

مدل‌های رایانه‌ای تحلیل ریسک سوانح طبیعی و نقش آنها در تعیین نرخ بیمه‌ای و طراحی مکانیزم انتقال ریسک

محمدرضا ذوالفقاری

استادیار گروه زلزله دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

Application of catastrophe loss modeling in structuring risk pricing and risk transfer challenges

Mohammad R Zolfaghari (PhD)

Assistant Professor, Civil Engineering Dept., KNT University of Technology

۱-۱ مقدمه

روند افزایشی خسارات ناشی از سوانح طبیعی در سالهای اخیر بطور مستقیم متأثر از فعالیتهای بشر و پراکندگی سرمایه‌های آسیب پذیر در مجاورت منابع خطرهای طبیعی می‌باشد. این سوانح علاوه بر اینکه سبب تلفات جانی و سایر معظلات اجتماعی دیگر میشوند، بخش قابل توجهی از جمعیت جهان را مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه از نظر اقتصادی تهدید می‌کنند. عواقب انسانی بسیار وسیع و ناگوار سوانحی همچون سونامی سوماترا و زلزله بم توانسته‌اند تا حدودی لزوم وجود ابزار و تمهیدات لازم برای نجات جان انسانها را برجسته نمایند. با این همه بدلیل فقدان سیستمهای مبتنی بر مدیریت ریسک در لایه‌های مدیریتی و سیاستگذاری کشورها، اهمیت بار مالی ناشی از سوانح طبیعی و سیستمهای باز پرداخت خسارات احتمالی نادیده گرفته می‌شوند.

قرارگرفتن کشور ایران و بالاخص نواحی شهری و صنعتی آن در مناطق متأثر از سوانح طبیعی همچون زلزله، سیل و طوفان، همواره سرمایه‌های کشور را در معرض این خطرات قرارداده است. زلزله بعنوان یکی از مخرب ترین سوانح طبیعی در ایران هر چند سال یکبار سبب خسارات مالی و جانی فراوانی می‌شود. چنین حجم خسارات و تلفات جانی در ایران و سایر کشورهای در حال توسعه علاوه بر پراکندگی جغرافیایی منابع خطر و نزدیکی آنها به مراکز جمعیت، ناشی از آسیب‌پذیری بالای ابنیه و ساخته‌های دست بشر می‌باشد. اگر چه سیلابهای رودخانه‌ای و بعضاً ساحلی نیز ببارآورنده تلفات جانی و خسارتهای اقتصادی می‌باشند، بدلیل نوع و حجم خسارت، این نوع سوانح در کشور از درجه پایینتری نسبت به زلزله برخوردار هستند.

وقوع زلزله‌ای بزرگ در کنارشهرهای بزرگ و مناطق صنعتی همچون تهران، با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور می‌تواند عواقب بسیار ناگواری را به همراه داشته باشد. از جمله عواقب اقتصادی چنین حوائی می‌توان به ناتوانی دولت در بازسازی و پرداخت خسارات ناشی از این حوادث برای اقشار مختلف مردم و صنایع بزرگ و زیربنایی اشاره کرد. در این نوشته سعی شده است که با نگرشی بر مجموعه تجربیات بشر در مدیریت ریسک سوانح طبیعی، جایگاه مدل‌های تخمین خسارت در مدیریت ریسک و بازپرداخت خسارات این سوانح در کشور مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۱ سوانح طبیعی

بلایای طبیعی همواره بدلیل ناگهانی و غیرمترقبه بودن و از طرفی وسعت تأثیر آنها سبب تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی در اغلب کشورها، مخصوصاً کشورهای در حال توسعه می‌شوند. این حوادث علاوه بر تلفات جانی و معضلات اجتماعی ببار آورده در روزها و هفته‌ها پس از واقعه، بجا گذارنده خسارتهای مالی و ناهنجاریهای اقتصادی عدیده‌ای هستند که معمولاً بازماندگان این چنین سوانح در ماهها و سالها بعد از واقعه با آن گریبانگیر هستند. بروز چنین سوانحی معمولاً به‌همراه پوشش خبری همزمان باعث متأثر شدن همه اقشار مردم از دولتمردان تا مردم عادی می‌شوند. بهمین دلیل با افزایش مقطعی آگاهی و عکس‌العمل مردم نسبت به سوانح طبیعی، انگیزه‌های مقدماتی جهت کمک به آسیب دیدگان و توجه به ابزار کاهش آسیب پذیری فراهم می‌شود. متأسفانه جرقه چنین توجهات زودگذر با گذشت زمان و سپری شدن احساسات عاطفی فروکش کرده و نهایتاً به فراموشی سپرده می‌شود.

