



الگوی ارزیابی خطرپذیری شهری در بلایای طبیعی

فاطمه دهقان فاروجی^{۱*}، علی بیت‌اللهی^۲

۱. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، زمین‌شناسی، بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری، تهران

۲. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ژئوفیزیک، بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری، تهران

* تهران، صندوق پستی ۱۴۶۳۹۱۷۱۵۱، پست الکترونیکی: fatemedehghan@yahoo.com

چکیده

به منظور تصمیم‌گیری در مدیریت شهری با هدف توسعه پایدار، اطلاع از میزان خطرپذیری شهرها یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور، تعریف و تعیین الگو و چارچوب مشخصی لازم است تا ضمن انطباق با واقعیت‌ها، از فرایند مشخص و علمی خطرپذیری تبعیت نماید. روش این مطالعه مروری و تحلیلی است که مطالعات مروری از طریق اسناد و مدارک مربوط به ده چارچوب تحقیقی تحلیل و ارزیابی خطرپذیری جمع‌آوری و از نظر شمول مؤلفه‌های خطرپذیری توصیف و در نهایت تحلیل شده است. بررسی ده چارچوب منتخب نشان می‌دهد در اکثر چارچوب‌ها مؤلفه‌های مربوط به خطرپذیری، دیدگاه چندمخاطره‌ای، توجه به انواع آسیب‌پذیری‌ها، آموزش، تبادل اطلاعات و دانش و پیش‌مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس بررسی ده چارچوب منتخب، الگوی ارزیابی و تحلیل خطرپذیری بلایای طبیعی پیشنهاد گردید. مؤلفه‌های اصلی این الگو شامل شناسایی و تحلیل مخاطرات چندگانه، تحلیل آسیب‌پذیری‌های متنوع و امان‌های تحت خطر است. از ویژگی‌های مهم این الگو می‌توان به چند مخاطره‌ای بودن، تطابق کامل با مؤلفه‌های خطرپذیری، جامع بودن، چندبخشی بودن، توجه و تمرکز بر همه امان‌های تحت خطر، همه انواع آسیب‌پذیری‌ها و توجه به مخاطرات ثانویه اشاره نمود که قابلیت استفاده در همه سطوح استانی، شهری و حتی آبادی‌ها را دارد و پیش، مرور و مشورت و آموزش در آن دیده شده است و خروجی‌ها و نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران و نیز راهکارهای کاهش خطرپذیری و ارتقای تاب‌آوری شهری بسیار کاربردی است.

کلیدواژگان

الگو، ارزیابی خطرپذیری، بلایای طبیعی

The Model for the Urban Natural Disaster Risk Assessment

Fateme Dehghan Farouji^{1*}, Ali Beitollahi²

1. Seismology and Risk Department, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

2. Seismology and Risk Department, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

* P.O. Box 1463917151, Tehran, Iran, fatemedehghan@yahoo.com

Abstract

The issue of risk assessment of natural disasters is one of the important challenges for urban managers and authorities. In order to make a decision on urban management with the goal of sustainable development, it is imperative to be aware of the risk level of cities, the vulnerability of its important elements, and the identification of the natural hazards that occur there. To do this, it requires defining a specific framework in order to comply with the specific process of scientific risk-taking, while complying with the facts. The purpose of this research is to introduce the natural disaster risk assessment pattern.

The results of this research are applied. The method in this study is a review-analytical. Review studies have been collected through documentation from ten frameworks regarding to disaster risk analysis. Characterization of disaster risk analysis of selective frameworks have been investigated and then the characterization of each of the selected framework have been identified and ultimately abstracted and based on the analysis, a proposed model has been introduced that it contains all the key and critical components of the disaster risk and features that can cover all the important components. Based on the findings of this research, a model for assessing and analyzing the risk of natural disasters has been proposed by three main and important risk components which certain outcomes that can play a role in providing solutions for reducing the risk of natural disasters and its outcomes and outputs are very useful in disaster management planning and risk reduction and urban resilience promotion.

Keywords

Model, Risk Assessment, Natural Disasters

در طول پنجاه سال گذشته، شهرهای بزرگ و کوچک آسیا و اقیانوسیه رشد بی‌اندازه‌ای را تجربه کرده‌اند و در حال حاضر سریع‌ترین و پویاترین رشد را در دنیا داشته‌اند [۱، ۲].

منطقه آسیا-اقیانوسیه از بحران‌های زیادی نظیر سیل، زمین‌لغزش، به‌ویژه زلزله رنج برده و متاثر شده است. این بحران‌ها در جوامع شهری، اقتصاد، زیرساخت‌ها و سیستم‌ها اثرهای منفی زیادی داشته‌اند [۳].

۱- مقدمه

در حال حاضر، بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن هستند. تا سال ۲۰۲۵، تقریباً دو سوم از مردم دنیا در این مناطق و دارایی‌های آنها در مراکز شهری متمرکز خواهد شد. بسیاری از شهرهای کلان دنیا به ویژه شهرهای با جمعیت بیش از ۱۰ میلیون نفر، در مکان‌های بسیار نامن واقع شده‌اند که مستعد خطرپذیری‌های بزرگ ناشی از بحران‌ها هستند.

دینفغان در فرایند کاهش خطرپذیری، مقاوم و تاب‌آور می‌شود. عوامل زیادی جامعه محلی را برای اتخاذ اقدامات کاهش خطرپذیری بحران تشویق می‌کند. بر اساس تحلیل‌های حاصل از نتایج مشارکت دولت محلی و شهرها در کمپین‌های کاهش خطرپذیری و ایجاد شهر تاب‌آور و ایمن، می‌توان به مواردی نظیر رهبری و اراده سیاسی، استمرار فعالیت‌های دولت در کاهش خطرپذیری و یادگیری و درس‌آموزی از شهرهای موفق در کاهش خطرپذیری و حمایت‌های بین‌المللی و گنجاندن تحلیل‌های خطرپذیری در برنامه‌های موجود زیرساختی به عنوان موضوع چندبخشی اشاره نمود. در حال حاضر در بسیاری از کشورها، کمیته‌ها یا گروه‌های کاری کاهش خطرپذیری ایجاد شده است که فضای مناسبی را برای بحث در مورد موضوعات خطرپذیری فراهم نموده است [۷]. علاوه بر این موارد، فعالیت‌های دیگری نیز همگام با این کمیته‌ها در ایجاد شهرهای مقاوم و تاب‌آور انجام می‌گیرد که از مهمترین آنها می‌توان به ارزیابی و تحلیل‌های خطرپذیری اشاره نمود [۷].

۱-۱- مؤلفه‌های کلیدی در خطرپذیری

به منظور ارزیابی و تحلیل صحیح ریسک یا خطرپذیری که در ایجاد شهر تاب‌آور نقش بسیار مهمی دارد، می‌بایست مؤلفه‌های ریسک یا خطرپذیری به درستی شناخته شود.

خطرپذیری به شدت وابسته به سه عامل خطر، آسیب‌پذیری و در معرض قرارگیری است [۱۷].

اولین گام در کاهش خطرپذیری، ارزیابی و تحلیل خطرپذیری است. هدف از فرایند ارزیابی خطرپذیری، فراهم کردن اهداف و اطلاعات مشخص برای تصمیم‌گیرندگان به منظور انجام دادن اقدامات کاهش خطرپذیری است. ارزیابی خطرپذیری کمک می‌کند تا نهادها و سازمان‌های مرتبط قادر باشند با انجام دادن ارزیابی خطرپذیری، طرح‌ها و برنامه‌های مناسب کاهش خطرپذیری را تعریف و اقدامات بی‌نقصی را برای کاهش خطرپذیری انجام دهند.

استفاده از شیوه‌های مشارکتی در زمینه ارزیابی خطرپذیری سبب ارتقای توانایی جامعه محلی و دانش مردم در زمینه مخاطرات موجود و آینده و نیز آسیب‌پذیری‌ها می‌گردد [۱۷].

ارزیابی خطرپذیری شامل اجزای مهمی است که عبارت‌اند از:

- تحلیل خطر
 - تحلیل آسیب‌پذیری
 - تهیه نقشه‌های خطرپذیری
 - تعریف اقدامات و استراتژی‌های پیشگیری و آمادگی بحران
- مشارکت اجتماع محلی، مردم و دینفغان مربوط در هر مرحله از این فرایند، موفقیت ارزیابی خطرپذیری را تضمین می‌نماید.
- برای محاسبه و تحلیل خطرپذیری باید هر دو مؤلفه خطر و آسیب‌پذیری مدنظر قرارگیرد (جدول ۱).

در بسیاری از نواحی شهری، رشد سریع و نبود مدیریت شهری مناسب به دلیل استفاده از شیوه‌های نادرست ساخت و مصالح نامقاوم در برابر خطر، باعث شده توسعه شهری در نواحی مستعد خطر صورت گیرد. از دست‌آورد مدیریت نامناسب شهری می‌توان به رشد زیاد سکونتگاه‌های غیررسمی آسیب‌پذیر گاه با جمعیتی بیش از نیمی از جمعیت کل شهری و توسعه تسهیلات حیاتی غیرایمن و محافظت نشده نظیر ساخت مدارس و بیمارستان‌ها در نواحی با خطر بالا اشاره نمود.

