ارزیابی تاب‌آوری لرزه‌ای زیرساخت‌های شهری

نگار رجب پور
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
negar.rajabpour@semnan.ac.ir

حسین نادرپور
دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
naderpour@semnan.ac.ir

پویان فخاریان
دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
pouyanfakharian@semnan.ac.ir

چکیده:
برای غلبه بر اثرات منفی یک فاجعه، ساختمان‌ها و زیر ساخت‌ها و به طور کلی تر جوامع، باید رفتاری ارتجاعی داشته باشند. به عنوان تجسمی از مفهوم تاب آوری، تاب‌آوری لرزه‌ای به توانایی یک سیستم برای کاهش شانس لرزش، جذب این لرزش و بازیابی سریع سازه بعد از آن گفته می‌شود. تاب‌آوری سازه ها، رویکرد اولیه اش را از یک مفهوم عمومی تر و وسیع تر بدست آورده است و در ادامه آن مسائل مهندسی فرمول بندی شده اند. کمی سازی فیزیکی تاب‌آوری در زیر ساخت‌ها شامل احتمال تجاوز شتاب طبقه یا دریفت درون طبقه‌ای از یک حد مشخص است. برای این منظور از پاسخ‌های غیر خطی سازه استفاده می‌شود و همچنین اثر بهسازی و تعمیر و اثر مدت زمان لازم برای بازیابی سازه و در ادامه جوامع، مد نظر قرار می‌گیرد. این چهارچوب پیشنهادی تابع احتمال و شکست و تاب‌آوری را به صورت یک رویکرد پیوسته به هم ربط می‌دهد. در این مقاله سعی بر معرفی مشخصه‌ای با نام شاخص تاب‌آوری جوامع است که بوسیله آن عملکرد جوامع مختلف توسط چهارچوب PEOPLES محاسبه و مقایسه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری لرزه ای، زیرساخت ها، جوامع، بازیابی، ارزیابی.

۱-مقدمه

زیرساخت‌های جامعه بطور کلی سرویس هایی را ارائه می‌دهند که جامعه بوسیله آن‌ها می‌تواند درون خود، در بخش‌های مختلف تعامل برقرار می‌کند. اختلالات ناشی از زلزله و دیگر بلایای طبیعی باعث افت عملکرد در چنین زیرساخت هایی می‌شود. امروزه با میان آمدن مفهوم تاب آوری، که عبارت است از توانایی یک سیستم برای کاهش شانس لرزش، جذب این لرزش و بازیابی سریع بعد از آن، توجهات از صرفا محافظت فیزیکی زیر ساخت‌ها، به سمت تاب‌آوری آن‌ها برده شده است [1]. در چنین شرایطی، وضعیت عملکرد یک سازه برای ارزیابی تاب‌آوری آن حیاتی است. تاکنون نگرش مهندسین و طراحان نسبت به سازه به این شکل بوده است که سازه، عضوی از جامعه است که پایداری خود را به تنهایی و بدون توجه به تعامل با دیگر اجزای جامعه حفظ می‌کند، ولی امروزه رویکردی جدید نسبت به این موضوع وجود دارد و آن این است که هر عضوی از جامعه می‌بایست پایداری خود را در عین تعامل با دیگر اجزای جامعه حفظ کند. بنابراین در ادامه با تعریف مشخصه‌ای با نام شاخص تاب‌آوری می‌توانیم عملکرد جوامع مختلف را با هم مقایسه کنیم.

کمی سازی و ارزیابی تاب آوری وقایع، مبتنی بر تابع آنالیز بی بعد است که خود وابسته به گوناگونی عملکرد در طی یک دوره مورد نظر می باشد [2–4] این تکامل در طی زمان، مخصوصا در مبحث بازیابی[1]، رویکرد تاب آوری را از دیگر رویکردها که تنها به تخمین خسارت و اثرات آنی آن می پردازند، تمییز می دهد. همچنین تاب آوری در مقیاس های بزرگتر می تواند به صورت یک چهارچوب جامع برای تعریف و اندازه گیری تاب آوری فجایع در یک جامعه در مقیاس های فضایی مختلف (محلی ، منطقه ای ..)، کاهش تمام عواقب در حد امکان و دوباره رسیدن به حالت اولیه در اسرع وقت، تعریف شود. هفت جنبه که عملکرد جامعه را مشخص می کند، شناخته شده است و بوسیله ی مخفف PEOPLES معرفی و ارائه شده است. [5]

روش طراحی جدید و کلی تری که با نام طراحی مبتنی بر تاب آوری (RBD) شناخته می شود، می تواند به عنوان حالت کلی تری از طراحی مبتنی بر عملکرد (PBE) در نظر گرفته شود. هدف طراحی مبتنی بر RBD این است که سازه ها و به طور کلی تر جوامع تا حد ممکن (تاب آور) باشند و تکنولوژی، رفتار و اعمالی را که باعث می شود سازه یا جامعه عملکرد اولیه خود را تا حد ممکن فورا بدست بیاوردند، گسترش می یابد. به عبارت کلی تر، این چهارچوب امکان گسترش نرم افزار های پشتیبان تصمیم گیری موقت به برنامه ریز ها و دیگر تصمیم گیرنده های کلیدی و سرمایه داران را می دهد تا تاب آوری جوامعشان را ارزیابی کنند و آن را افزایش دهند.