سوانح طبیعی با ایجاد دامنه وسیعی از خطرات اولیه و ثانویه سبب خسارت به ارزشهای آسیب‌پذیر می‌گردد. تحقیقات و پیشرفتهای صورت گرفته در رابطه با طراحی و اجرای ساختمانهای مقاوم و ضرورت بکارگیری آنها در پروژه‌های مهم و جدید توانسته است تا حدودی احتمال خسارتهای آینده را برای اینگونه ساختمانها کاهش دهد. همچنین بکارگیری روشهای مقاوم سازی بخصوص برای ساختمانها و تاسیسات حیاتی نیزمی‌تواند کارایی و عملکرد نسبی سازه‌های موجود را در برابر سوانح احتمالی بهبود بخشد. با این همه اکثر ساختمانهای مسکونی، تجاری و صنعتی موجود متأسفانه از آسیب پذیری قابل توجه‌ای برخوردار هستند. نظر به کثرت چنین ساختمانهایی و از طرفی هزینه‌های لازم برای مقاوم‌سازی اینگونه ساختمانها، مدیریت ریسک در این مرحله و صرفاً از طریق مقاوم‌سازی و کاهش آسیب پذیری (Vulnerability Reduction) راه‌حل فراگیری نمی‌تواند باشد و بالاجبار بخش زیادی از ابنیه موجود کماکان از احتمال آسیب پذیری بالایی برخوردار خواهند بود. این امر تنها خاص ساختمانهای مسکونی معمولی نبوده و متأسفانه ساختمانهای تجاری، صنعتی و دولتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. گواه ناگوار چنین ادعایی متأسفانه در مقیاس وسیع بار دیگر طی زلزله بم مشاهده شد. در این زلزله تقریباً اکثر مراکز تجاری، ساختمانهای دولتی و مراکز اقتصادی از جمله بانکها دچار خسارت سنگین شده بودند (Zolfaghari, 2004).

اصلی‌ترین و محسوس‌ترین تأثیرات مالی سوانح طبیعی بصورت خسارات مستقیم به ابنیه وساخته‌های دست بشر، صاحبان و ساکنین چنین ساختمانهایی را دچار خسارات مالی می‌کند. از طرفی آسیبهای وارد شده به مجموعه ساختمانها و همچنین ناهنجاریهای اقتصادی و اجتماعی ناشی از سوانح خود بطور غیر مستقیم سبب زیانهای اقتصادی دیگری گشته که از آن جمله می‌توان به اختلال در فعالیت اقتصادی و مشاغل، رکود در فعالیت اجتماعی مردم و کاهش تولید که همگی منجر به از دست رفتن سود و خسارتهای ثانوی میشود اشاره نمود. در یک مقیاس بزرگتر و در سطح ملی چنین خساراتی به نوبه خود مسبب آسیب‌های کلان اقتصادی خواهند شد. چنین تأثیراتی در پی آسیبهای وارده به تاسیسات زیرساختی، شریانهای حیاتی، تاسیسات و صنایع بنیادی و از دست رفتن نیروی انسانی مورد نیاز به وقوع می‌پیوندد. عوامل کلان اقتصادی

همچون ضریب رشد اقتصادی، تولید ناخالص ملی، درصد بیکاری، تورم، بهره پول و درآمدهای دولت می‌توانند همگی متاثر از سوانح طبیعی باشند.