در کشورهای در حال توسعه تمرکز بر مداخلات در زمینه کاهش خطرپذیری بحران نسبتاً کم است [۴]. نبود چنین تمرکزی سبب گردیده است نسبت هزینه- سود بین اقدامات آمادگی و پیشگیری در مقایسه با اقدامات پاسخ و امداد نامطلوب باشد [۵] و این مساله شکاف‌هایی را در مهارت‌ها و ظرفیت‌ها در سطوح سازمانی برای عملیاتی نمودن مدیریت و اقدامات کاهش ریسک ایجاد می‌کند [۶].

به منظور مدیریت شهری که چالش‌های بحران‌های شهری در آن رو به افزایش است، برای ترویج انتخاب مسیر توسعه شهری تاب‌آور و مقاوم، و برای توسعه شهری، شیوه‌های سیستماتیک با آگاهی از خطرپذیری‌ها مورد نیاز است. همه فعالیت‌های توسعه شهری به منظور محافظت از جوامع شهری و سرمایه آنها باید با دیدگاه کاهش خطرپذیری و مدیریت ریسک‌های باقی‌مانده مدیریت شود. اگر در مدیریت شهری دیدگاه خطرپذیری مدنظر قرارگیرد، در کاهش خطرپذیری‌های بحران توانمند است. در حال حاضر، کشورهای در حال توسعه دنیا کاهش خطرپذیری را در مدیریت شهری مدنظر قرار داده و با این اقدامات، اهداف زیر را دنبال می‌کنند:

- افزایش سطح آگاهی: افزایش آگاهی عمومی در مورد خطرپذیری شهری و کاربرد کاهش خطرپذیری برای سازگاری با انواع مخاطرات طبیعی و نیز تغییرات آب و هوایی، با تمرکز بر جوامع و مقامات محلی
 - افزایش سرمایه‌گذاری: ایجاد توافق برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های توسعه‌ای در بین مقامات ملی و محلی با دیدگاه کاهش خطرپذیری و به منظور ایجاد شهری پایدار
 - افزایش سطح ایمنی: تسهیل اجرای تدابیر کاهش خطرپذیری در برنامه‌ریزی شهری و محلی و محافظت از زیرساخت‌ها و تسهیلات حیاتی
 - مدنظر قراردادن کاهش خطرپذیری بحران در قوانین و مقررات برنامه‌ریزی شهری، طرح‌ها و فعالیت‌ها و اقدامات توسعه‌ای
 - ایجاد شوراهای و کمیته‌ها و ساختار مدیریت خطرپذیری
 - ساخت و ایجاد زیرساخت‌های پیشگیری از خطر
 - تدوین برنامه‌های آموزشی کاهش خطرپذیری [۷].
- اگرچه هیچ شهری تاکنون در برابر مخاطرات طبیعی مصون و محفوظ نبوده، اما همه شهرها می‌توانند در برابر اثرهای مخرب یک خطر تاب‌آور باشند [۹،۸].

اقداماتی که یک شهر را در برابر مخاطرات طبیعی یا انسان‌ساز مقاوم می‌سازد از یک سو مربوط به فرایند برنامه‌ریزی شهری و از سوی دیگر در نتیجه اقدامات خاص کاهش خطرپذیری است [۷].

فرایندهای سیاسی و تصمیم‌گیری‌هایی که نیازهای اساسی را شناسایی می‌کنند و خطرپذیری‌ها را کاهش می‌دهند، فضای خوبی را برای بهبود شرایط زندگی و ایجاد شرایط امن و محافظت در برابر آسیب‌پذیری فراهم می‌نمایند. یک شهر همچنین با درگیر شدن دولتمردان، شهروندان و دیگر

جدول ۱ ارتباط بین خطر، آسیب‌پذیری و خطرپذیری [۸]

خطرپذیری	= خطر	* آسیب‌پذیری
احتمال ایجاد نتایج مخرب	حادثه فیزیکی بالقوه	وضعیتی که توسط
یا خسارت‌های قابل‌انتظار	مخرب که بر اثر یک	عوامل یا فرایندهای
(تلفات، صدمات،	پدیده و یا فعالیت	فیزیکی، اجتماعی-
خسارت‌های مالی، معیشت	انسانی به‌وجود می‌آید	اقتصادی و زیست
و اختلال در فعالیت‌های	و سبب تلفات انسانی و	محیطی معین می‌شود
اقتصادی و تخریب محیط	خسارت‌های اجتماعی	که سبب افزایش
زیست) است که در نتیجه	و اقتصادی یا اختلال و	حساسیت جامعه در
تعامل خطر و آسیب‌پذیری	نقص و یا تخریب	برابر اثرهای خطر
ایجاد می‌شود.	محیط زیست می‌گردد.	می‌شود.

- آسیب‌پذیری فیزیکی
- آسیب‌پذیری اجتماعی
- آسیب‌پذیری اقتصادی
- آسیب‌پذیری فرهنگی
- آسیب‌پذیری زیست محیطی

آسیب‌پذیری مربوط به فقدان ظرفیت و توان لازم برای پیش‌بینی خطر، سازش و مقاومت در برابر آن و بهبودی از اثرهای آن است [۱۷]. آسیب‌پذیری به عوامل بسیار زیادی وابسته است در جدول ۳ عواملی که سبب ایجاد آسیب‌پذیری می‌شوند، نشان داده شده است.

جدول ۳ عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری و روند افزایشی آن [۸]

افزایش روند آسیب‌پذیری

دلایل زیر بنایی	فشارهای دینامیک	شرایط نا امن
فقر	نبود	عدم ثبات محیط فیزیکی
دستیابی محدود به منابع نیرو و انرژی منابع دیگر	موسسات محلی آموزش و تعلیم مهارت‌های مناسب سرمایه‌های محلی	مکان‌های خطرناک ساختمان‌ها و زیرساخت‌های خطرناک
ایدئولوژی‌ها سیستم‌های اقتصادی فاکتورهای اصلی	فشارهای شدید از افزایش جمعیت شهری شدن تخریب محیط	عدم ثبات اقتصاد محلی سطح پایین درآمد عملکرد نامناسب جامعه عملکرد نامناسب افراد

خطر به عنوان یک حادثه فیزیکی بالقوه مخرب تعریف می‌شود که ممکن است تلفات، صدمات و خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی یا تخریب‌های زیست‌محیطی را ایجاد کند. مخاطرات منشأ متفاوتی دارند و بر این اساس، به صورت مخاطرات طبیعی، انسان‌ساز و تکنولوژیک طبقه‌بندی می‌شوند [۱۷]. در فرآیند تحلیل خطر، مکان و احتمال وقوع پدیده بالقوه مخرب با یک بزرگی مشخص در یک دوره زمانی معین برآورد می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲ اجزای تحلیل خطر [۱۷]

تحلیل خطر		
احتمال رخداد	بزرگی/گستره	ارزیابی خطرها
رخداد در هر سال	حجم و سرعت	محاسبه خطرها
رخداد در هر ۳ تا ۴ سال		

۲-۱- تهیه نقشه‌های خطر

نقشه‌های خطر از ابزارهای مورد استفاده در تحلیل خطر هستند. خطرپذیری‌ها با استفاده از نقشه‌های خطرها معین می‌شود. نقشه‌های خطر اطلاعات کمی و کیفی را در مورد خطرها فراهم می‌کنند. مراحل زیر برای تولید نقشه خطر باید مدنظر قرار گیرد:

- تعیین منطقه مورد مطالعه و تعیین مرزها، ضوابط انتخاب، نیازها، مخاطرات و ...
- تعیین زیرساخت‌های منطقه، جاده‌ها، پل‌ها و ...
- تعیین منابع طبیعی موجود در منطقه، جنگل‌ها، فضاها، سبزه و ...
- تاریخچه مخاطرات منطقه، میزان خسارت‌ها و تلفات ناشی از خطرهای به وقوع پیوسته گذشته
- تعیین منابع (انسانی، طبیعی، اقتصادی و ...)
- اولویت‌بندی مناطق
- موارد زیر در تهیه نقشه‌های خطر باید مدنظر قرار گیرد:
- اطمینان از مشارکت مردم و نمایندگان آنها- مشارکت زنان و مردان به‌طور برابر و تشکیل ملاقات‌های مردمی
- استفاده از نظرها و پیشنهادها، جامعه محلی

۳-۱- آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری بیانگر سطح تلفات، صدمات یا خسارت‌ها به مردم، محیط و ساختمان‌ها بر اثر وقوع خطر طبیعی است. آسیب‌پذیری جنبه‌های مختلفی دارد که عبارت است از:

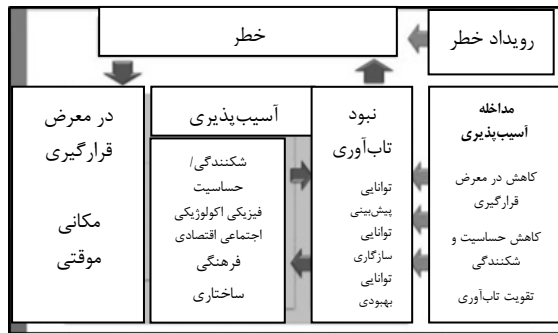
برای تحلیل آسیب‌پذیری، اطلاعات پارامترهایی نظیر در معرض قرارگیری در برابر خطر (ضعف‌های فیزیکی)، ضعف‌ها و شکنندگی‌های اقتصادی و اجتماعی و برگشت‌ناپذیری یا فقدان تاب‌آوری (ناتوانی در بهبودی از بحران یا خطر) مورد نیاز است. در معرض قرارگیری افراد در برابر خطر متفاوت است و افراد بر اساس جنسیت، نژاد، قومیت، موقعیت اجتماعی و ... آسیب‌پذیری یکسانی در برابر خطرها ندارند. شناسایی این فاکتورها، اساس تحلیل‌های آسیب‌پذیری را تشکیل می‌دهد. به منظور ارزیابی و برآورد میزان آسیب‌پذیری نیاز به تعریف شاخص است. تعیین شاخص‌های آسیب‌پذیری وابسته به فضای محلی، ملی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی است [۸].

