواه اختیاری، بر کاربری اراضی کنونی یا آینده تمرکز دارد، کاهش آسیب‌پذیری و در معرض خطر بودن (توسعه در محدوده‌های خطرناک) را در نظر دارد و ترکیبی از فرصت‌ها را برای ایجاد یک جامعه تاب‌آور به‌وجود می‌آورد.

### اقدامات و شاخص‌های تاب‌آوری

درحالی‌که در مورد شاخص‌هایی که آسیب‌پذیری‌ها را ایجاد می‌کنند و آنهایی که موجب بهبود تاب‌آوری جامعه می‌شوند اتفاق نظر وجود دارد، در مورد چگونگی اندازه‌گیری آنها توافق نظر کمتری دیده می‌شود. منحصراً در دهه گذشته، مطالعات منسجمی برای توسعه شاخص‌های آسیب‌پذیری انجام گرفته است (Birkmann 2006; Cutter, Boruff, and Shirley, 2003; King and MacGregor, 2000). اغلب این مطالعات به‌صورت جهانی در حیطه‌هایی نظیر شاخص ریسک حوادث و یا تعیین نقاط گرم جهانی انجام شده است و یا بر عامل‌های خاصی نظیر زلزله و خشکی تمرکز داشته است. مطالعات برای تعیین شاخص‌ها در مقیاس‌های کوچکتر (ملی و منطقه‌ای، و یا حتی محلی)، یا شاخص‌های بررسی مؤلفه‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و سازمانی بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است. ابعاد اصلی که آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد عبارتند از مؤلفه‌های فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، سازمانی و اکولوژیکی. در مهندسی، تلاش‌های اخیر به‌منظور کمی کردن تاب‌آوری جامعه به چهار بعد منجر شده است: تکنیکی (فنی)، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی. با این حال بهتر است که این‌گونه شاخص‌های اجرایی برای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های فیزیکی و زیرساخت‌های حیاتی استفاده شوند (Bruneau, et al., 2003). ابعاد سازمانی و فنی، به توانایی و ظرفیت هم سیستم فیزیکی و همچنین سازمان برای جذب شوک‌ها و بازسازی سریع آثار حادثه برمی‌گردد. با این حال حوادث بزرگ مقیاس و گسترده نظیر زلزله‌های مخرب (بمب‌گذاری شهر اوکلاهاما و حادثه تروریستی ۱۱ سپتامبر) دو موضوع را مشخص کرده است: وابستگی زیرساخت‌های حیاتی ملی و آسیب‌پذیری‌های

مدل یا مطالعه مورد نظر به صورت توصیفی برای مقایسه، در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