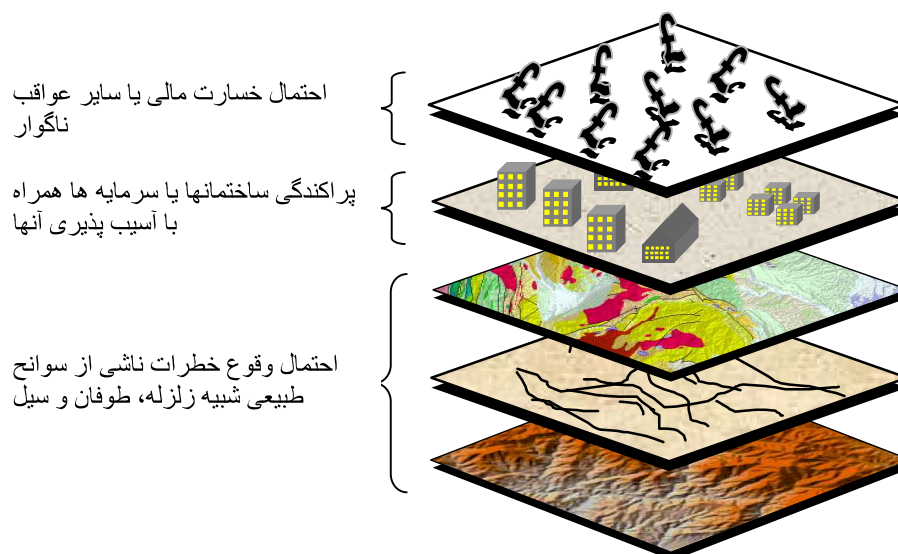
بنابراین باتوجه به حجم و احتمال وقوع خسارات سوانح طبیعی و از طرفی محدود بودن درآمدهای دولتها، امکان جبران چنین خسارتهایی از توان دولتها خارج بوده و نیاز به جایگزین مناسب مخصوصا در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. بدیهی است بازپرداخت خسارات توسط دولت به منزله برداشت از خزانه، برداشت از منابع اختصاص یافته به پروژه‌های ملی دیگر و یا درخواست کمک مالی از منابع بین المللی می‌باشد. در سالهای اخیر کمکهای مالی برای بازسازی خسارات ناشی از سوانح جز یکی از اصلی‌ترین مولفه‌های وامهای ارائه شده توسط بانک جهانی و سایر بانکهای توسعه بین المللی بوده است. اگرچه در دسترس بودن چنین وامهایی و منابع مالی دیگر یکی از عاملهای موثر در برنامه ریزی مدیریت ریسک سوانح می‌باشد، وابستگی بیش از حد بر این سیستمها و صرفا برای جبران خسارات کمتر انگیزه‌ای برای کاهش آسیب پذیری در این کشورها ایجاد می‌نماید. از طرفی به دلیل توسعه بیشتر کشورهای در حال توسعه و قرار گرفتن سرمایه های آسیب پذیر بیشتری در معرض خطرهای طبیعی و از طرفی محدودیتهایی که سازمانهای اهدا کننده وام با آنها روبرو هستند، چنین مکانیزمی نمی‌تواند در آینده تداوم داشته باشد. این امر اهمیت مدیریت ریسک سوانح طبیعی و نیاز به استفاده از گزینه‌های دیگری برای انتقال ریسک را هم در بعد منطقه ای و هم در بعد جهانی بیش از پیش روشن می‌سازد.

۳-۱ مدیریت ریسک سوانح طبیعی

سوانح طبیعی بسته به شرایط وقوع، شعاع تأثیر و شرایط آسیب پذیری محیط می‌توانند بجاگذارنده تلفات جانی، خسارات به ابنیه، اختلال در فعالیت اقتصادی و اجتماعی و سایر عواقب کوتاه و دراز مدت باشند. چنین وابستگی سوانح و تأثیرات سو آنها را در گفتمان مدیریت ریسک بصورت رابطه کلی زیر نشان می‌دهند:

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} \times \text{Value (Exposure or Consequences)}$$