۴-۱- در معرض قرارگیری

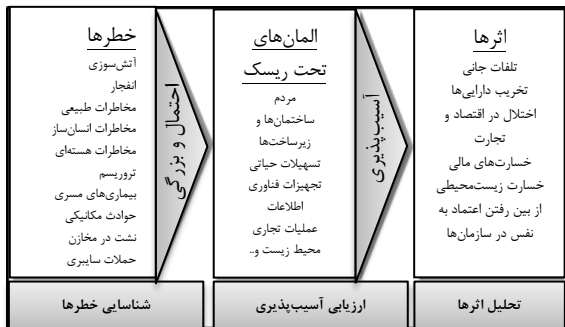
در معرض قرارگیری به جنبه‌های فیزیکی آسیب‌پذیری اشاره دارد. بهترین ضابطه برای در معرض قرارگیری، آمادگی جمعیت‌ها، سرمایه‌ها، تولیدات، معیشت، نمادهای فرهنگی و فعالیت‌های بشری است. از ضوابط دیگری که بیانگر در معرض قرارگیری است می‌توان به رشد جمعیت، میزان تراکم و به‌طور کلی نرخ رشد زندگی شهری اشاره نمود.

۵-۱- شکنندگی و ضعف‌های اقتصادی و اجتماعی

برخی از خطرپذیری‌ها ذاتی بوده و به خودی خود وجود دارند و برخی از آنها در سیستم و نظام‌های اقتصادی و اجتماعی به‌وجود می‌آیند. اگر چه طرح مشخص جهانی برای تعیین درست شاخص‌های شکنندگی اقتصادی و اجتماعی وجود ندارد، اما شاخص‌هایی نظیر فقر، نبود ایمنی، وابستگی، بی‌سوادی، نابرابری‌های اقتصادی، بیکاری، تورم، بدهی و تخریب‌های زیست محیطی می‌تواند شکنندگی و ضعف‌های اقتصادی اجتماعی را که در آسیب‌پذیری نقش بسیار زیادی دارند، تعیین نماید. این شاخص‌ها قبل از استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری باید استاندارد شوند. انتخاب صحیح این



شکل ۱ چارچوب آسیب‌پذیری [۱۷]



شکل ۲ اجزای کلیدی در شناسایی خطر و ارزیابی آسیب‌پذیری [۸]

شاخص‌ها می‌تواند با مشارکت مردمی و مدنظر قراردادن اعتبار و درجه اطمینان اطلاعات جمع‌آوری‌شده از جامعه محلی صورت گیرد. در طول ارزیابی آسیب‌پذیری بهتر است دلیل استفاده و نوع شاخص‌ها به درستی توصیف شوند [۸]. به‌طور کلی برخی از این شاخص‌ها عبارت‌اند از:

- ✓ سرمایه‌های معیشتی (داشتن وسیله نقلیه، دوچرخه، زمین و...)
- ✓ منبع درآمد (درآمدهای حاصل از کشاورزی، حقوق و...)
- ✓ دستیابی به منابع تولیدی (اندازه زمین قابل کشت و...)
- ✓ نوع خانوار (خانوارهای با سرپرست زن، نسبت سالخوردگان به اعضای خانواده، وجود معلول در خانواده و...)
- ✓ وضعیت و موقعیت زیرساخت‌ها و دستیابی به خدمات حیاتی
- ✓ کیفیت مسکن از نظر نوع ساخت و مصالح استاندارد و مقاوم و...

۶-۱- برگشت ناپذیری یا عدم تاب‌آوری و ناتوانی در بهبودی از بحران عدم تاب‌آوری یک خانواده یا یک جامعه به ناتوانی آنها برای بهبود از یک بحران اشاره دارد و با متغیرهای توسعه انسانی، توزیع مجدد اقتصادی، محافظت‌های مالی و آگاهی‌های اجتماعی، میزان آمادگی و محافظت‌های زیست محیطی نسبت عکس دارد.

- ✓ شاخص‌هایی که در تاب‌آوری مؤثرند عبارت‌اند از:
- ✓ سطح آموزش خانواده یا سرپرست خانواده
- ✓ در دسترس بودن سیستم‌های حمایتی همسایگان (سیستم و نظام‌های خانوادگی گسترده)
- ✓ درصد نیروی کارگر خانوار در مقایسه با نسبت و اعضا یا تعداد خانواده و...

۸-۱- محاسبه خطرپذیری

خطرپذیری نتیجه برهم کنش عامل خطر و آسیب‌پذیری است. به منظور محاسبه خطرپذیری باید عامل خطر و آسیب‌پذیری محاسبه شوند. از ضرب تحلیل خطر و تحلیل آسیب‌پذیری، خطرپذیری قابل محاسبه است. بنابراین:

$$\text{خطر (فراوانی خطر + احتمال وقوع خطر + بزرگی خطر)} * \text{آسیب‌پذیری (در معرض قرارگیری + ضعف‌های اقتصادی - اجتماعی + برگشت‌ناپذیری)} = \text{خطرپذیری}$$

کاهش و مدیریت خطرپذیری بحران باید به همه مؤلفه‌ها و اجزای ضروری خطرپذیری و عناصر و اجزای وابسته به آن توجه کافی داشته باشد. به عبارت بهتر، مدیریت خطرپذیری و کاهش آن در شهرها، وقتی نتیجه مطلوبی در پی خواهد داشت که به‌صورت جامع و منسجم همه مؤلفه‌ها را در جریان مدیریتی آن مد نظر قرار دهد.

۲- روش

روش این مطالعه مروری و تحلیلی است که مطالعات مروری از طریق اسناد و مدارک مربوط به چند چارچوب تحقیقی تحلیل و ارزیابی خطرپذیری و مؤلفه‌های مربوط به آن جمع‌آوری گردیده است. چارچوب الگوهای جمع‌آوری شده مورد بررسی قرار گرفته است و سپس از نظر شمول مؤلفه‌های خطرپذیری توصیف شده و در نهایت تحلیل گردیده است و بر اساس تحلیل‌ها، الگوی پیشنهادی معرفی شده است.

۷-۱- تحلیل آسیب‌پذیری

یکی از مهمترین مراحل ارزیابی خطرپذیری و در نتیجه ارایه راهکارهای کاهش خطرپذیری، شناسایی آسیب‌پذیری‌های مختلف و تحلیل آنهاست. چارچوب آسیب‌پذیری در شکل ۱ و اجزای کلیدی در ارزیابی آسیب‌پذیری در شکل ۲ نشان داده شده است. به منظور تحلیل دقیق آسیب‌پذیری می‌بایست بانک اطلاعات دقیقی در حوزه آسیب‌پذیری‌های مختلف وجود داشته باشد. تحلیل آسیب‌پذیری باید در همه حوزه‌های مربوط به شرح زیر انجام یابد:

- ✓ تحلیل آسیب‌پذیری فیزیکی
- ✓ تحلیل آسیب‌پذیری اجتماعی
- ✓ تحلیل آسیب‌پذیری نمادهای فرهنگی
- ✓ تحلیل آسیب‌پذیری اقتصادی
- ✓ تحلیل آسیب‌پذیری‌های زیست محیطی
- ✓ برای تحلیل آسیب‌پذیری‌های فوق‌الذکر باید موارد زیر انجام شود:
- ✓ جمع‌آوری اطلاعات مربوط به هر نوع آسیب‌پذیری
- ✓ ایجاد و تعریف شاخص‌های مهم و کلیدی در هر نوع از آسیب‌پذیری‌ها
- ✓ استانداردسازی شاخص‌های مهم و کلیدی

۳- یافته‌ها

در این بخش چارچوب‌های الگوهای متداول برخی سازمان‌ها، نهادها و محققان در زمینه تحلیل و ارزیابی خطرپذیری توصیف و جمع‌بندی گردیده است.

۱. چارچوب برنامه‌های کاهش خطرپذیری سازمان جهانی هواشناسی^۱

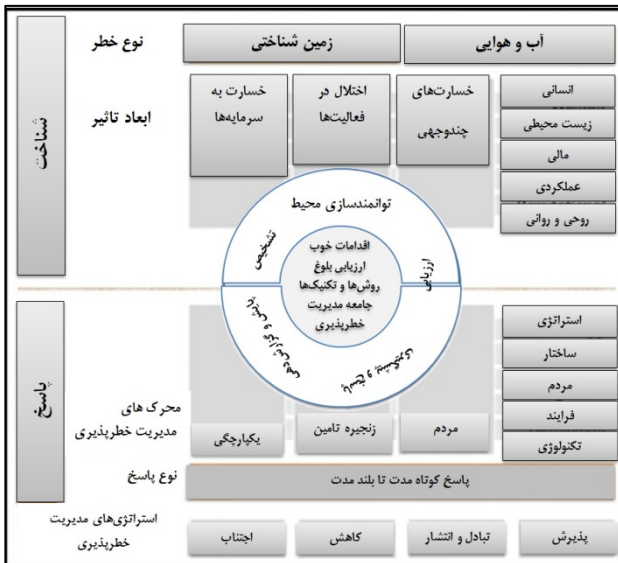
این چارچوب با دیدگاه چند خطر، چند سطحی و چند بخشی مد نظر قرار گرفته است. دارای ۳ ستون اصلی به شرح زیر می‌باشد که هر یک دارای زیر اجزایی است که در شکل ۳ نشان داده شده است. یعنی، شامل:

- ارزیابی خطرپذیری

- کاهش خطرپذیری

- سرمایه‌گذاری برای خطرپذیری و تغییر خطرپذیری است.