۲-توسعه‌ی PBEE (Performance Based Earthquake Engineering)

برای فهم RBD، این پاراگراف در لیست زیر گام های طراحی مبتنی بر عملکرد را در دو دهه ی اخیر در آمریکا خلاصه کرده است:

- ۱۹۹۰ ، مهندسی زلزله بر اساس عملکرد
- ۱۹۹۷ ، اولین نسل مهندسی زلزله بر اساس عملکرد:
- (FEMA273: NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings)
- ۲۰۰۰، نسل دوم مهندسی زلزله بر اساس عملکرد:
- (FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings);
- ۲۰۰۶ ، نسل بعدی مهندسی زلزله بر اساس عملکرد:
- (FEMA 445: Next generation Performance-Based Seismic Design guidelines);
- تساوی اصلی PBD، بر اساس تفکیک قضیه احتمال کل به چندین مدل محتمل کوچکتر تقسیم می شود (مدل اسمی لرزه‌ای، تقاضا، ظرفیت و خسارت) و به صورت زیر تعریف می شود [6]:

$$\lambda(dv < DV) = \iiint G(dv|dm)\, dG(dm|edp) dG(edp|im) |d\lambda(im)| \qquad (۱)$$

[1]. Recovery

که در آن im سنجه شدت می باشد. برای مثال Sa(T1), epsilon, Sdinelastic) و ...)

dm سنجه خسارت است (شرایط و عواقب فیزیکی/انشعابات)

edp = پارامترهای تقاضای مهندسی (تغییر مکان نسبی (بیشترین، باقی مانده)، شتاب، شاخص های محلی)

dv = متغییرهای تصمیم (خسارت، عملکرد، زمان تاخیر، خسارت ناشی از سوانح طبیعی و ...)

$\lambda(dv)$ = میانگین فراوانی سالیانه از یک متغییر تصمیم

هر کدام از قسمت های معادله ی بالا باید به صورت آماری تعیین شوند.

یک طرح گام به گام کلی از روش PEER به صورت زیر است [7]:

۱. تعریف گروه های عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای
۲. اداره آنالیز خطر لرزه ای و انتخاب جنبش های زمین
۳. ارزیابی پاسخ سازه
۴. تولید پارامتر های تقاضای مهندسی اضافه بر سازمان
۵. محاسبه هزینه های باز سازی کل
۶. محاسبه عبارت های مختلف از داده های هزینه باز سازی کل

در حال حاضراین روش (PBEE) در ATC-58 و ATC-63، و همچنین کشورهای دیگر مانند چین به نسخه جدید آیین نامه (طراحی لرزه ای برای ساختمان ها) (GB50011-2010) به منظور طراحی سازه های بلند و سیستم های مبدعانه اضافه شده است و این در حالی است که بسیاری ازسازه ها هنوز هم میتوانند با RSA سنتی طراحی شوند.

۳-محدودیت های PBEE

اگرچه این متودولوژی (روش) به سرعت گسترش می یابد، ولی قسمت هایی وجود دارد که PBEE آن را پوشش نمی‌دهد مانند:

۱. ارزیابی دارایی
۲. ارزیابی اجتماعی

مفهوم طراحی مبتنی بر عملکرد می تواند استفاده شود تا رفتار یک سازه یا ساختمان منفرد را تعریف کند، ولی عملکرد یک سازه منفرد بوسیله عملکرد خودش کنترل نمی شود بلکه با عملکرد دیگر نهاد های همان جامعه که به شدت با آنها دارای اثر متقابل است، سنجیده می شود. یک مثال واضح از این استقلال بین ساختمان و جامعه یک بیمارستان است که نمی تواند بدون آب والکتریسیته به بهره برداری خود ادامه دهد حتی اگر سازه بدون آسیاب باقی بماند. مثال دیگری از PBD بوسیله ی زلزله مخرب L'Aquila earthquake [8] می باشد که در طول آن شهر کوچک Castel nuovo به طور کامل تخریب شد به جز یک واحد مسکونی که بعد از زلزله دچار خسارت کمی شد. با توجه به PBD سازه در وضعیت مناسبی است ولی با توجه به RBD این واحد مسکونی قابل بهره برداری نیست زیرا قابلیت تعامل متقابل با سایر نهادهای داخل جامعه را ندارد.