این رابطه در اصل با ایجاد احتمال شرطی بین عوامل خطر، آسیب‌پذیری و ارزش سرمایه ها، احتمال وقوع خسارت در سرمایه که همان ریسک است را بدست می‌دهد. کلمه لاتین Hazard در واژمان فارسی بطور صحیح برابر کلمه خطر تعریف شده است ولی متاسفانه برای کلمه Risk تعریف و کلمه فارسی واحدی ارائه نشده است و بعضا بطور اشتباه به جای خطر استفاده می‌شود. کلمه خطرپذیری نیز بعضا برای واژه ریسک استفاده شده است که بدلیل جامع نبودن این واژه، نگارنده از استفاده این جایگزین در این متن خوداری نموده است. طبق تعریف ارائه شده در این رابطه، واژه هایی همچون احتمال خسارت یا سرمایه آسیب پذیر تناسب بهتری با مفهوم کلمه ریسک دارند. بهر حال نگارنده ترجیح داده که در این متن از کلمه ریسک یا احتمال خسارت استفاده کند. ریسک بصورت مستقیم متأثر از شدت و احتمال وقوع سانحه طبیعی، احتمال آسیب پذیری سرمایه ها (Vulnerability) و ارزش یا اهمیت سرمایه‌های تحت تأثیر می‌باشد. این تعریف همچنین می‌تواند توسط شکل (۱) به صورت لایه‌های جغرافیایی نشان داده شود.



شکل (۱): نمای جغرافیای عوامل تأثیرگذار بر ریسک سوانح طبیعی

با این تعریف مدیریت ریسک به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که سعی در کاهش ریسک (احتمال خسارت)، از طریق مدیریت صحیح هر یک از عوامل آن یعنی کاهش خطر، کاهش احتمال آسیب پذیری، و مدیریت در پراکندگی سرمایه ها دارد. در رابطه با خطر سوانح طبیعی به لحاظ نا معین بودن زمان و مکان وقوع آنها و از طرفی حجم انرژی های آزاد شده توسط طبیعت، بشر ناتوان از هر گونه کاهش یا دخالت در بزرگی و یا احتمال وقوع آن بوده و بدین لحاظ مدیریت خطر سوانح طبیعی معنی عملی نخواهد داشت. بنابر این ابزار در دسترس برای کاهش و مدیریت عملی ریسک سوانح طبیعی خلاصه می شوند در:

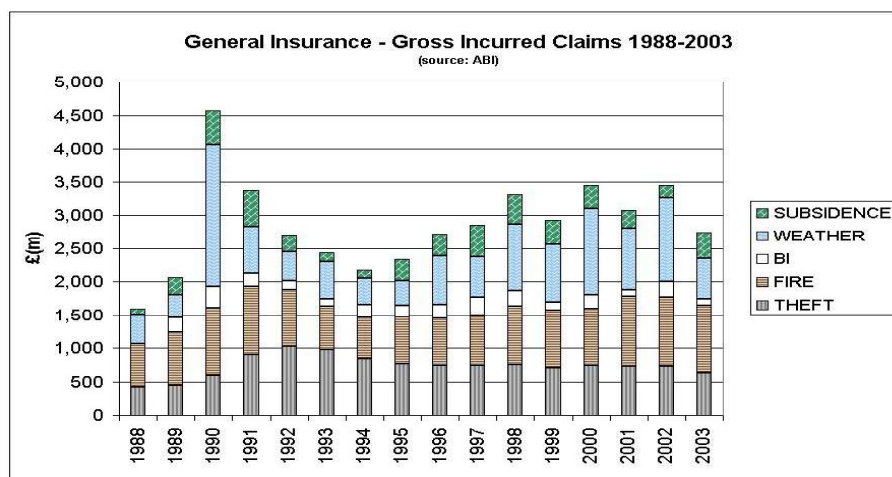
۱. شناسایی سرمایه‌های آسیب‌پذیر (Risk Assessment)
۲. کاهش آسیب پذیری (Vulnerability Reduction)
۳. حذف سرمایه‌های آسیب‌پذیر (Risk Elimination)
۴. پخش پذیری و هدایت سرمایه ها متناسب با خطر (Geographic Diversity)
۵. تأمین منابع مالی جهت بازپرداخت خساراتهای احتمالی (Risk Retention)
۶. انتقال بخشی از ریسکهای غیر قابل تحمل به عوامل دیگر (Risk Transfer)