### جدول شماره (۱): مقایسه ابعاد یا شاخص‌های مطرح در

#### مدل‌های تاب‌آوری

ردیف	مدل، یا مطالعه	ابعاد، مؤلفه، یا شاخص‌های مطرح
۱.	Foster, 1997	سیستم‌های کلی؛ کالبدی؛ عملیاتی؛ زمان‌سنجی؛ اجتماعی؛ اقتصادی و محیط‌زیستی
۲.	مرکز بنگاه اجتماعی	مردم؛ سازمان‌های جامعه؛ منابع جامعه؛ فرایند جامعه
۳.	مرکز آسیایی آمادگی با حوادث	فرایند مدیریت ریسک جامعه محور؛ انتخاب جامعه؛ ایجاد تفاهم و درک جامعه؛ ارزیابی ریسک مشارکتی؛ برنامه‌ریزی مدیریت ریسک مشارکتی؛ ایجاد و آموزش سازمان مدیریت ریسک محلی؛ اجرا از طریق مدیریت جامعه؛ ارزشیابی و پایش مشارکتی
۴.	ابتکار تاب‌آوری منطقه‌ای و جامعه‌ای	آسیب‌پذیری اجتماعی؛ محیط ساخته شده و زیرساخت‌ها؛ سیستم‌های طبیعی و میزان تماس؛ برنامه‌ریزی و کاهش مخاطرات
۵.	مؤسسه کاهش تلفات حاصل از فجایع (کانادا)	نگرش‌های فرهنگی؛ رویکرد جامع مخاطرات نگر؛ رویکرد جامع آسیب‌پذیری‌ها نگر؛ پایداری و استحکام؛ انعطاف‌پذیری؛ ارتقای ظرفیت بازسازی؛ گسترش ظرفیت تطبیقی
۶.	CSIRO Australia, 2007	جریان‌های متابولسمی؛ شبکه‌های حکومتی؛ پویایی اجتماعی؛ محیط مصنوع
۷.	Godschalk, 2003	مازاد؛ تنوع؛ کفایت؛ خودمختاری؛ قدرت؛ وابستگی درونی؛ سازگاری؛ همکاری
۸.	Olshansky and Karte, 1998; Burby et al., 2000	استانداردهای ساختمان‌سازی؛ آیین‌نامه‌های توسعه؛ سیاست‌های مربوط به فضاهای کالبدی عمومی و حیاتی؛ تملک اراضی و اموال؛ مالیات و سیاست‌های مالی؛ انتشار اطلاعات
۹.	Bruneau et al., 2003	تکنیکی (فنی)؛ سازمانی؛ اجتماعی و اقتصادی
۱۰.	NOAA, 2007	درس‌های آموخته شده؛ کاهش ریسک اقتصادی؛ گستردگی شغل، یا تجارت؛ ارزش‌ها و حس مکان مشترک؛ رهبری و درک محلی از ریسک و مسئولیت‌پذیری

#### مدل پیشنهادی تاب‌آوری جوامع

برای ارتقای تاب‌آوری جامعه، نیاز به تعیین ابعاد و مؤلفه‌های مطرح در تاب‌آوری و تبیین مدلی جامع است که براساس آن برنامه‌ریزان و مدیران با برنامه‌ریزی اقتصادی<sup>۱۴</sup> اقدام به تعیین استراتژی‌ها و راهبردها در جهت کاهش آسیب‌پذیری و ارتقای تاب‌آوری جامعه کنند. در این تحقیق از مدل شبکه‌علیت به‌منظور

پیشنهاد مدلی جامع برای تاب‌آوری جوامع استفاده شده است. برای تاب‌آوری جوامع، با توجه به بررسی‌های صورت گرفته از مدل‌ها و چارچوب‌های ارائه شده در قسمت‌های قبلی، شش بعد در نظر گرفته شده و برای هر بعد هم مؤلفه‌های مختلفی تعریف شده است. ابعاد در نظر گرفته شده در این مدل پیشنهادی شامل ابعاد اقتصادی، فرهنگی-اجتماعی، محیط‌زیستی، سازه‌ای، زیرساختی و کاهش مخاطرات است.

برای هر بعد هم، در این مدل، مؤلفه‌های متنوعی عنوان شده است که در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. با توجه به ابعاد و مؤلفه‌های استخراج شده در مفهوم تاب‌آوری و همچنین ارتباط تنگاتنگ آنها با یکدیگر، آنها را در قالب مدل شبکه‌علیت طرح‌ریزی کردیم تا بتوان هرچه بهتر این ارتباط را نشان داد (نمودار شماره ۱). همان‌گونه که در نمودار نیز به نظر می‌رسد، ابعاد و مؤلفه‌ها با یکدیگر در ارتباط بوده و در کنار هم در تاب‌آوری جامعه نقش بازی می‌کنند.