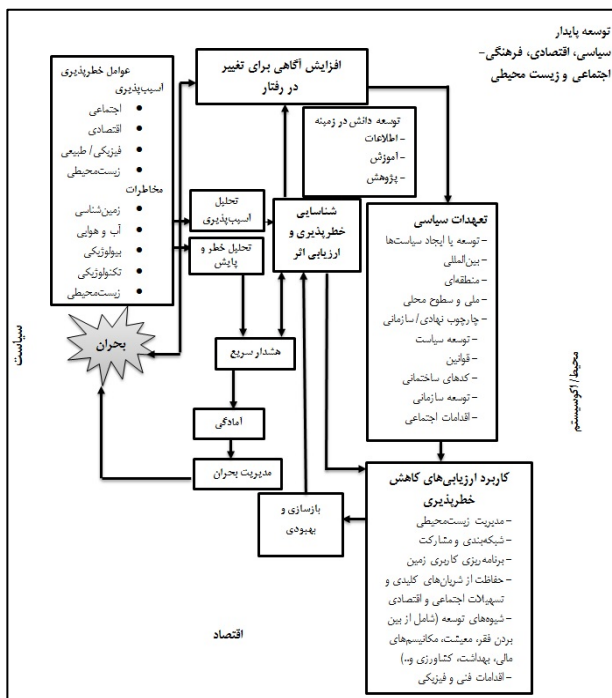
از نکات قابل توجه در این چارت، تبادل اطلاعات و دانش و آموزش در همه اجزای مرتبط با آن است.



شکل ۴ چارچوب مدیریت خطرپذیری بحران [۷]



شکل ۳ برنامه کاهش خطرپذیری بحران [۱۸]



شکل ۵ چارچوب مدیریت خطرپذیری بحران و توسعه پایدار [۷]

۴. چارچوب کاهش خطرپذیری بحران از دیدگاه [۱۷]

در این چارچوب، چارت‌های متنوعی برای مدیریت و کاهش خطرپذیری و همچنین، مؤلفه‌های مهم و کلیدی خطرپذیری ارائه شده است (شکل ۴). در این چارچوب نیز خطرپذیری، محصول برهم کنش مخاطرات و آسیب‌پذیری‌ها معرفی شده است. آسیب‌پذیری‌ها در این دیدگاه هم مستنوع و شامل آسیب‌پذیری‌های فیزیکی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی است. در این چارچوب نیز نیم نگاهی به مسأله توسعه پایدار شده و حکمرانی خوب و ظرفیت‌سازی را در زیر مؤلفه‌های آن مد نظر قرار داده است و آنها را در کاهش خطرپذیری و توسعه پایدار، مهم معرفی نموده است.

۲. چارچوب جامع مدیریت خطرپذیری بحران استراتژی بین‌المللی کاهش خطرپذیری سازمان ملل متحد^۲

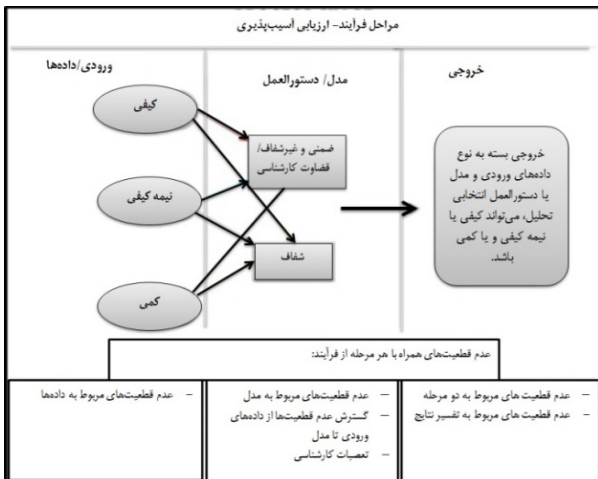
این چارچوب که مبنای عملکرد برنامه‌های کاهش خطرپذیری از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ برای کشورهاست، بر پیشگیری و سرمایه‌گذاری تأکید نموده و نیز چگونگی آن را با ارایه نمودار و چارت مد نظر قرار داده است.

در این چارت‌ها، آگاهی از مخاطرات و خطرپذیری‌ها و نحوه پاسخ و نیز چرخه و فرآیند مدیریت خطرپذیری مورد توجه قرار گرفته است که هر یک دارای زیر اجزایی است که در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

از نکات قابل توجه این چارچوب دیدگاه توسعه‌ای آن است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، کاهش خطرپذیری بحران در مقوله توسعه پایدار مد نظر قرار گرفته است. در دیدگاه توسعه‌ای این چارت، توسعه همه‌جانبه سیاسی، اقتصادی، زیست محیطی و فرهنگی- اجتماعی مد نظر قرار گرفته است. در این چارت به خوبی نشان داده شده است که بحران نتیجه تعامل مخاطرات با انواع آسیب‌پذیری‌هاست. مخاطرات و آسیب‌پذیری‌ها در این چارت نیز دارای طبقه‌بندی متنوع است.

¹ WMO
² UN / ISDR

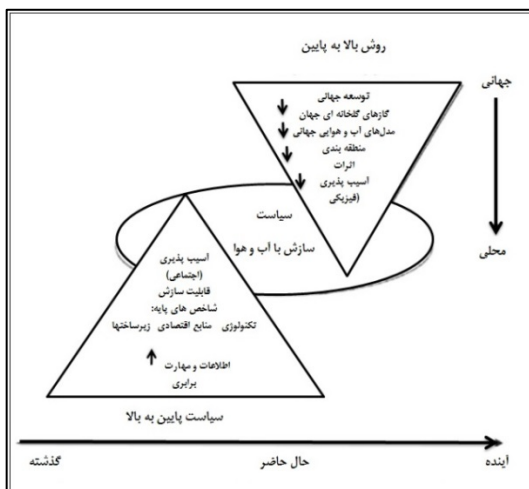
مورد توجه است که به شدت متأثر از داده‌های ورودی خواهد بود.



شکل ۹. چارچوب نظام و سیستم برآورد آسیب‌پذیری [۱۲]

۷. چارچوب روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا برای سازش با تغییرات آب و هوایی از دیدگاه [۱۳]

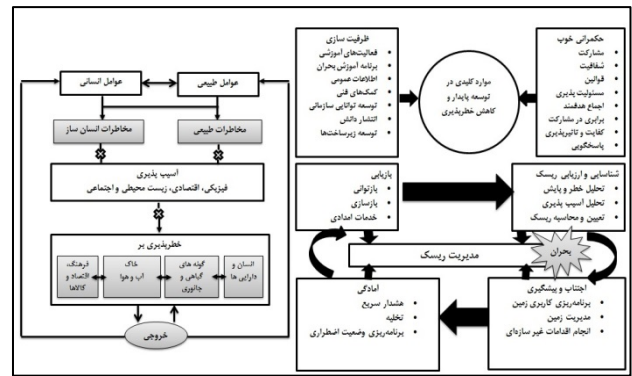
در این چارچوب در سیاست‌های سازش با تغییرات آب و هوایی دو روش بالا به پایین و پایین به بالا مدنظر قرار گرفته‌است و به‌ویژه بر روی آسیب‌پذیری‌های فیزیکی و اجتماعی در این دو روش تأکید شده است. (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا برای سازش با تغییرات آب و هوایی [۱۳]

۸. چارچوب فرایند ارزیابی ریسک از دیدگاه [۱۴]

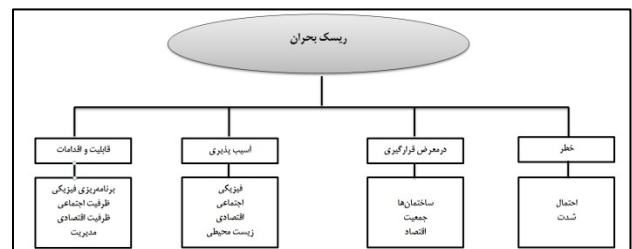
محور اصلی این چارچوب را فرایند بسترسازی، شناسایی خطرپذیری‌ها، تحلیل خطرپذیری، محاسبه خطرپذیری‌ها و در نهایت، اقدام در برابر خطرپذیری‌ها تشکیل می‌دهد که در همه این محورها، برقراری ارتباط و مشاوره و همچنین مرور و پایش مد نظر قرار گرفته است (شکل ۱۱). اصولی در این چارچوب حاکم است که جامعیت، شفافیت، پویایی و توسعه از مهمترین آنهاست.