۴-طراحی بر اساس تاب آوری

امروزه، نگرش طراحان و مهندسین به طوری است که سازه به تنهایی پایدار باقی بماند، بدون اینکه تعامل متقابل با جامعه در آن در نظر گرفته شود. در حالی که بر عکس باید به عنوان یک عضو یک پارچه از روند طراحی در نظر گرفته شود. در حال حاضر یک راه نگرش جدید به همه مسایل وجود دارد. ساختمان تنها در نظر گرفته نمی شود، بلکه به عنوان یک گروه از ساختمان ها که از رویکرد دارایی[2] که می توان به وسیله ی آن آنالیز خسارت های

[2] Portfolio

منطقه ای را انجام داد به حساب می آید و در نتیجه نگرش از واحد های مسکونی به بلوک های مسکونی تغییر می کند.

این مفهوم از صنعت مالی گرفته شده است که در آن تئوری پورتفولیوی مدرن (MPT) در طی سال های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ یک پیشرفت مهم در مدلسازی ریاضی مالی، تلقی می شود. (MPT) به عنوان یک تئوری سرمایه گذاری است که تلاش برای کاهش خطر در یک سطح از بازده ی مورد نظر، بوسیله ی انتخاب دقیق سهم دارایی ها را دارد. (MPT) یک فرمول ریاضیاتی از مفهوم تنوع (diversification) در سرمایه گذاری، با هدف انتخاب مجموعه ای از سرمایه گذاری در بخش های مختلف، نسبت به سرمایه گذاری در یک واحد منفرد می باشد که با ریسک کمتری هم همراه است.

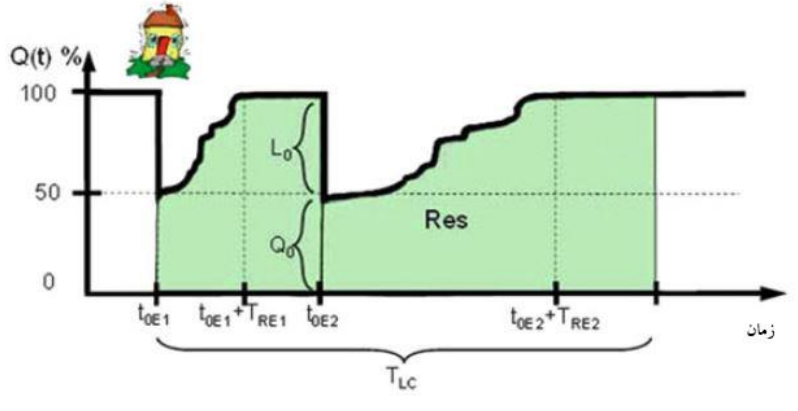
بطور مشابه مفهوم تنوع می تواند در زمینه ی تاب آوری فجایع هم بکار گرفته شود، که در آن پخش کردن بهسازی در سازه های مختلف در یک ناحیه ی مورد نظر می تواند تاب آوری را مجموعا بیشتر از هر بهسازی منفرد افزایش دهد.MPT بازگشت یک دارایی را بعنوان یک تابع توزیع نرمال مدل می کند ، خطر را به عنوان انحراف معیار بازده تعریف می کند و یک پورتفولیو (دارایی) را بعنوان یک ترکیب وزن دار از دارایی ها در نظر می گیرد بطوریکه بازده پورتفولیو با ترکیب وزن دار، بازده دارایی ها است. بطور مشابه خطر در RBD می تواند بعنوان انحراف معیار از عملکرد هر واحد مسکونی تعریف می شود؛ بنابراین عملکرد یک جامعه می تواند به عنوان ترکیب وزنی از عملکرد هر واحد مسکونی تعریف شود. مهم است که اشاره کنیم که جامعه یک سیستم پیچیده است که خسارت ها به اندازه روند بازیابی، جوانب همراه هم هستند و پارامتر های زیادی در آن دخالت دارند که تنها پارمترهای مهندسی مانند تغییر مکان نسبی، شتاب و ... در آن دخیل نیستند، بلکه همچنین دیگر پارامتر ها مانند اجتماعی- اقتصادی، سن جمعیت و ... هم دخیل هستند. همه این پارامتر ها برای تعریف بازیابی بعنوان بخشی از فرآیند طراحی RBD هستند و بنابراین باید پیش تر برنامه ریزی شوند.

۵- فرمولاسیون تحلیلی

شاخص انعطاف پذیری (تاب آوری) به صورت شماتیکی در شکل (۱) به صورت یک مساحت هاشور خورده (سایه خورده) تحت عملکرد تابع یک سیستم با Q(t) می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_{(\vec{r})} = \int_{t_{OE}}^{t_{OE}+T_{LC}} \frac{Q_{TOT}(t)}{T_{LC}dt} \qquad (۲)$$

که در آن Q(t) عملکرد سراسری یک منطقه در نظر گرفته شده است; T_{LC} زمان کنترل دوره مد نظر می باشد ; $\vec{r}$ یک بردار مکان می‌باشد که موقعیت مکانی p در ناحیه مد نظر که بناست شاخص تاب‌آوری در آن ارزیابی شود را تعریف می‌کند. [9].[10],[11].