### جدول شماره (۲): ابعاد و مؤلفه‌های استفاده شده در

#### مدل شبکه‌علیت

ردیف	بعد	مؤلفه	
۱	کاهش مخاطرات	برنامه‌بازسازی؛ برنامه‌استمرار خدمات؛ برنامه‌های مقابله؛ کاربری اراضی؛ بیمه مخاطرات؛ برنامه‌های کاهش مخاطرات و ارزیابی آسیب‌پذیری؛ استانداردها و کدها؛ برنامه‌حفاظت از زیرساخت‌ها	
	زیرساختی	شریان‌های حیاتی؛ مراکز حیاتی؛ حساس و مهم؛ بناهای عمومی	
	سازه‌ای	واحدهای تجاری و صنعتی؛ واحدهای مسکونی؛ آثار باستانی؛ تأسیسات خطرزا	
	محیط زیستی	مخاطرات؛ آلودگی‌ها؛ تنوع زیست محیطی؛ پایداری زیست محیطی؛ خصوصیات جغرافیایی	
	فرهنگی-اجتماعی	خصوصیات فردی؛ باورها و اعتقادات؛ فرایندهای جامعه؛ ثبات اجتماعی؛ خصوصیات اجتماعی؛ میزان مشارکت مردم؛ ساختار خانوادگی؛ گرایش‌ها اجتماعی	
	اقتصادی	سلامت اقتصادی؛ وضعیت استخدامی؛ تنوع اقتصادی؛ اشتغال؛ دسترسی به خدمات؛ رشد اقتصادی؛ ثبات اقتصادی؛ سطح درآمد؛ اسکان	

از آنجایی‌که در مفهوم تاب‌آوری، ابعاد مختلفی تأثیرگذار هستند و تاکنون در مدل‌ها و چارچوب‌های مورد بررسی فقط یک یا چند جنبه خاص از تاب‌آوری در نظر گرفته شده است، در این مدل



مطالعات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (۱۳۸۱)، شکست اجزای سرامیکی، واژگونی ترانسفورماتورها، جابه‌جایی کابینت‌های کنترلی، شکست بریکرها، شکست رسانه‌های ترانسفورماتور، کمانه‌کردن مجاری‌ها، واژگونی تیرهای ترانس‌ها، پارگی سیم‌های برق و تخریب دکل‌های توزیع و جابجایی مازاد نسبی را از جمله آسیب‌هایی می‌داند که در زیرایستگاه‌های مورد مطالعه شناسایی شده‌اند.

همچنین در شبکه توزیع نیز ترانس‌های مستقر بر روی تیرها نیز آسیب‌پذیرند. با توجه به مطالعات (JICA, 2000) نیز پیش‌بینی می‌شود که در صورت عدم وجود مولدهای اضطراری برق به تعداد کافی، قطع جریان برق می‌تواند به شدت بر عملکرد سایر شریان‌های حیاتی تأثیر سوء بگذارد. مطالعه JICA همچنین برای خط لوله ۹۰۰۰ کیلومتری شهر تهران، تحت سناریوی زلزله گسل ری، در مجموع ۳۸۶۴ نقطه آسیب‌پذیر را در شبکه تخمین زده است. این مطالعه، ذخایر موجود را به هیچ وجه پاسخگوی نیاز فوری و طولانی بعد از زلزله نمی‌داند. شبکه گاز تهران نیز بالغ بر ۷۵۰۰ کیلومتر است که با توجه به سناریوی زلزله گسل ری، در مجموع ۵۳۹ نقطه آسیب‌پذیر دارد که به دلیل حوادث ثانویه‌ای که می‌تواند ایجاد کند (آتش‌سوزی‌های گسترده شهری) از اهمیت بالایی برخوردار است (JICA, 2000).

آسیب‌های وارده به کابل‌های مخابراتی بر طبق سناریوی زلزله گسل ری، در مناطق ۱۱ و ۱۳ در حد بالا و برای مناطق ۱۲، ۱۶ و ۲۰ در حد متوسطی عنوان شده است (JICA, 2000). همچنین، با توجه به آثار ناشی از ریزش ساختمان‌های اطراف و توقف وسایل نقلیه، JICA معابر دارای عرض بیشتر از ۱۵ متر را معیار انتخاب راههای اضطراری عنوان کرده است. مطالعه مذکور راههای اضطراری را در درجه اول شامل راههایی دانسته است که برای ارتباط مراکز مدیریت بحران و گره‌های اصلی حمل و نقلی است. مطالعات JICA همچنین نشان داده است که در مقایسه با خسارت ساختمان‌های مسکونی، تعداد پل‌های آسیب‌دیده و نسبت آسیب آنها ناچیز است، اما تأثیر اجتماعی آن بسیار زیاد خواهد بود (طرح جامع شهر تهران، ۱۳۸۴).

در مؤلفه بناهای عمومی از بعد زیرساختی نیز JICA مطالعه‌ای را در مورد نسبت آسیب‌های وارده به آنها براساس سناریوهای مختلف انجام داده که نتایج آن به‌صورت خلاصه در جدول شماره (۳) ارائه شده است.