شکل ۶ چارچوب مدیریت خطرپذیری و زیر اجزای آن [۱۷]

۴. چارچوب خطرپذیری بحران از دیدگاه [۱۰]

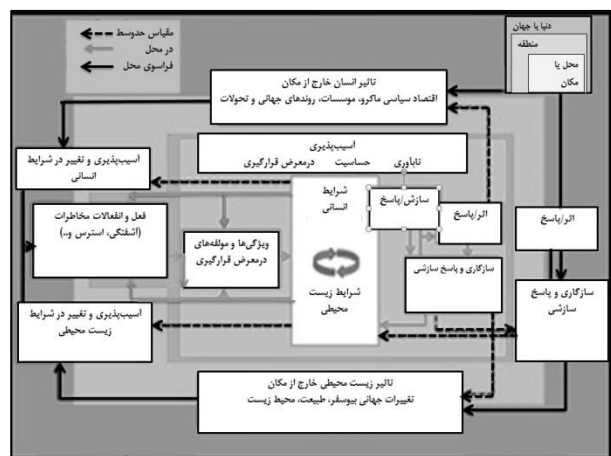
در این چارچوب، به وضوح مشاهده می‌شود که خطرپذیری بحران شامل مؤلفه‌های خطر، در معرض قرارگیری، آسیب‌پذیری و محاسبه ظرفیت‌ها و توانمندی‌هاست (شکل ۷).



شکل ۷ چارچوب خطرپذیری بحران و مؤلفه‌های آن [۱۰]

۵. چارچوب مفهومی آسیب‌پذیری از دیدگاه [۱۱]

در این چارچوب مفهومی، آسیب‌پذیری از دیدگاه منشأ انسانی و زیست محیطی مورد نظر است که تأثیرات آن در سه سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی نشان داده شده است. در این چارچوب، عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری و نیز تعامل آن با مخاطرات مورد نظر قرار گرفته است (شکل ۸).



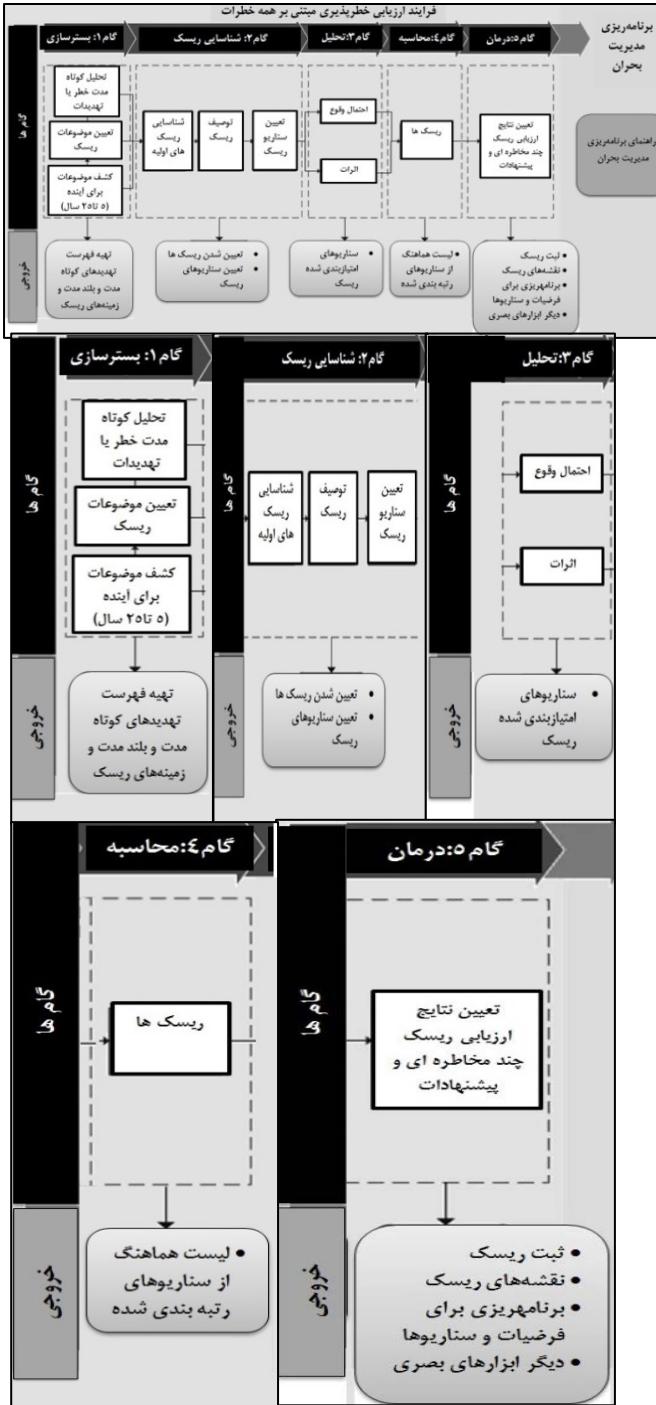
شکل ۸ چارچوب مفهومی آسیب‌پذیری بحران [۱۱]

۶. چارچوب نظام و سیستم برآورد آسیب‌پذیری از دیدگاه [۱۲]

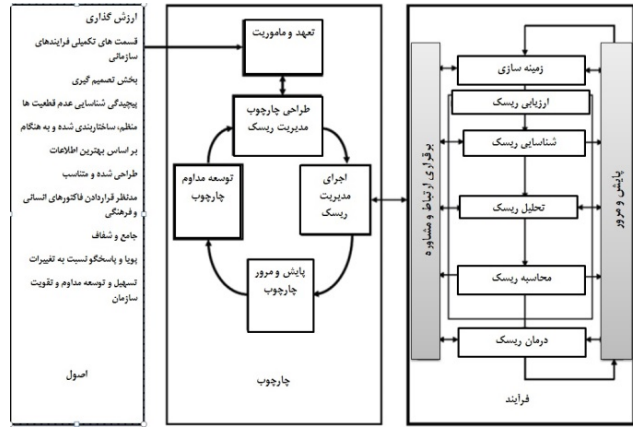
در این چارچوب ارزیابی آسیب‌پذیری به صورت کیفی و کمی مدنظر قرار گرفته‌است (شکل ۹).

فرایند ارزیابی خطرپذیری در این چارچوب در ۵ مرحله نمایش داده شده است (شکل ۱۳). این پنج مرحله شامل موارد زیر است:

- گام اول: زمینه یا بسترسازی
- گام دوم: شناسایی خطرپذیری‌ها
- گام سوم: تحلیل خطرپذیری
- گام چهارم: محاسبه خطرپذیری
- گام پنجم: درمان یا اقدام در برابر خطرپذیری‌ها



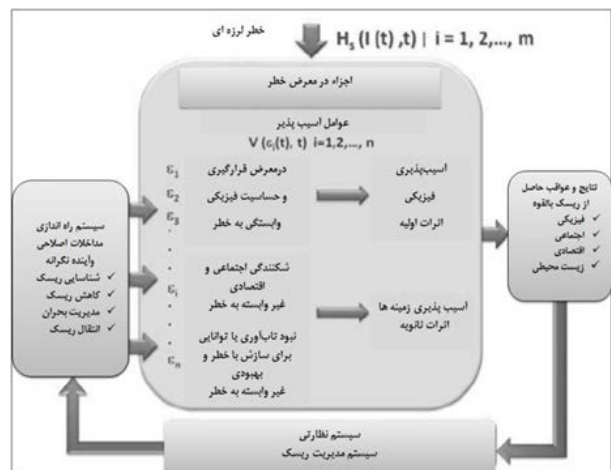
شکل ۱۳ فرایند ارزیابی خطرپذیری مبتنی بر همه خطرها از دیدگاه [۱۶]



شکل ۱۱ چارچوب فرایند ارزیابی ریسک [۱۴]

۹. چارچوب مفهومی شیوه جامع ارزیابی و مدیریت خطرپذیری از دیدگاه [۱۵]

در این چارچوب آسیب‌پذیری لرزه‌ای با سه مؤلفه در معرض قرارگیری فیزیکی، شکنندگی سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی و عدم تاب‌آوری مدنظر قرار گرفته است. در این چارچوب تأکید عمده بر برآورد آسیب‌پذیری از دیدگاه شهری و جامع است. این مدل، نتایج و عواقب مستقیم فیزیکی (در معرض قرارگیری) را به همراه عواقب غیرمستقیم (شکنندگی سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی) از خطر لرزه‌ای مدنظر قرار داده است. در هر موضوع، عوامل آسیب‌پذیری با مجموعه‌ای از شاخص‌ها توصیف شده‌اند. این مدل شامل سیستم کنترلی یا نظارتی است که به‌طور غیرمستقیم سطح خطرپذیری را در مداخلات اصلاحی و آینده‌نگر (شناسایی خطرپذیری، کاهش خطرپذیری و مدیریت بحران) هشدار می‌دهد. در این چارچوب مفهومی خطرپذیری‌ها به دو صورت خطرپذیری‌های نرم و سخت طبقه‌بندی شده‌اند که خطرپذیری‌های سخت شامل احتمال تخریب‌ها و خسارت‌های فیزیکی و زیست محیطی است و خطرپذیری‌های نرم شامل اثرهای اقتصادی و اجتماعی بر جامعه و سازمان‌ها تعیین و تعریف شده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ چارچوب مفهومی شیوه جامع ارزیابی و مدیریت خطرپذیری [۱۵]

۱۰. چارچوب فرایند ارزیابی خطرپذیری مبتنی بر همه خطرها از دیدگاه [۱۶]