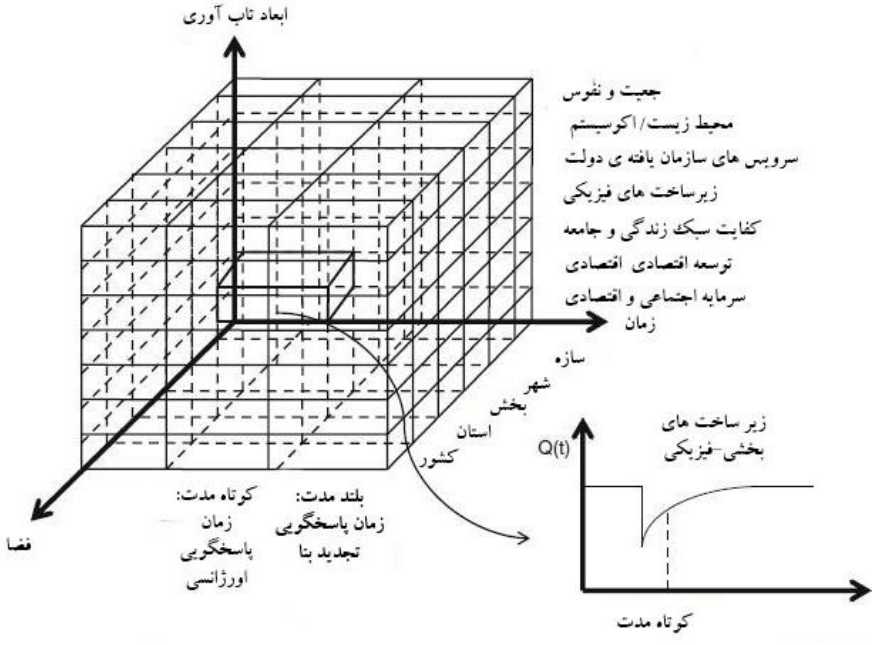


شکل ۱- تاب آوری

۶- مقیاس فضایی در مقابل زمانی از تاب‌آوری اجتماع

تاب آوری می‌تواند بعنوان یک کمیت دینامیکی و پویا که در طول زمان و در میان فضا در حال تغییر است تعریف شود. می‌توان زیر ساخت‌های مهندسی، اقتصادی، اجتماعی و سازمانی را در آن دخیل کرد و در مقیاس‌های جغرافیایی مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

اولین قدم در مقدار دهی شاخصه تاب‌آوری (R) تعیین مقیاس مسئله مورد نظر می باشد (برای مثال ساختمان، سازه، جامد، ...) (شکل ۲). مهم است که خاطر نشان شود که تمام پروسه بازیابی توسط مقیاس فضایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. منابع بزرگ بازیابی های بزرگتری را در پی دارد. مقیاس فضایی همچنین برای تعریف معیارهای عملکرد کلی یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. قدم بعدی تعریف مقیاس زمانی (پاسخ کوتاه مدت اورژانسی، فاز بلندت مدت بازسازی، فاز بازسازی میان دوره‌ای) مساله مورد نظر است. انتخاب دوره کنترل T_{LC}، شاخصه تاب‌آوری،R، را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین وقتی سناریو های مختلف را با هم مقایسه می‌شود، دوره کنترل یکسانی باید مد نظر قرار گیرد.



شکل ۲- مقیاس فضایی در مقابل زمانی طراحی مبتنی بر تاب‌آوری با استفاده از چهارچوب POPLES

۷- هفت بعد از تاب‌آوری جوامع: چهارچوب PEOPLES

برای تاکید بر نقش اولیه سیستم‌های انسانی در قابلیت تحمل جامعه، مخفف PEOPLE، [4],[12], برای تعریف یک چهارچوب گسترش داده شده به کار گرفته شده است و در ادامه تحقیقات قبلی مرکز چند تخصصی تحقیقات مهندسی لرزه‌ای ،(MCEER)، می باشد.

این چهارچوب چندین مشخصه تاب‌آوری قبلا شناسایی شده (تکنیکی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی) و همچنین ویژگی‌های تاب‌آوری شامل 4R's (نیرومندی، افزونگری، غنی منابع و سرعت) را به هم مرتبط می‌کند.[1],[11],[13] . این‌ها چهار ویژگی هستند که در طول آن تاب‌آوری می‌تواند بهبود بخشیده شود. PEOPLES، تعاریف MCEER، درباره عملکرد سرویس‌ها و اجزایش (دارایی‌ها، سرویس‌ها، ...) و پارامترهای متاثر تاب‌آوری را متحد می‌کند و ۷ جنبه چهارچوب PEOPLES را به شرح زیر ارائه می‌دهد:

جعیت و نفوس[3]
محیط زیست/ اکوسیستم[4]
سرویس‌های سازمان یافته دولت [5]
زیرساخت‌های فیزیکی[6]
کفایت سبک زندگی و جامعه[7]
توسعه اقتصادی [8]
سرمایه اجتماعی و اقتصادی[9]