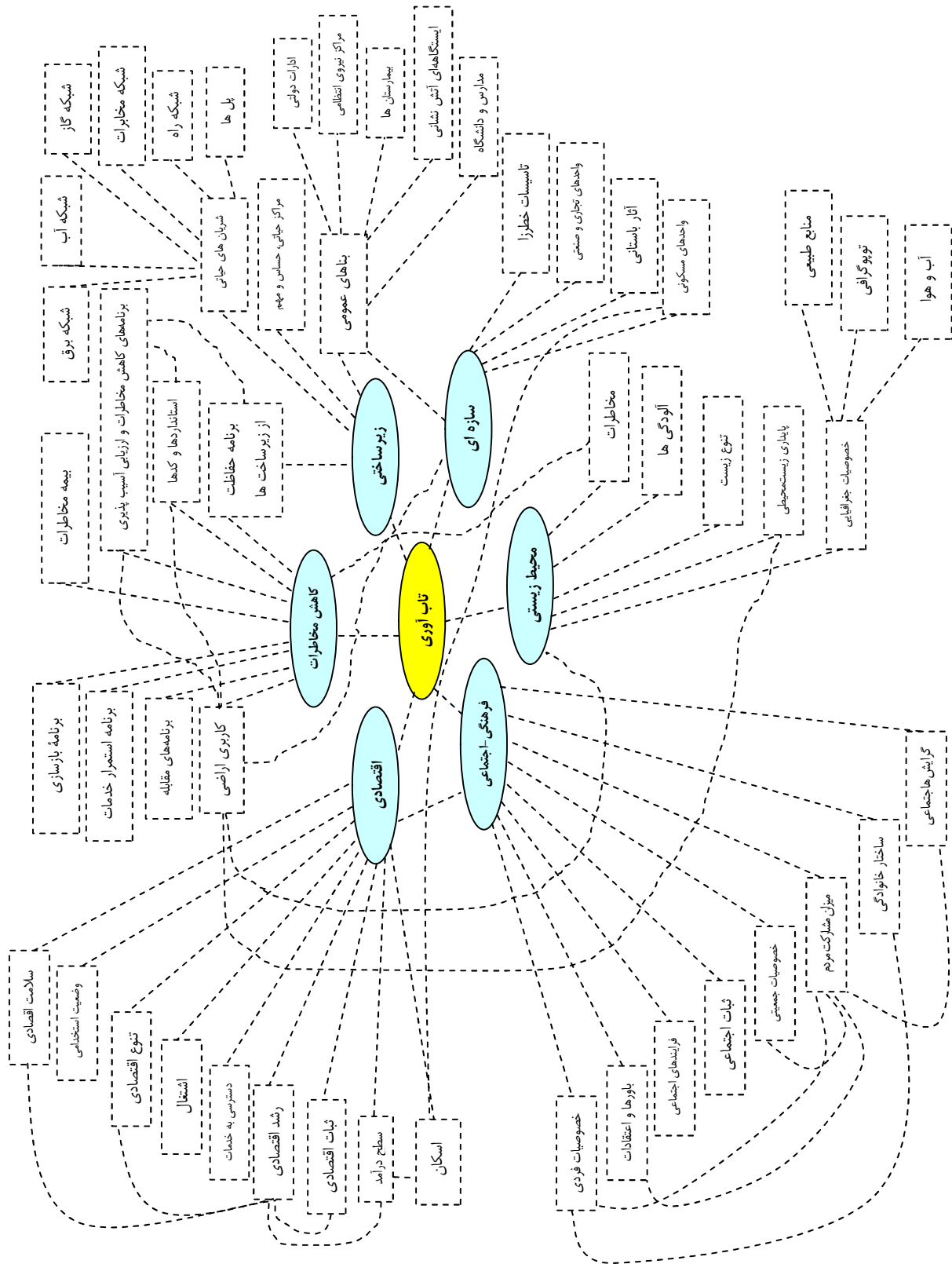
سعی شده که ابعاد و مؤلفه‌ها به‌طور جامع و گسترده در نظر گرفته شود. این ابعاد و مؤلفه‌ها، جنبه‌های کالبدی و غیرکالبدی یک جامعه را در نظر می‌گیرد. برای ارزیابی تاب‌آوری یک جامعه معین، تمام ابعاد باید بررسی شود. هر بعد، مبین جنبه‌ای از جامعه است و تمام جنبه‌ها در کنار یکدیگر برای رسیدن به جامعه‌ای تاب‌آور لازم است. جنبه‌های انسانی باید در کنار جنبه‌های کالبدی جامعه مورد توجه قرار گیرد تا بتوانیم به هدفمان که ایجاد جامعه‌ای تاب‌آور است دست یابیم.