۴-۱ بیمه بعنوان مکانیزم انتقال ریسک در خدمت مدیریت ریسک سوانح

تقریباً در تمام کشورها چه توسعه یافته و چه در حال توسعه، مسئولیت مدیریت بحران (Disaster Management) و کمک رسانی به آسیب دیدگان برعهده دولتها بوده و خدمات امداد و نجات و اسکان موقت توسط دولت و بکمک نهادهای امدادی مردمی، ملی یا بین المللی انجام می‌شود. نقش دولتها و نهادهای ملی در کشورهای توسعه یافته در رابطه با سوانح طبیعی معمولاً در همین سطح خاتمه یافته و بجز مدیریتهای کلان، بازسازی خرابیها و تأمین منابع مالی آنها خارج از تعهدات دولتها بوده و صاحبان سرمایه خود مسئول پیش‌بینی و تدارک منابع لازم برای تأمین هزینه های بازسازی هستند. از طرفی در کشورهای در

حال توسعه بدلیل عدم وجود سیستمهای کارآمد مدیریت ریسک، تأمین منابع مالی و بازسازی بر عهده دولتها بوده که علاوه بر ایجاد فشار اقتصادی غیر منتظره بر ساختار اقتصادی دولت، بخش قابل توجه ای از خسارات غیر قابل جبران بوده که خود سبب معطلات اجتماعی دیگر می‌شود.

مدیریت ریسک (Risk Management) فعال و مسئولانه سوانح طبیعی در سطح ملی در سالهای اخیر جز یکی از مسئولیتهای عمده دولتها در سراسر دنیا می‌باشد. در بیشتر کشورهای توسعه یافته، برای دولتها این امکان فراهم آمده است که منابع وسیعی را مخصوصاً از منابع مالیاتی گرد هم آورند تا با عواقب ناگوار سوانح طبیعی مقابله نمایند. با این همه در چنین کشورهایی نیز مقابله با خسارات ناشی از سوانح طبیعی به بخشهای خصوصی یا نیمه خصوصی و از طریق مکانیزم بیمه واگذارگشته است. از طرفی در کشورهای در حال توسعه نه دولتها قادر به تجهیز و فراهم ساختن منابع مالی لازم بوده و نه فرهنگ و مکانیزم فراگیری برای فعالیت و مسئولیت پذیری شرکت‌های بیمه برای باز پرداخت چنین خساراتی وجود دارد. در نبود چنین منابع محلی، بیشتر کشورهای آسیب پذیر در مواقع سوانح بزرگ مجبور به قبول تغییرات اساسی در برنامه توسعه کشور جهت ایجاد منابع مالی لازم برای بازسازی ویا درخواست کمک از منابع مالی بین المللی و کشورهای خارجی خواهند شد. بدیهی‌است که قرض از منابع مالی نقدی کشور خود آسیب‌های دراز مدت به رشد اقتصادی کشور وارد خواهد ساخت و بدین لحاظ اقدام به جایگزینی گزینه های دیگر الزامی می‌باشد.



شکل (۲) سهم خسارات پرداختی بیمه در شاخه‌های مختلف در انگلستان بین ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۳ – Source Association of British Insurers

در بیشتر کشورهای توسعه یافته بیمه یکی از ابزار اصلی و کار آمد در مدیریت ریسک می‌باشد. بیمه امکان اینکه خسارتهای بزرگ محتمل را با پرداخت حق بیمه‌های قابل قبول جبران ساخت فراهم می‌سازد. در کشورهای توسعه یافته یکی از مولفه‌های و در عین حال نگرانی‌های اصلی صنعت بیمه خسارات ناشی از سوانح طبیعی می‌باشد. برای مثال نزدیک به ۴۰٪ خسارات پرداختی بیمه در سالهای بین ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۳ در کشور انگلستان را سوانح طبیعی تشکیل می‌داده اند (شکل ۲).