۷-۱- جعیت و نفوس

اولین بعد جمعیت و نفوس برای توصیف و تمایز قائل شدن جوامع، با استفاده از برای مثال درآمد متوسط و توزیع سنی می باشد که ممکن است برای درک مسائل اقتصادی، بهداشتی و تاب آوری بالقوه آن، ضروری باشد.
به صورت تحلیلی، عملکرد جمعیت به شرح زیر ارائه داده شده است:

$$Q_p(r,t) = 1/(f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + \cdots f_{11}) \quad (۳)$$

که در آن $f_1 + f_2 + \ldots f_{11}$، ۱۱ فاکتور مستقل هستند که در نظر گرفته می‌شوند. این ۱۱ فاکتور مستقل عبارتند از وضعیت اقتصادی، افراد مسن و کودکان، تراکم توسعه، کشاورزی روستایی، جنسیت، قومیت زیر ساخت اشتغال، و بدهی/ درآمد شهرستان ها.

۷-۲- محیط زیست/ اکوسیستم

ابعاد محیط زیست/ اکوسیستم معمولا به وسیله مقدار اختلالاتی که یک اکوسیستم می تواند بدون این که عملکرد و ساختار آن به شدت دچار تغییر شود، جذب کند و یا با آن اختلال کنار بیاید، اندازه گیری می شود. در مفهوم چهارچوب تاب‌آوری PEOPLES، منابع محیطی و اکوسیتم به عنوان شاخص هایی برای اندازه گیری توانایی سیستم‌های اکولوژیک برای بازگشت به حالت قبل از وقوع حادثه، خدمت می‌کنند.
چنین شاخصی، شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی (NDVI) است، که از مقادیر سنجش از راه دور ماهواره‌ای که پوشش گیاهی سبز را در یک ناحیه آنالیز می‌کند به دست آمده و محاسبه شده است.[14]،[15].

$$NDVI = (NIR - Red)/(NI\mathrm{R} + \mathrm{Red}) \quad (۴)$$

۷-۳- سرویس‌های سازمان یافته دولتی

سرویس‌های سازمان یافته دولتی شامل سرویس‌های قانونی و امنیتی سنتی، مانند پلیس، اورژانس و آتش نشانی و به طور فزاینده ارتش می‌باشد. در این جنبه، همچنین سرویس‌های تامین شده توسط سازمان های سلامت و

---

[3] *Population and demographics*
[4] *Environment/ecosystem*
[5] *Organized government services*
[6] *Physical infrastructure*
[7] *Lifestyle and community competence*
[8] *Economic development*
[9] *Social-cultural capital*

بهداشت عمومی، علاوه بر سازمان های میراث فرهنگی هم شامل می‌شود. هرکدام از این سرویس‌های دولتی سازمان یافته یک نقش کلیدی در پایدار ماندن جامعه قبل و بعد از وقایع شدید دارند.

۷-۴- زیرساخت‌های فیزیکی

بعد زیر ساخت فیزیکی روی محیط زیست ساخته شده جامعه، تمرکز دارد. امکانات و خط زندگی را به هم پیوند می‌دهد در حالی که شاخص عملکرد متفاوتی در ادبیات موجود است.

۷-۵- کفایت سبک زندگی و جامعه

این بعد با کنش‌های جامعه، توانایی حل مسائل بحرانی، انعطاف پذیری و خلاقیت، اختیار، و همکاری‌های سیاسی سروکار دارد.

۷-۶- توسعه اقتصادی

بعد توسعه اقتصادی شامل ارزیابی ایستای وضعیت اقتصادی حال حاظر(فعالیت اقتصادی) و ارزیابی پویای یک جامعه در توانایی برای این که به رشد اقتصادی خود ادامه دهد (توسعه اقتصادی) می‌پردازد.

۷-۷- سرمایه اجتماعی و اقتصادی

این بعد شامل چندین زیرمجموعه مانند سرویس‌های آموزشی، سرویس‌های مربوط به کودکان و یا افراد مسن، سرویس‌های فرهنگی و مربوط به میراث و ... است.

۸- چهارچوب کلی در جامعه: مدل لایه لایه

چهارچوب کلی در سطح جامعه بوسیله معادله زیر تعریف می‌شود که در آن برای هر بعد یک شاخص عملکرد و یا کارایی بوسیله ترکیب ابعاد مختلف کارآمدی تعریف می‌شود.

$$Q_{TOT}(t) = Q_{TOT}(Q_P, Q_{Env}, Q_O, Q_{Ph}, Q_L, Q_{Eco}, Q_S) \quad (۵)$$

که در آن Q_{TOT} عملکرد سراسری است و Q_x عملکرد هر یک از هفت بعد تعریف شده در بالا می‌باشد. در هر بعد، عملکرد به عنوان ترکیب عملکردهای زیر سیستم‌های مربوطه می‌باشد. مثلا عملکرد زیر ساختهای فیزیکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q_{Ph(t)} = Q_{Ph}(Q_{Hosp}, Q_{Ele}, Q_{Road}, Q_{Water}, \dots) \quad (۶)$$

که در آن Q_{Hosp}= عملکرد تسهیلات بیمارستانی و سلامت است.
که در آن Q_{Ele}= عملکرد شبکه‌های الکتریکی می‌باشد.
که در آن Q_{Road}= عملکرد شبکه‌های جاده‌ای است.
که در آن Q_{Water}= عملکرد شبکه‌های آب است و ... .