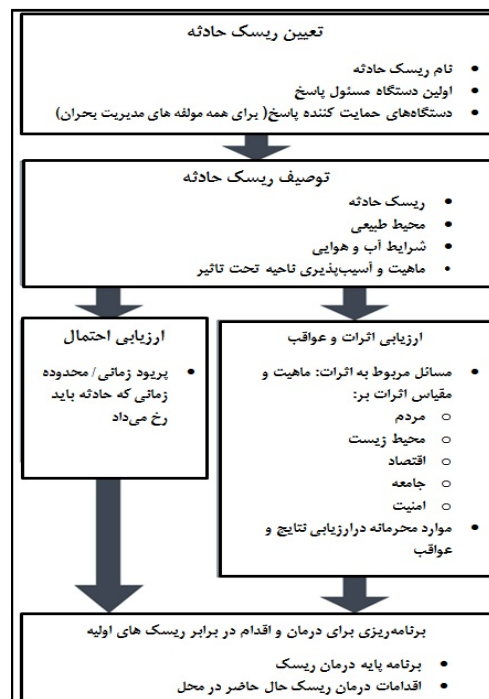
- توجه به همه مؤلفه‌های کلیدی در خطرپذیری
- ارزیابی و پایش
- تبادل دانش و اطلاعات
- آموزش

جدول ۴ خلاصه ویژگی‌های چارچوب‌های بررسی شده

ردیف	خصوصیات چارچوب
۱	چند مخاطره‌ای بودن چارچوب چندسطحی بودن چارچوب چندبخشی بودن چارچوب مد نظر قراردادن تبادل دانش و اطلاعات توجه به سرمایه‌گذاری در ریسک با مد نظر قرار دادن بیمه
۲	مد نظر قرار گرفتن مخاطرات زمین‌شناختی و آب و هوایی مد نظر قراردادن مواردی نظیر: درک و آگاهی در موضوعات خطر، خطرپذیری بحران، و پاسخ (استراتژی‌ها و گزینه‌های کاهش خطرپذیری بحران) و چگونگی آن سرمایه‌گذاری در اقدامات پیشگیری و خطرپذیری مد نظر قراردادن توسعه پایدار در چارچوب مد نظر قرار دادن همه انواع آسیب‌پذیری‌ها برقراری ارتباط خطرپذیری در فرایند مدیریت بحران (به‌ویژه مرحله آمادگی)
۳	ارایه چارچوب‌های متنوع و جداگانه برای مؤلفه‌های خطرپذیری برقراری ارتباط با فرایند مدیریت بحران و مؤلفه‌های خطرپذیری مد نظر قراردادن توسعه پایدار در چارچوب در نظر گرفتن حکمرانی در چارچوب و تعیین شاخص‌های حکمرانی خوب مد نظر قراردادن ظرفیت‌سازی و تعیین شاخص‌ها برای ظرفیت‌سازی
۴	در نظر گرفتن همه مؤلفه‌های خطرپذیری به صورت معین مد نظر قراردادن ظرفیت‌سازی در خطرپذیری بحران (نظیر برنامه‌ریزی فیزیکی، ظرفیت اجتماعی، ظرفیت اقتصادی و مدیریت)
۵	تعیین سطوح آسیب‌پذیری (به صورت مکانی یا محلی، ناحیه‌ای و جهانی) تعیین مقیاس‌های فرامکانی، مکانی و منطقه‌ای در زیر مؤلفه‌های چارچوب در حالت دینامیک مد نظر قراردادن حساسیت، تاب‌آوری و در معرض قرارگیری در سطح مکانی
۶	مد نظر قراردادن ارزیابی آسیب‌پذیری به صورت کیفی و کمی این چارچوب بر آسیب‌پذیری متمرکز است
۷	مد نظر قراردادن شیوه‌های پایین به بالا در موقعیت‌های زمانی گذشته، حال و آینده از سطوح محلی تا جهانی تأکید بر مخاطرات آب و هوایی در چارچوب
۸	توجه به بسترسازی در موضوع خطرپذیری توجه به شناسایی، تحلیل، محاسبه و اقدام در برابر خطرپذیری‌ها توجه به برقراری ارتباط و مشاوره توجه به مرور و پایش
۹	توجه به آسیب‌پذیری با سه مؤلفه در معرض قرارگیری فیزیکی، شکنندگی سیستم‌های اجتماعی- اقتصادی و برگشت‌ناپذیری و برآورد آسیب‌پذیری از دیدگاه شهری و جامع توجه عوامل آسیب‌پذیری با مجموعه‌ای از شاخص‌ها توجه به سیستم کنترلی یا نظارتی در مداخلات اصلاحی و آینده نگر (شناسایی خطرپذیری، کاهش خطرپذیری و مدیریت بحران) دسته‌بندی خطرپذیری‌ها به دو صورت خطرپذیری‌های سخت (احتمال تخریب و خسارت‌های فیزیکی و زیست‌محیطی) و نرم (اثرهای اقتصادی و اجتماعی بر جامعه و سازمان‌ها)

گام اول: بسترسازی یا زمینه‌سازی: این گام شامل سه جزء تحلیل خطر یا تهدید (کوتاه مدت ۱ تا ۵ سال)، تعریف یا تعیین موضوعات خطرپذیری و شناسایی موضوعات برای آینده (۵ تا ۲۵ سال) است. خروجی این گام شامل: فهرست مخاطرات و تهدیدها (کوتاه مدت تا بلند مدت) و موضوعات خطرپذیری است.

گام دوم: شناسایی خطرپذیری: این گام نیز مانند گام نخست شامل سه جزء تعریف و شناسایی خطرپذیری‌های اولیه و اصلی، توصیف و شرح خطرپذیری‌ها و ایجاد سناریوهای خطرپذیری است. خروجی این گام، تعیین خطرپذیری‌ها و فهرست سناریوهای خطرپذیری است. فرایند ایجاد سناریوی حادثه در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۴ فرایند ایجاد سناریوی حادثه [۱۶]

گام سوم: تحلیل خطرپذیری: این گام شامل دو جزء احتمال و اثر است که خروجی آن، سناریوهای امتیازبندی شده خطرپذیری است.

گام چهارم: محاسبه ریسک: در این گام ریسک‌ها مشخص می‌شود که خروجی آن فهرست هماهنگ از سناریوهای امتیازبندی شده خطرپذیری است.

گام پنجم: درمان یا اقدام در برابر خطرپذیری‌ها: این گام شامل انتشار نتایج حاصل از ارزیابی‌های ریسک چندمخاطره‌ای و پیشنهادهاست. خروجی این گام، نقشه‌های خطرپذیری، برنامه‌ریزی برای سناریوها، فرضیات و ابزارهای دیگر عینی- بصری است.

• جمع‌بندی چارچوب‌های بررسی شده

ویژگی‌های چارچوب‌های بررسی شده در جدول ۴ خلاصه شده است. در چارچوب‌های بررسی‌شده مؤلفه‌های مهمی مدنظر قرار گرفته است که عبارتند از:

- دیدگاه چند مخاطره‌ای در ارزیابی خطرپذیری

مرحله‌ای بودن فرایند ارزیابی خطرپذیری

نمایش کامل و جامع گام به گام فرایند با جزئیات و خروجی‌های معین
توجه کامل به چرخه ارزیابی خطرپذیری و اصول کلیدی حاکم بر چارچوب

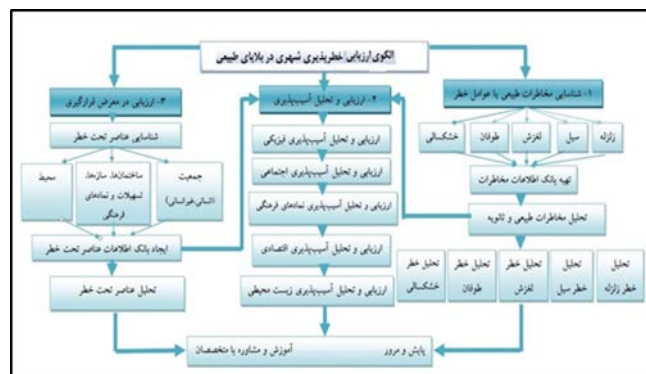
۱۰

۴- بحث و بررسی یافته‌ها

محیط‌های شهری به دلیل رشد سریع جمعیت و توسعه‌یافتگی از مراکز مهمی هستند که پتانسیل خطرپذیری بالایی دارند. المان‌های متنوعی در محیط شهری وجود دارند که در افزایش و کاهش میزان آسیب‌پذیری‌ها نقش ایفا می‌کنند.

فرایند توسعه شهری نیازمند توجه به همه المان‌های شهر و سازش‌های متناسب با مخاطرات طبیعی است. چراکه فرایند توسعه ارتباط بسیار تنگاتنگی با موضوع خطرپذیری و مدیریت آن دارد. با وارد نمودن و گنجاندن مدیریت خطرپذیری بحران در ابزارهای مدیریت شهری، رشد و توسعه شهری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تحلیل و ارزیابی خطرپذیری، می‌تواند به مدیریت شهری برای نزدیک شدن به توسعه پایدار کمک کند که نیازمند شناخت همه مؤلفه‌های خطرپذیری و اطلاع از وضعیت شهر و المان‌های تأثیرگذار آن است. برنامه تحلیل و ارزیابی خطرپذیری، برنامه بلندمدت است و علاوه بر اجرای درست، نیازمند آگاهی و آموزش در بین مدیران شهری، کارمندان و عموم مردم می‌باشد. تحلیل و ارزیابی خطرپذیری، فرایند جامعی است که شامل مؤلفه‌های مهمی است که باید به ترتیب و با دقت نظر صورت گیرد.