شهری با بافت کالبدی مستحکم و زیرساخت‌های منعطف، اما بدون سرمایه اجتماعی و فرهنگی قوی، مسلماً در شرایط اضطراری و بحران‌ها با مشکلات بیشتری مواجه خواهد بود. در نتیجه برای اینکه شهری کارآمد از جنبه تاب‌آوری داشته باشیم، باید مؤلفه‌هایی که دارای کمبود هستند نیز بهبود بخشیم. بدین مفهوم که تمامی ابعاد و مؤلفه‌ها را مدنظر قرار داده و شهری تاب‌آور در تمامی جنبه‌ها ایجاد کنیم. مدل شبکه‌علیت نیز مبین همین موضوع است. این مدل نشان می‌دهد که تمامی ابعاد و مؤلفه‌ها به گونه‌ای با یکدیگر در تقابل بوده و برای رسیدن به جامعه‌ای تاب‌آور باید تمام موارد مطرح شده در مدل پیشنهادی را در نظر گرفت.

همان‌گونه که در نمودار شماره (۱)، در قالب مدل شبکه‌علیت، نشان داده شده است، در این چارچوب، احصای مدل "شبکه‌علیت" در هر جامعه‌ای به‌طور بالقوه تا حد زیادی تاب‌آوری را برای آن جامعه فراهم می‌کند. در صورتی که بر آن اساس در مقابل هر علیت، بتوان گزینه‌ها و واکنش‌های بدیل را نیز پیش از وقوع بحران پیش‌بینی نمود و آن‌را به صورت آماده<sup>۱۵</sup> نگه داشت، جامعه را می‌توان تاب‌آور به‌شمار آورد.

### میزان تاب‌آوری شهر تهران بر اساس مدل شبکه‌علیت

به‌منظور تعیین میزان تاب‌آوری جامعه‌ای معین، نظیر شهر تهران، باید تمام ابعاد و مؤلفه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. شهرها، یا جوامع تاب‌آور، با توجه به مدل شبکه‌علیت، جوامعی هستند که در تمام ابعاد تاب‌آور بوده و کمترین میزان آسیب‌پذیری را داشته باشند. زیرا تمام ابعاد به‌گونه‌ای با هم مرتبط هستند و آسیب‌پذیری یک بعد می‌تواند به‌طور مستقیم، یا غیرمستقیم بر دیگر ابعاد نیز تأثیرگذار باشد. در یک بعد نیز، تمام مؤلفه‌ها دارای اهمیت هستند و نادیده گرفتن یک مؤلفه، باعث افزایش آسیب‌پذیری خواهد شد. آسیب‌پذیر بودن یک مؤلفه، بعد مورد نظر را از نظر تاب‌آوری در درجه‌ای پایین‌تر از حد کمال قرار می‌دهد. برای مثال، در بعد زیرساختی،