بطور کلی شرکت‌های بیمه تمایل به بیمه کردن ریسک‌ها با پراکندگی جغرافیایی گسترده و بالطبع غیر وابسته را داشته و از قبول حجم زیاد ریسک‌های وابسته پرهیز می‌کنند. خسارات سوانح طبیعی معمولاً دارای وابستگی جغرافیایی (Spatially Correlated) بوده و عدم در نظر گرفتن پراکندگی جغرافیایی مناسب (Geographic Diversity) برای ریسک‌های تحت پوشش می‌تواند عاملی در ناپایداری اقتصادی شرکت‌های بیمه باشد. چنانچه شرکت بیمه‌ای بخش زیادی از ساختمان‌های یک منطقه را بیمه نموده باشد، وقوع حادثه طبیعی شبیه زلزله یا سیل در آن محل سبب خسارات زیادی به شرکت مذکور می‌شود. بعنوان مثال دو شرکت بیمه آمریکایی State Farm و Allstate Insurance مجموعاً بیش از ۵/۵ میلیارد دلار خسارت ناشی از گردباد اندرو (Hurricane Andrew) در سال ۱۹۹۲ را متحمل شدند. خسارات غیر پیش بینی شده این گردباد نهایت منجر به ورشکستگی ۹ شرکت بزرگ بیمه در آمریکا شد.

۱-۵ بیمه سوانح طبیعی و کشورهای در حال توسعه

در اغلب کشورهای در حال توسعه صنعت بیمه یا از توسعه کافی برخوردار نبوده و یا بطور موثر در ارائه پوشش سوانح طبیعی وارد نشده‌اند. در بیشتر مواقع نیز پوشش‌های ارائه شده فقط منحصر به مراکز تجاری و صنعتی بزرگ می‌باشد. در بخش مسکن چنین پوشش‌هایی دارای نفوذ بسیار کم و در صورت وجود بیشتر منحصر به بخشی از اقشار پردرآمد می‌باشد. چنین مشکلاتی خاص کشور ایران نبوده و صنعت بیمه در اغلب کشورهای در حال توسعه با چنین محدودیتهایی در رابطه با پوشش سوانح طبیعی مواجه می‌باشند. در چنین شرایطی و به دلیل محدود بودن منابع مالی، شرایط اقتصادی سیاسی کشورها و نفوذ کم بیمه، دولت‌ها ناچار به قبول به بازپرداخت خسارات سوانح طبیعی می‌شوند. در اغلب کشورهای در حال توسعه کمک‌های دولت به آسیب دیدگان بصورت غیرپیش بینی شده و در حد موضعی و بنا به شدت و وسعت خسارات متفاوت می‌باشد. ورود سازمان یافته دولت‌ها به چنین صحنه‌ای یا بصورت ارائه نوعی پوشش اتکائی برای شرکت‌های بیمه و تشویق آنها به پوشش سوانح بوده و یا تاسیس یک سیستم جدید برای ارائه پوشش مستقیم بوده است. سیستم موجود در فرانسه (Nat Cat) به نوعی از گروه اول و سیستم تاسیس شده در ترکیه (TCIP) بیشتر به گروه دوم متعلق می‌باشد.

۱-۶ مدل‌های تخمین خسارت و صنعت بیمه

اولین قدم در مدیریت هوشمندانه ریسک سوانح، برآورد خسارات و احتمال وقوع آنها می‌باشد. نتایج چنین تحلیلی ضمن ارائه تخمین‌هایی از خسارات احتمالی، امکان تمرکز بیشتر و هوشمندانه تر بر ابزار مدیریت ریسک را فراهم می‌سازد. از این چنین تحلیلهایی نه تنها برای تعیین نرخ‌های بیمه‌ای (Pricing) و شرایط بیمه نامه ای مطلوب، (Policy Conditions) بلکه برای تعیین ظرفیتهای پوششی و مقدار پوشش اتکائی در صنعت بیمه استفاده می‌شود. هر کدام از سهامداران ریسک از صاحبان سرمایه تا شرکت‌های بیمه، بیمه اتکائی، بازار سرمایه، ارگانهای نظارتی و دولت‌ها به نوعی از ابزار تحلیل ریسک در تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک خود استفاده می‌کنند. مدل‌های تحلیل ریسک اصلی‌ترین منبع اطلاعات برای صنعت بیمه و بیمه اتکائی بوده و آنها از چنین مدل‌هایی برای مدیریت ریسک خود و به حداکثر رساندن سود در عین تأمین امنیت حرفه‌ای (عدم ورشکستگی) خود استفاده می‌کنند. بدین دلیل استفاده از مدل‌های رایانه‌ای برای