ارزیابی و تحلیل خطرپذیری شهرها می‌تواند نتایج کمی را در اختیار مسئولان شهرها قرار دهد تا با استفاده از آن بتوانند مسیر توسعه شهری را با محوریت کاهش خطرپذیری هموار نمایند. باید توجه داشت که فرایند ارزیابی و تحلیل خطرپذیری، چندمؤلفه‌ای است که هر مؤلفه، مؤلفه بعدی را کامل می‌کند. توجه به همه مؤلفه‌ها در فرایند تحلیل و ارزیابی خطرپذیری ضروری است. به منظور تحلیل و ارزیابی خطرپذیری در شهرها، الگویی که بتواند همه مؤلفه‌های مهم و کلیدی در برداشته باشد و قادر باشد خروجی‌های معینی را برای تعیین راهکارهای عملی کاهش خطرپذیری ارائه دهد، بسیار مهم و حیاتی می‌نماید. با بررسی چارچوب‌ها و الگوهای منتخب، الگوی زیر به منظور تحلیل خطرپذیری بحران‌های طبیعی پیشنهاد می‌گردد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵ الگوی ارزیابی خطرپذیری شهری در بلایای طبیعی

این الگو دارای سه مؤلفه اصلی و مهم شناسایی مخاطرات طبیعی یا عوامل خطر اولیه و ثانویه، ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری و ارزیابی و تحلیل عناصر یا

المان‌های تحت خطر است. این مؤلفه‌های اصلی دارای زیرمؤلفه‌هایی هستند که خروجی آنها در نهایت به تحلیل و ارزیابی خطرپذیری می‌انجامد. زیر مؤلفه‌های شناسایی مخاطرات طبیعی در این الگو عبارت‌اند از:

- تهیه بانک اطلاعات مخاطرات طبیعی اولیه و ثانویه

به منظور تحلیل و ارزیابی صحیح خطرپذیری و مراحل آن، اولین گام تشکیل و ایجاد بانک داده‌ها یا بانک اطلاعاتی است. این بانک شامل داده‌های مخاطرات مختلفی است که گستره شهری را تهدید می‌کند.

داده‌ها می‌بایست از نظر مکانی معنادار باشد. از پرچالش‌ترین مؤلفه‌های ارزیابی خطرپذیری، جمع‌آوری داده‌های ضروری است. میزان اعتبار، تناسب، دقت، در دسترس بودن و به روز بودن آن و نیز یکسان بودن ساختار اطلاعات از چالش‌های بزرگ این مرحله است و می‌تواند خروجی‌های تحلیل و ارزیابی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. به عبارت بهتر، هرچه اطلاعات مبنا دقیق‌تر باشد، تحلیل خطر دقیق‌تر است. در این الگو به بانک اطلاعات مخاطرات ثانویه‌ای که بر اثر مخاطره اصلی به‌وقوع می‌پیوندد نیز توجه ویژه‌ای شده است.

- تحلیل مخاطرات طبیعی اولیه و ثانویه

یکی از مهمترین مراحل تحلیل خطرپذیری، بعد از تهیه بانک اطلاعات و لایه‌های اطلاعاتی، تحلیل یا برآورد خطر است. توجه به تعاریف استاندارد و ماهیت خطرپذیری، نشان می‌دهد خطرپذیری بدون وجود عامل خطر بی‌معنا و مفهوم است. به همین منظور تحلیل و برآورد خطر در تحلیل خطرپذیری ضروری است. نتیجه تحلیل خطر، شناسایی گستره‌های با درجات خطر بالا، متوسط و پایین است. در فرایند تحلیل خطر، مکان و احتمال وقوع پدیده بالقوه مخرب با یک بزرگی مشخص در یک دوره زمانی معین برآورد می‌شود. به‌طور معمول، تحلیل خطر با سناریوی خطر تکمیل می‌گردد. نقشه‌های خطر و نقشه‌های پهنه‌بندی خطر خروجی‌های تحلیل خطر هستند که اطلاعات کمی و کیفی را در مورد خطرها فراهم می‌کنند.

خروجی تحلیل خطر در مؤلفه دوم این الگو وارد می‌گردد و در تحلیل ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

زیرمؤلفه‌های مؤلفه دوم این الگو، تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری، عبارت‌اند از:

- تحلیل آسیب‌پذیری‌های فیزیکی
- تحلیل آسیب‌پذیری‌های اجتماعی
- تحلیل آسیب‌پذیری‌های نمادهای فرهنگی
- تحلیل آسیب‌پذیری‌های اقتصادی
- تحلیل آسیب‌پذیری‌های زیست محیطی

یکی از مهمترین مراحل ارزیابی خطرپذیری و در نتیجه ارائه راهکارهای کاهش خطرپذیری، شناسایی آسیب‌پذیری‌های مختلف و تحلیل آنهاست. به‌منظور تحلیل دقیق آسیب‌پذیری می‌بایست بانک اطلاعات دقیقی در حوزه آسیب‌پذیری‌های مختلف وجود داشته باشد. تحلیل آسیب‌پذیری باید در همه حوزه‌های فوق‌الذکر انجام شود.

آسیب‌پذیری مربوط به فقدان ظرفیت و توان لازم برای پیش‌بینی خطر، سازش و مقاومت در برابر آن و بهبودی از اثرهای آن است. آسیب‌پذیری به عوامل بسیار زیادی وابسته است و به‌طور کلی، شامل شرایط نامن، فشارهای دینامیک و علت و عوامل زیربنایی است. آسیب‌پذیری‌های متنوع مورد نظر در این الگو به صورت زیر تعریف می‌شوند.

تهیه بانک اطلاعات المان‌های تحت خطر

المان‌های تحت خطر از اجزا و مؤلفه‌های ضروری تحلیل و ارزیابی خطرپذیری هستند. وجود بانک اطلاعات دقیق در زمینه المان‌های تحت خطر می‌تواند به برآورد صحیح میزان خسارت‌ها و تلفات ناشی از وقوع بحران‌های طبیعی کمک کند. در هر المان تحت خطر باید شاخص‌های استاندارد که در برنامه جامع خطرپذیری تأثیرگذارند تعریف شود و بر اساس این شاخص‌ها، بانک اطلاعات با ساختار معین و تحت وب ایجاد گردد تا در فضای نرم‌افزاری قابل استفاده باشند.

تحلیل المان‌های تحت خطر

از آنجا که خطرپذیری نتیجه برهم‌کنش عامل خطر و آسیب‌پذیری است، به منظور تحلیل خطرپذیری باید عامل خطر و آسیب‌پذیری تحلیل شوند. برهم‌کنش تحلیل خطر و تحلیل آسیب‌پذیری، تحلیل و ارزیابی خطرپذیری است. بنابراین:

تحلیل خطر (تحلیل خطر زلزله + تحلیل خطر سیل + تحلیل خطر زمین لغزش + تحلیل خطر طوفان + تحلیل خطر مخاطره طبیعی) * تحلیل آسیب‌پذیری (تحلیل آسیب‌پذیری فیزیکی + تحلیل آسیب‌پذیری اجتماعی + تحلیل آسیب‌پذیری اقتصادی + تحلیل آسیب‌پذیری نمادهای فرهنگی + تحلیل آسیب‌پذیری‌های زیست محیطی) * تحلیل در معرض قرارگیری (تحلیل المان‌های تحت خطر) = ارزیابی خطرپذیری

بعد از محاسبه ارزش و میزان خطرپذیری در هر ناحیه، بر اساس سطوح خطرپذیری اولویت‌بندی در نواحی شهری و استانی انجام خواهد گرفت. این اولویت‌بندی‌ها، حاصل تحلیل و ارزیابی خطرپذیری کل بر اساس مؤلفه‌های خطرپذیری است.

۵- نتیجه‌گیری

اغلب شهرهای کشور در نواحی پرخطر قرار دارند و در برابر وقوع بحران‌های طبیعی بسیار آسیب‌پذیر هستند. به منظور مدیریت هدفمند بحران و نیز راهکارهای کاهش خطرپذیری لازم است شهرها از نظر میزان خطرپذیری مورد ارزیابی قرارگیرند. ارزیابی خطرپذیری زمانی می‌تواند به مدیریت مؤثر بحران‌های طبیعی بیانجامد که به صورت جامع مد نظر قرار گیرد و نتایج و خروجی‌های حاصل از آن دقیق و دربردارنده همه مؤلفه‌های مهم خطرپذیری باشد. الگوهای موجود جهانی نشان می‌دهد هر چه ارزیابی خطرپذیری دقیق‌تر صورت گیرد، مدیریت بحران هدفمندتر است و برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تری برای آن انجام یافته است. گاهی اوقات شهرها از نظر خطرپذیری مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته‌اند که متأسفانه به صورت جامع نبوده و همه مؤلفه‌های مهم خطرپذیری را مد نظر قرار نداده است. از این رو پیشنهاد الگویی که بتواند دربردارنده همه مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های مهم و کلیدی خطرپذیری باشد و بتواند ارزیابی جامع و دقیقی از خطرپذیری ارائه نماید، ضروری بود. بر همین اساس این الگوی جامع برای ارزیابی خطرپذیری شهری در برابر بلایای طبیعی پیشنهاد گردید که ضمن اینکه جامع و کامل است، هر مؤلفه آن نیز به تنهایی خروجی‌های معینی دارد و می‌تواند مورد استفاده مدیران و مسؤولان شهری قرار گیرد و به مدیریت بحران و کاهش خطرپذیری و در نتیجه تاب‌آوری شهرها در برابر بلایای طبیعی کمک کند. نتایج و خروجی‌های حاصل از این الگو که تعیین‌کننده نقاط آسیب‌پذیر و خطرپذیر شهری به صورت جامع است،

منظور از آسیب‌پذیری فیزیکی، آسیب‌پذیری ساختمان‌ها (با انواع مختلف کاربری‌ها)، تسهیلات و ساختمان‌های مهم (نیروگاه‌ها، سدها، بیمارستان‌ها، مراکز انتظامی، آتش‌نشانی، مدارس و دانشگاه‌ها، مراکز مدیریتی و ...)، سیستم‌های حمل و نقل و شریان‌های حیاتی است.