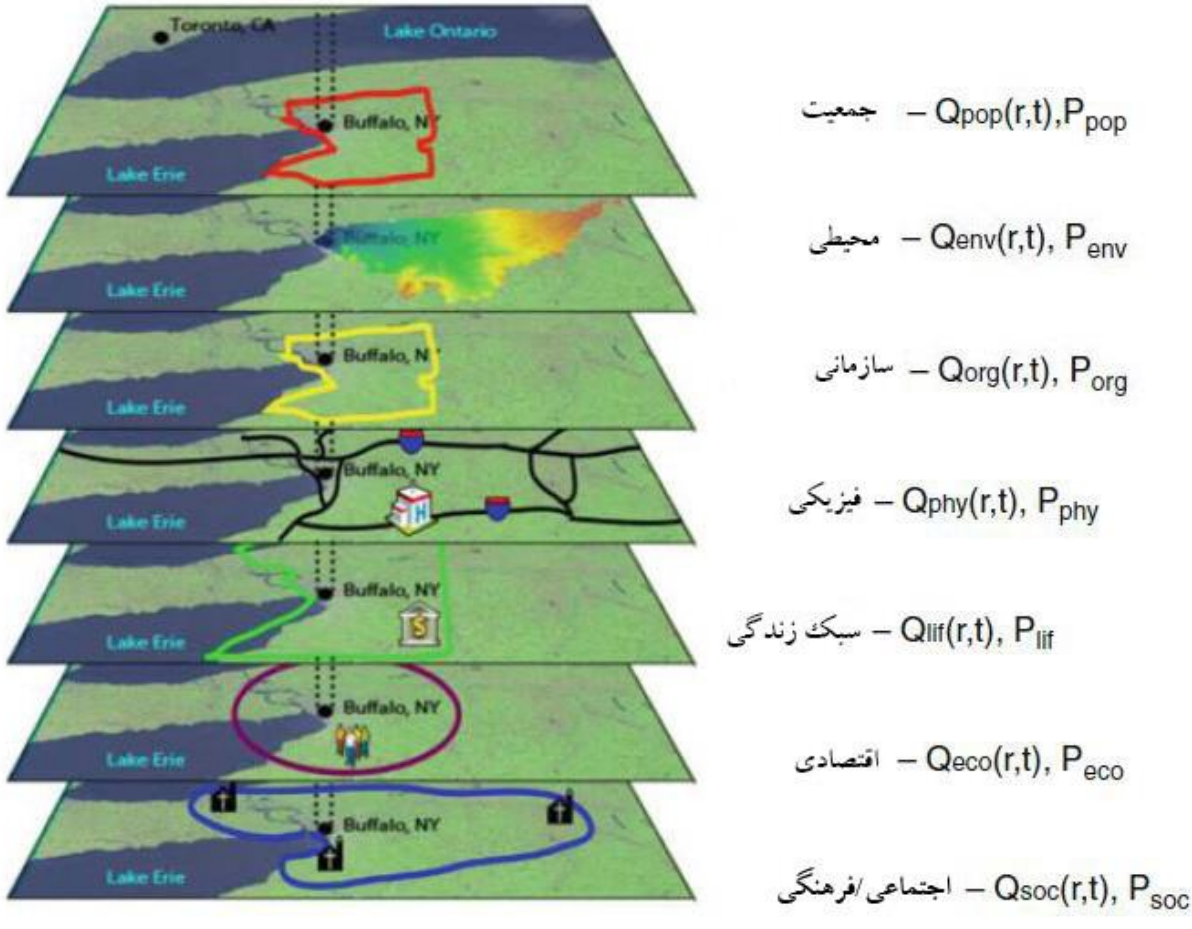
هنگامی که مقیاس جغرافیایی تعریف می‌شود، این امکان وجود دارد که Q_{TOT} (عملکرد سراسری) را روی ناحیه مد نظر در یک طرح کانتور (سایه روشن) برای یک لحظه معین از زمان t، رسم کند تا بتوان نقشه‌های عملکرد وابسته به زمان آن ناحیه را بدست آورد.