نمودار شماره (۱): مدل پیشنهادی تاب آوری جوامع در قالب شبکه علیت

**جدول شماره (۳): برآورد نسبت آسیب‌های وارده به بناهای عمومی در مناطق مختلف شهر تهران براساس مدل گسل ری (JICA, 2000)**

فقدان تاسیسات	عدم دسترسی به اطلاعات	۱۰ تا ۲۰٪	۲۰ تا ۴۰٪	۴۰ تا ۶۰٪	۶۰ تا ۸۰٪	۸۰ تا ۱۰۰٪	
-	۴۶،۱۲،۱۳،۱۶،۱۸،۱۹ ۲۱،۲۲،	۱	۲،۳،۵،۷	۸،۹،۱۴،۱۵	۱۰،۱۱،۱۷،۲۰	-	ادارات دولتی
-	۱۶،۱۰،۱۲،۱۶،۱۹،۲۲	۴	۲،۳،۵،۷،۱۵	۸،۱۳،۱۹،۱۴،۲۱	۱۷،۱۸	۱۱،۲۰	مراکز انتظامی
-	۱۹،۲۱،۲۲	۱	۲،۳،۴،۵،۶	۷،۸،۹،۱۰،۱۴	۱۱،۱۲،۱۳،۱۶،۱۸	۱۵،۱۷،۲۰	بیمارستان‌ها
۹	-	۱	۲،۴،۵،۶،۱۳،۲۲	۳،۷،۱۰،۱۴،۱۶،۲۱	۸،۱۱،۱۲،۱۵،۱۹	۱۷،۱۸،۲۰	ایستگاه‌های آتش‌نشانی
	۶	-	۱،۲،۳،۴،۵،۲۲	۷،۸،۹،۱۳،۱۴	۱۰،۱۱،۱۲،۱۵،۱۶،۱۸،۱۹،۲۰،۲۱	۱۷	مدارس و دانشگاه‌ها

بین شبکه‌های اجتماعی و کالبدی وجود دارد. برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری در مواجهه با حوادث شهری نیازمند طراحی مجدد شهرها با در نظر گرفتن خصوصیات به ظاهر متضاد است.

همان‌گونه که در بالا اشاره شد، مدل‌ها، چارچوب‌ها و روش‌های متنوعی برای تاب‌آوری شهرها عنوان شده است و هر کدام از آنها جنبه خاصی از شهر را در نظر گرفته‌اند. می‌توان برای ایجاد جامعه‌ای تاب‌آور مؤلفه‌های گسترده‌ای را که در جامعه وجود دارد، در نظر گرفت و به‌طور جامع به تاب‌آوری جوامع نگاه کرد.

برای انجام این کار فقط کافی است با شناسایی محدوده و شدت چالش‌های ذاتی که شهر ما را نسبت به حوادث طبیعی و انسان‌ساخت تاب‌آور می‌سازد، شروع کنیم. برای در نظر گرفتن این چالش‌ها، مدل شبکه‌علیت دید جامع و کاملی نسبت به ابعاد و مؤلفه‌های مطرح در تاب‌آوری یک جامعه ایجاد می‌کند.

ابعاد مطرح در این مدل، کلیه جنبه‌های کالبدی و غیرکالبدی جامعه را پوشش می‌دهد و مؤلفه‌های مطرح شده نیز عامل‌های مهم در هر بعد را نشان می‌دهند.

برای موفقیت این مدل، تغییر در سیاست‌های ملی حوادث، سرمایه‌گذاری برای تحقیق در سیستم‌های کاربردی و اصولی شهری، حمایت از برنامه‌های آموزشی پیشرفته و همکاری فعال بین برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت و ساز شهری نیاز است. شایسته است که مدل پیشنهادی در طرح‌ها و پایان‌نامه‌های مختلف، با تعریف دقیق شاخص‌ها برای جامعه‌ای معین، به‌منظور تعیین میزان تاب‌آوری آن جامعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

در جدول مورد اشاره، میزان آسیب‌های وارده به هر بنای عمومی برای هر منطقه مشخص شده است. نتایج حاکی از آن است که این بناها نیز در بعضی مناطق آسیب‌پذیر بوده و در نتیجه دارای تاب‌آوری پایینی هستند. از سوی دیگر، بناهای عمومی به دلیل اهمیت و حساسیتی که در جامعه نسبت به آنها وجود دارد، آسیب‌پذیری‌شان بسیار چشمگیر و حیاتی‌تر خواهد بود و بالا بردن تاب‌آوری آنها حائز اهمیت است. با توجه به موارد عنوان شده در مورد مؤلفه شریان‌های حیاتی و بناهای عمومی از بعد زیرساختی، می‌توان به این نتیجه رسید که شبکه‌های برق، آب، گاز، مخابرات، راه‌ها و پل‌ها، از یک‌سو، و بناهای عمومی از سوی دیگر، در شهر تهران به نسبت در مناطق مختلف آسیب‌پذیر بوده و در حد پایینی از تاب‌آوری قرار دارند، که همین موضوع میزان تاب‌آوری زیرساختی شهر و به تبع آن تاب‌آوری کل شهر تهران را پایین می‌آورد. در سایر ابعاد نیز می‌توان با بررسی‌های دقیق و بر اساس مطالعات انجام شده، به نتایج مشابهی دست یافت که حاکی از کاستی و نقص در تاب‌آوری تعدادی از مؤلفه‌ها خواهد بود، که به تبع آن شهر تهران را در حد ایدئالی از تاب‌آوری قرار نخواهد داد.