منظور از آسیب‌پذیری‌های اجتماعی، مؤلفه‌های آسیب‌پذیری‌های غیرسازه‌ای است که به‌طور مستقیم تحت تأثیر مخاطرات طبیعی قرار می‌گیرند، نظیر جمعیت ساکن، جمعیت شناور روز و شب، جمعیت اداری و نهادهای دولتی و مراکز مهم و نیز خانواده‌های آواره و بی‌خانمان، تعداد افراد نیازمند به سرپناه و ... می‌شود.

منظور از آسیب‌پذیری نمادهای فرهنگی، آسیب‌پذیری المان‌های مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای است که از نظر فرهنگی دارای ارزش است که شامل آثار باستانی غیرسازه‌ای (نقش‌ها، نوشته‌ها و علائم و ... روی سنگ‌ها و ...)، مجسمه‌ها و نمادهای باستانی و ... محوطه‌ها و باغ‌ها و فضاهای باستانی، آثار باستانی و میراث فرهنگی سازه‌ای و ابنیه‌های فرهنگی است.

منظور از آسیب‌پذیری اقتصادی آن دسته از خسارت‌هایی است که در هنگام وقوع زلزله امکان تحقق آنها وجود دارد و شامل برآورد خسارت‌های مستقیم اقتصادی نظیر هزینه‌های جایگزینی و تعمیر ساختمان‌ها، خسارت محتویات داخل ساختمان‌ها، خسارت‌های زیرساخت‌ها، شریان‌های حیاتی، سیستم آب آشامیدنی (چاه‌ها، قنات‌ها، مخازن نگهداری و توزیع آب، تصفیه‌خانه‌ها، کانال‌های آب، نقشه توزیع لوله‌کشی و تسهیلات شهری، پمپ‌های آب)، سیستم فاضلاب (مجرای فاضلاب شهری و صنعتی، تصفیه‌خانه‌ها)، سیستم سوخت‌رسانی (پمپ‌ها و مخازن، پالایشگاه‌ها، پمپ بنزین‌ها، نقشه توزیع خطوط لوله)، سیستم گاز (ایستگاه‌های فشار، توزیع خطوط لوله)، سیستم برق (ایستگاه‌های فشار برق، توزیع خطوط انتقال، دکل‌های فشار قوی، پست‌های برق)، سیستم مخابرات (تسهیلات مخابراتی)، برآورد هزینه جایگزینی مسکن (سازه‌ای و غیرسازه‌ای)، برآورد هزینه تعمیر مسکن (سازه‌ای و غیرسازه‌ای)، برآورد هزینه جایگزینی یا تعمیر زیر ساخت‌ها و شریان‌های حیاتی می‌گردد.

منظور از آسیب‌پذیری زیست محیطی، آن دسته از آسیب‌پذیری‌هایی است که تحت تأثیر مخاطرات طبیعی، ناحیه‌ای از نظر زیست محیطی دچار تغییرات گشته و از این بابت لطماتی به محیط زیست وارد می‌شود. بسته به نوع مؤلفه زیست محیطی که آسیب می‌بیند، این آسیب‌پذیری‌ها متفاوت و متنوع هستند. آسیب‌پذیری‌های ناشی از نشت مواد خطرناک بر اثر وقوع مخاطرات طبیعی، نشت فاضلاب، آوارهای ساختمانی، پسماندهای شهری و ... از آسیب‌های مورد نظر در این بخش است.

برای تحلیل آسیب‌پذیری‌ها باید موارد زیر انجام شود:

- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به هر نوع آسیب‌پذیری
 - ایجاد و تعریف شاخص‌های مهم و کلیدی در هر نوع از آسیب‌پذیری
 - استانداردسازی شاخص‌های مهم و کلیدی
- یکی از مهمترین مؤلفه‌های این الگو المان‌ها یا عناصر تحت خطر است که در الگوهای رایج و تحلیل‌های خطرپذیری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. زیر مؤلفه‌های این مؤلفه مهم در این الگو عبارت‌اند از:

- شناسایی المان‌های تحت خطر
 - المان‌های جمعیتی (انسانی و غیر انسانی)
 - المان‌های سازه‌ای (ساختمان‌ها، سازه‌ها، تسهیلات و امکانات، زیرساخت‌ها و نمادهای فرهنگی)
 - محیط زیست و منابع طبیعی

- [15] M.L. Carreño, O. Cardona, A. Barbat, Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach, *Natural Hazards*, 40 (1), 137-172, 2007.
- [16]All Hazards Risk Assessment Methodology Guidelines 2012-2013, *Public Safety Canada, Public Safety Canada's Emergency Management Planning Guide*, 2012-2013, 2012, available at: <https://www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/ll-hzrds-sssmnt/ll-hzrds-sssmnt-eng.pdf>.
- [17] P. Rottach, *Background and components of disaster risk reduction*, Berlin: ACT Alliance (ACT), Diakonie Katastrophenhilfe, 2010.
- [18] *Disaster Risk Reduction (DRR) Programme of world meteorological organization*, available at: http://www.wmo.int/pages/prog/drr/index_en.htm.
- در برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران و نیز راهکارهای کاهش خطرپذیری بسیار کاربردی می‌باشد و از ویژگی‌های زیر برخوردار است:
- این الگو، همه مخاطرات طبیعی را مد نظر قرار داده است.
 - این الگو علاوه بر مخاطرات اصلی، مخاطرات ثانویه را نیز مورد توجه قرار داده است.
 - این الگو تطابق کاملی با مؤلفه‌های خطرپذیری دارد.
 - این الگو تا حد امکان جامع دیده شده است.
 - این الگو چند بخشی بوده و مراحل آن همپوش است.
 - این الگو همه مؤلفه‌های مدیریت خطرپذیری نظیر مخاطره، آسیب‌پذیری و در معرض قرارگیری را دارا می‌باشد.
 - این الگو همه انواع آسیب‌پذیری‌ها را مد نظر قرار می‌دهد.
 - این الگو همه اجزا و عناصر تحت خطر که بر اثر وقوع بحران تحت تأثیر قرار می‌گیرد، مد نظر قرار می‌دهد.
 - این الگو دارای ساختاری است که برای همه استان‌های کشور و نیز سطوح شهری و آبادی‌ها قابل استفاده است.
 - این الگو، پایش و مرور، مشورت و آموزش را مد نظر قرار داده است.

۶- مراجع

- [1] R. McGill, *Urban management checklist Cities*, Vol. 18(5), pp. 347-354, 2001.
- [2] UN-Habitat, *The State of Asian Cities 2010-2011*, Fukuoka, 2010.
- [3] UN-ESCAP, *Asia Pacific Disaster Report 2012, Reducing Vulnerability and Exposure to Disasters*, Bangkok, 2012.
- [4] S. Kreft, D. Eckstein, *Global Climate Risk Index 2014*, Germanwatch e.V., Bonn, 2013.
- [5] D. Mustafa, *Reinforcing vulnerability, Disaster relief, recovery, and response to the 2001 flood in Rawalpindi, Pakistan*, Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards, Vol. 5 Nos. 3-4, pp. 71-82, 2003.
- [6] S. Ainuddin, D.P. Aldrich, J.K. Routray, S. Ainuddin, A. Achkazai, The need for local involvement: decentralization of disaster management institutions in Baluchistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 6, pp. 50-58, 2013.
- [7] United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), *Global assessment report on disaster risk reduction: revealing risk, redefining development*, Geneva, pp. 178, 2011, www.preventionweb.net/gar.
- [8] United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives*, vol 1, United Nations, New York, 2004.
- [9] J. Twigg, *Good practice review*, Disaster risk reduction, Mitigation and preparedness in development and emergency programming, ODI/HPN, 2004.
- [10] J. Birkmann, *Indicators and criteria for measuring vulnerability: theoretical basis and requirements*, Measuring vulnerability to natural hazards towards disaster resilient societies, Tokyo, United Nations University, 55-77, 2006.
- [11] L. Turner, R.E. Kaspersen, P. Matson, J.J. McCarthy, L. Corell, R.W.L. Christensen, et al., Framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003.
- [12] Consortium MOVE, *Methods for the Improvement of Vulnerability assessment in Europe, Guidelines for development of different methods*, Deliverable D6, MOVE Project, 2010.
- [13] S. Dessai, M. Hulme, *Does climate adaptation policy need probabilities?*, *Climate Policy*, 4(2), 107-128, 2004.
- [14] D.F. Cooper, *The Australian and New Zealand Standard on Risk Management*, AS/NZS 4360:2004, Tutorial Notes: Broadleaf Capital International Pty Ltd. Available: https://www.ucop.edu/enterprise-risk-management/_files/as_stdnds4360_2004.pdf, 2004.