زمانی هم که مقیاس زمانی بوسیله زمان کنترل T_{LE} تعریف می‌شود، نقشه کانتور شده تاب‌آوری منطقه را می‌توان رسم کرد (برای مثال شکل۳)

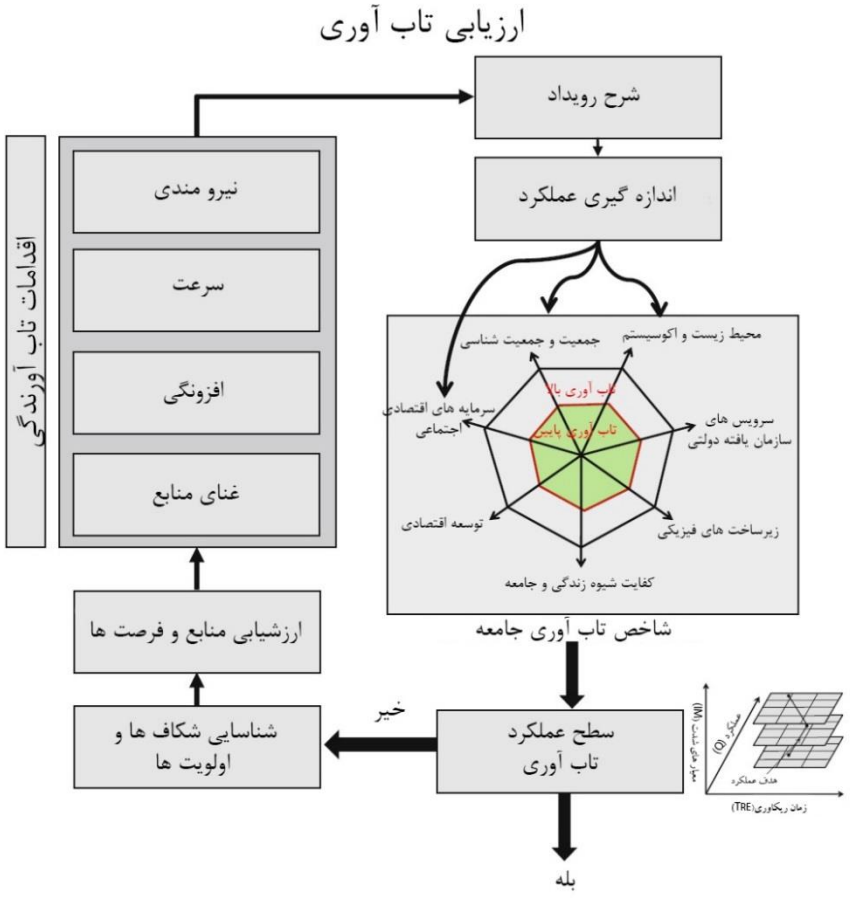
نقشه کانتور شده تاب‌آوری بوسیله انتگرال نقشه‌های عملکرد در طول زمان با استفاده از معادله (7) بدست می‌آید. بنابراین آنها مستقل از زمان خواهند شد ولی در فضا،از یک نقطه به نقطه دیگر برای یک ناحیه مشخص، تفاوت خواهند کرد. در نهایت شاخص تاب‌آوری جامع R_{com}، به وسیله انتگرال دو گانه زیر در طول زمان و فضا داده می‌شود:

$$R_{com} = \int_{A_c} {R(\vec{r})}/{A_c}\, dr = \int_{A_c}^{t_{OE}+T_{LC}} \int_{t_{OE}} {Q_{TOT}(t)}/{(A_c T_{LC})}\, dtdr \qquad (۷)$$

که در آن A_c تمام ناحیه منطقه انتخاب شده است. برای هر بعد یک طرح کانتور شده می‌تواند تعیین شود و با استفاده از یک رویکرد لایه به لایه همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است ترکیب شود. سپس یک نمودار رادار (شکل(۴)) می‌توان ترسیم کرد و مساحت، امتیاز تاب آوری نهایی را برای منطقه مد نظر، مشخص خواهد کرد.



شکل ۳- مدل لایه‌ای چهارچوب PEOPLES



شکل ۴- مدل امتیازی تاب‌آوری بر اساس روش PEOPLES

۹- نتیجه گیری

پس از پدیده‌های شدیدالوقوع اخیر در سراسر جهان، جامعه جهانی به این آگاهی رسیده است که تاب‌آوری کلید توصیف عملکرد مهندسی زلزله است. یک روش طراحی کلی تر در این ادبیات به نام طراحی مبتنی بر تاب‌آوری (RBD) توضیح داده شد که می‌تواند به عنوان بسطی از طراحی مبتنی بر عملکرد، که خود تنها بخشی از "تلاش‌های طراحی" در نظر گرفته شود، محسوب شود. هدف RBD این است که ساختمان‌ها و جوامع فردی را تا حد ممکن تاب آور کند، به طوری که تکنولوژی‌ها و کنش هایی را گسترش دهد که به ساختمان‌ها و یا جوامع اجازه به سرعت بازگردندان عملکردشان را تا حد ممکن بدهد. تعریف تاب‌آوری جوامع اطلاعات فنی و سازمانی را، از مهندسی زلزله و زلزله شناسی تا علوم اجتماعی و اقتصادی را با هم ترکیب می‌کند. واضح است که مفروضات و تفسیرهای بسیاری در طول مطالعه تاب‌آوری لرزه‌ای بوجود آمده است، اما هدف نهایی این است که اطلاعات همه این زمینه‌ها در یک تابع منحصر به فرد که بدون غرض به این که یک خطر چقدر بزرگ یا کوچک است به نتیجه برسد ادغام شود.