شهر تهران ممکن است در تعدادی از مؤلفه‌ها نظیر تنوع اقتصادی، دسترسی به خدمات و رشد و ثبات اقتصادی (بعد اقتصادی) یا به همین ترتیب در دیگر ابعاد، بیشتر تاب‌آور باشد، اما به تنهایی کافی نیست و آسیب‌پذیری در دیگر مؤلفه‌ها، تاب‌آوری شهر تهران را کاهش می‌دهد. شهر تهران برای تاب‌آور بودن به کاهش آسیب‌پذیری‌ها در تمام ابعاد و مؤلفه‌ها نیاز دارد تا بتواند به معنا و ایده واقعی تاب‌آوری محیطی دست یابد.

### یادداشت‌ها

- 1- Resilient Communities
- 2- Sustainable Development
- 3- Smart Growth

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

شهرها سیستم‌های پویا و پیچیده‌ای هستند که در آن مؤلفه‌های اجتماعی و فناوری با هم در تقابل هستند و ارتباط پویایی

- |                                                          |                                        |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 11- Asian Disaster Preparedness Center (ADPC, 2004)      | 4- New Urbanism                        |
| 12- Community-Based Disaster Risk Management             | 5- All-Hazards Practice                |
| 13- Community and Regional Resilience Initiative (CARRI) | 6- Resilience                          |
| 14- Contingency planning                                 | 7- State variable                      |
| 15- Stand by                                             | 8- Self-organization                   |
|                                                          | 9- Fail-safe                           |
|                                                          | 10-The Center for Community Enterprise |

### منابع مورد استفاده

- پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. ۱۳۸۱. مطالعه مقدماتی آسیب‌پذیری سیستم تولید، انتقال و توزیع برق تهران. طرح جامع شهر تهران. ۱۳۸۴. گزارش نهایی مطالعات خطر زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- ADPC. 2004. CBDRM Field Practitioners' Handbook. Asian Disaster Preparedness Center, Thailand.
- Berke, P. 1995. Natural-hazard reduction and sustainable development: A global assessment. *J. Plan. Liter.*, 9(4), 370–382.
- Berke, P., T.J., Campanella. 2006. Planning for Post-Disaster Resiliency. *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 604 (1):192–207.
- Birkmann, J. 2006. Indicators and Criteria. In *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*, edited by J. Birkmann. Tokyo: United Nations University Press.
- Bolin, R., L., Stanford. 1998. *The Northridge Earthquake: Vulnerability and disaster*, Routledge, New York.
- Borden, K., et al. 2007. Vulnerability of US cities to environmental hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 4.
- Bruneau, M., et al. 2003. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra* 19 (4):733–752.
- Burby, R. 2001. "Involving citizens in hazard mitigation planning: Making the right choices." *Aust. J. Emerg. Manage.*, 16(3), 45–52.
- Burby, R., Raymond, J. et al. 2000. *Creating Hazard Resilient Communities through Land-Use Planning*. *Natural Hazards Review* 2 (1):99–106.
- CED. 2000. *The Community Resilience Manual: A Resource for Rural Recovery and Renewal*. ISBN: 1-895818-40-0. The Center for Community Enterprise, British Columbia, Canada.
- Chang, Stephanie, E., and A., Falit-Baiamonte. 2002. Disaster vulnerability of businesses in the 2001 Nisqually earthquake. *Environmental Hazards* 4:59–71.
- Comfort, L.K. 1999. *Shared risk: Complex systems in seismic response*, Elsevier, Oxford, U.K.
- CSIRO Australia, Arizona State University, Stockholm University. 2007. *A Resilience Alliance Initiative for Transitioning Urban Systems towards Sustainable Futures*.