تعیین بزرگی و احتمال خسارات سوانح برای صنعت بیمه الزامی بوده و کاربرد این ابزار در صنعت بیمه و بیمه اتکائی سوانح طبیعی امروزه کاملاً فراگیر و غیر قابل اجتناب شده است.

برای بررسی بیمه پذیری یک ریسک ابتدا لازم است بیمه‌گر بتواند تخمینی از خسارتهای احتمالی ریسک بیمه شده داشته باشد. در مرحله دوم باید بتواند برای خسارتهای تخمین زده شده و در صد احتمال آن قیمت بیمه‌نامه‌ای را مشخص کند. چنانچه بیمه‌گر بتواند این دو مرحله را پشت سر گذارد ریسک مربوطه بیمه پذیر بوده و در غیر این صورت از بیمه آن خودداری و یا با قبول عدم قطعیت‌های زیاد، به ازای حق بیمه قابل توجهی اقدام به ارائه پوشش بیمه‌ای با شرایط محدود خواهد کرد. طبیعی است که در حق بیمه مذکور علاوه بر سود شرکت بیمه، مخارج دیگری از جمله بازاریابی، مخارج جاری اداری، مخارج ناشی از پردازش و پرداخت خسارتهای، مالیات‌ها، هزینه‌های بیمه‌های اتکایی و از این قبیل نیز باید در نظر گرفته شوند.

برای ارضاء شرایط اول طبیعی است تخمینی از تناوب و بزرگی وقایع و خسارتهای ناشی از آنها نیاز می‌باشد. چنین تخمین‌هایی ممکن است از طریق مراجعه به اطلاعات مربوط به وقایع گذشته و یا از طریق مدل‌های خسارت بدست آید. با یک نگاه کوچک به خسارات ناشی از بلایای طبیعی در چند دهه اخیر می‌توان ملاحظه کرد که اگر چه میانگین سالانه این خسارات در حد پایینی می‌باشند ولی حداکثر این خسارات مقادیر بسیار بزرگی هستند. بعبارت دیگر بر خلاف سایر ریسک‌های بیمه‌ای شبیه اتومبیل که فاصله بین متوسطه سالانه و حداکثر خسارات خیلی زیاد نمی‌باشد، برای سوانح طبیعی این فاصله بسیار زیاد می‌باشد. بعبارت دیگر تعیین حق بیمه شاخه‌های دیگر بیمه همچون بیمه اتومبیل و عمر را می‌توان با مراجعه به تاریخچه و بانک اطلاعاتی مربوط به مشتریان قبلی با دقت مناسب بدست آورد. حجم اطلاعات موجود و عدم وابستگی بین این اطلاعات، امکان استفاده از روشهای آماری مرسوم برای تعیین نرخ ریسک را فراهم می‌سازند. در رابطه با سوانح طبیعی، بدلیل غیر متناوب بودن حوادث، در دسترس نبودن آمار خسارات گذشته و متغیر بودن آمار سرمایه‌های در معرض خطر، استفاده از روشهای آماری رانقریباً غیر ممکن می‌سازد. در اینجا است که اهمیت استفاده از مدل‌های خسارت که در آنها خسارات احتمالی سوانح با استفاده از علوم زمین و دانش مهندسی ساختمان، پیش‌بینی می‌شود، بیش از پیش مشخص می‌شود.