۱۰-مراجع

[1] Bruneau M, Chang SE, Eguchi RT, Lee GC, O'Rourke TD, Reinhorn AM, et al. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. Earthq Spectra 2003;19:733–52. doi:10.1193/1.1623497.

[2] Effects S. Retrofit of Structures: Strength Reduction with Damping Enhancement by Andrei M. Reinhorn 1 , Stefania Viti 2 and GianPaolo Cimellaro 3 2005.

[3] Cimellaro GP, Reinhorn AM, Bruneau M. Quantification of Seismic Resilience. 8th US Natl Conf Earthq Eng 2006.

[4] Renschler CS, Frazier AE, Arendt LA, Cimellaro G-P, Reinhorn AM, Bruneau M. A Framework for Defining and Measuring Resilience at the Community scale: The PEOPLES Resilience Framework. Tech Rep MCEER-10-0006 2010:59. doi:10.1016/j.engstruct.2010.08.008.

[5] Renschler CS, Frazier AE, Arendt L, Cimellaro GP, Reinhorn AM, Bruneau M. Developing the "Peoples" Resili Ence Framework for Defining and Measuring Disaster Resilience At the Community Scale. 10th Can Conf Earthq Eng 2010. doi:10.13140/RG.2.1.1563.4323.

[6] Cornell CA, Krawinkler H. Progress and Challenges in Seismic Performance Assessment. PEER Cent News 2000;3:1–4.

[7] Yang TY, Moehle J, Stojadinovic B, Kiureghian A Der. Seismic Performance Evaluation of Facilities: Methodology and Implementation. J Struct Eng 2009;135:1146–54. doi:10.1061/_ASCE_0733-9445_2009_135:10_1146.

[8] Ricci P, de Luca F, Verderame GM. 6th April 2009 L'Aquila earthquake, Italy: Reinforced concrete building performance. Bull Earthq Eng 2011;9:285–305. doi:10.1007/s10518-010-92048.

[9] Cimellaro GP, Reinhorn A, Bruneau M. Seismic Resilience of a Health care facility n.d.

[10] Cimellaro GP, Reinhorn AM, Bruneau M. Seismic resilience of a hospital system. Struct Infrastruct Eng 2010;6:127–44. doi:10.1080/15732470802663847.

[11] Cimellaro GP, Reinhorn AM, Bruneau M. Framework for analytical quantification of disaster resilience. Eng Struct 2010;32:3639–49. doi:10.1016/j.engstruct.2010.08.008.

[12] Frazier AE. Developing the " PEOPLES " resilience framework for defining and measuring disaster resilience at the community scale 2015. doi:10.13140/RG.2.1.1563.4323.

[13] Bruneau M, Reinhorn A. Exploring the concept of seismic resilience for acute care facilities. Earthq Spectra 2007;23:41–62. doi:10.1193/1.2431396.

[14] Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard JM, Tucker CJ, Stenseth NC. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends Ecol Evol 2005;20:503–10. doi:10.1016/j.tree.2005.05.011.

[15] Olofsson P, Eklundh L, Lagergren F, Jönsson P, Lindroth A. Estimating net primary production for Scandinavian forests using data from Terra/MODIS. Adv Sp Res 2007;39:125–30. doi:10.1016/j.asr.2006.02.031.

Evaluation of Seismic Resilience of Urban Infrastructures

Negar Rajabpour
M.Sc. Student, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran
negar.rajabpour@semnan.ac.ir

Hosein Naderpour
Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.
naderpour@semnan.ac.ir

Pouyan Fakharian
Ph.D. Candidate, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.
pouyanfakharian@semnan.ac.ir

Abstract
In order to overcome the negative effects of the disasters, buildings, infrastructures and more generally, communities, are better to react resiliently. As an illustration of the concept of resilience, seismic resilience is referred to as the ability of a system to reduce the chance of a shock, to absorb such a shock and to recover the system after the disaster as soon as possible. The resilience of structures has gained its initial approach from a more general and broader definition, and due to that, further engineering concepts have been formulated. Physical quantification of the resilience involves the probability of exceedance of the floor acceleration or drift from a certain limit. For this purpose, nonlinear response of the structures as well as the effect of rehabilitation, repair and recovery time of the structure, and following to that communities, are used. This proposed framework relates the probability function, failure and resilience as a continuous approach. In this paper, we try to introduce a characteristic called the communities resilience index, by which the performance of various communities is calculated and compared by the PEOPLES framework.

Keywords: Seismic Resilience, Infrastructures, Communities, Recovery, Evaluation.