- Cutter,S.L., B.J.,Boruff and W.L. ,Shirley. 2003. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly* 84 (1):242–261.
- Cutter,S.L., C., Finch. 2008. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings US National Academy of Sciences* 105 (7): 2301-2306.
- Cutter,S.L. et al .2008. Community and Regional Resilience: Perspectives from Hazards, Disasters, and Emergency Management, CARRI Research Report1
- Edith, G.C., Colton, J. 2008. Building sustainable & resilient communities: a balancing of community capital, *Environ Dev Sustain* 10:931–942.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA).2000. Planning for a sustainable future: The link between hazard mitigation and livability, Washington, D.C.
- Folke,C., et al .2002. Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio*, 31(5), pp. 437- 440.
- Foster,H.D. 1997. The Ozymandias principles: Thirty-one strategies for surviving change, UBC Press, Victoria, Canada.
- Godschalk,D.R. 2001. Natural hazards, smart growth, and creating resilient and sustainable communities in eastern North Carolina. Facing our future: Hurricane Floyd and recovery in the coastal plain, J. Maiolo et al., eds., Coastal Carolina Press, Wilmington, N.C., 271–282.
- Godschalk,D.R. 2003. "Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities," *Natural Hazards Review* 4(3): 136-143.
- Haas,J.E., R.W.,Kates, and M.J.,Bowden, eds. 1977. Reconstruction Following Disaster. Cambridge: MIT Press.
- Henestra,D., et al .2004. Background Paper on Disaster Resilient Cities. Toronto: Institute for Catastrophic Loss Reduction.
- Holling,C.S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1-23.
- Japan International Cooperation Agency (JICA) .2000. The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, Main Report.
- Katz,P. 1994. The new urbanism: Toward architecture of community, McGraw-Hill, New York.
- Kendra,J.M., T.,Wachtendorf. 2003. Elements of resilience after the World Trade Center disaster: Reconstituting New York City's Emergency Operations Centre. *Disasters* 27 (1):37–53.
- Kennedy,D. 2002. Science, terrorism, and natural disasters. *Science* (Washington, DC, U.S.), 295 (5554), 405.

King,D., MacGregor,C. 2000. Using Social Indicators to Measure Community Vulnerability to Natural Hazards. *Australian Journal of Emergency Management* 15 (3):52–57.

Lebel,L. .2001. Faculty of Social Sciences. Chiang Mai University. November 2001.

Mileti,D., ed. 1999. *Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States*, Joseph Henry Press, Washington, D.C.

Moor,J. 2001. *Cities at risk*. *Habitat Debate*, 7(4), 1–6.

Munich Re Group. 2001. *Annual report: How much risk can the world take?* Munich, Germany.

NOAA, Coastal Services Center. 2007. *Summary of the NOAA Three community Resilience Salons*. Washington D.C.: NOAA, Coastal Services Center

Olshansky,R.B., J.D.,Kartez. 1998. *Managing land use to build resilience*. In *Cooperating with nature: confronting natural hazards with land use planning for sustainable communities*, edited by R. J. Burby. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.

Rose,A. 2004. *Defining and Measuring Economic Resilience to Disasters*. *Disaster Prevention and Management* 13 (4):307–314.

Subcommittee on Disaster Reduction (SDR). 2005. *Grand challenges for disaster reduction*. Washington D.C.: National Science and Technology Council.

Tierney,K.J. et al .2001. *Facing the unexpected: disaster preparedness and response in the United States, Natural hazards and disasters*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.

U.N. Commission on Sustainable Development .2001. *Natural disasters and sustainable development-understanding the links between development, environment, and natural disasters*, Background document for the World Summit on Sustainable Development, (<http://www.unisdr.org>).

Vale,L.J., Campanella,T.J. 2002. *The resilient city: Trauma, recovery, and remembrance*.