۷-۱ تاریخچه مدل‌های تخمین خسارت سوانح طبیعی

مدل‌های تخمین خسارت بلایای طبیعی ریشه در یک تخصص یا رشته خاص ندارند. این ابزار محصول مطالعات و تجربیات چندشاخه‌ای (Multi Disiplinary) بوده و فن‌آوری کامپیوتر نقش بسزائی در پیشرفت آن در دو دهه اخیر داشته است. دانش مرتبط با ایجاد و استفاده از چنین مدل‌هایی سر چشمه گرفته از تجارب بشر در رابطه با صنعت بیمه، دانش و علوم مربوط به سوانح طبیعی و رفتار ساختمانها در برابر سوانح طبیعی می‌باشد. از نظر یک بیمه‌گر، کار مدیریت ریسک از طریق مدل‌سازی شاید مفهوم جدیدی نباشد بنحوی که با گسترش صنعت بیمه ساختمانها در قرن نوزدهم، شرکتهای بیمه ریسک خود را از طریق مشاهدات خود بر روی نقشه‌های دیواری بزرگ مدیریت می‌کردند. از طرفی دیگر از نظر یک لرنه‌شناس یا هواشناس، مدل‌سازی از آنجایی شروع شده است که آنها توانسته‌اند به کمک پیشرفت علوم و

گسترش در تکنولوژی کامپیوتر، اثرات و عواقب سوانح طبیعی را مدل کنند. بدیهی است شناخت بهتر از چگونگی عوامل بوجودآورنده سوانح طبیعی از جمله زلزله و طوفان از مقدمات هر گونه مدل سازی و مطالعه کلاسیک خسارت ناشی از بلایای طبیعی می باشد. دسترسی به چنین جزئیاتی راجع به سوانح طبیعی (شبیه مرکز و بزرگی زلزله) اولین بار در اواخر قرن نوزدهم میلادی شروع شد. با شروع قرن بیستم و پیشرفت بشر در شناخت بهتر و اندازه گیری مستمر این نوع وقایع و اثرات آنها، امکان مطالعه بهتر آنها میسر گردید. در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوائل دهه ۱۹۹۰ برای اولین بار مدل های کامپیوتری تحلیل ریسک سوانح طبیعی که در آنها نتایج تحقیقات علمی و اطلاعات مربوط به تعداد و عملکرد ساختمانها مدل شده بودند توسعه و بکار گرفته شدند. این مدلها قادر بودند که با ترکیب خطر احتمالی ناشی از سوانح طبیعی و توزیع و پراکندگی ساختمانها و ابنیه، خسارت احتمالی آنها را مدل و تحلیل نمایند. در همین سالها چند شرکت بزرگ مدل سازی تاسیس و با ارائه مدل های کامپیوتری تحلیل ریسک، در ابتدا شرکتهای بیمه اتکایی و بعدها شرکتهای بیمه رادر مدیریت ریسک یاری رساندند. شرکت (Applied Insurance Research (AIR در سال ۱۹۸۷، شرکت (Risk Managment Solution (RMS در سال ۱۹۸۸ و شرکت EQECAT در سال ۱۹۹۴ سه شرکت اصلی هستند که هم اکنون نیز سهم عمده مدل سازی سوانح طبیعی را بعهده دارند.

استفاده و کاربرد این مدلها در ابتدای امر خیلی گسترده نبوده و تنها چند شرکت بیمه اتکایی از چنین خدماتی استفاده می کردند. وقوع چند حادثه سهمگین از جمله Hurricane Hugo در سال ۱۹۸۹ و زلزله Loma Prieta در همان سال هشدار لازم جهت تخمین بهتر ریسک را به شرکتهای بیمه وارد ساخت. با وقوع Hurricane Andrew در سال ۱۹۹۲ و تخمین بلافاصله خسارات ۱۵ میلیارد دلاری این واقعه توسط شرکت AIR که با استفاده از مدل سازی همزمان (Real Time Loss Modelling) انجام شده بود، نقش استفاده از این مدلها بیشتر مورد توجه قرار گرفت. خسارات غیر پیش بینی شده این واقعه ۹ شرکت بیمه را به ورشکستگی کشاند. در اینجا بود که شرکتهای بیمه دریافتند که برای پایداری و تداوم حرفه خود نیاز به تخمین و مدیریت بهتر ریسک ناشی از سوانح طبیعی دارند. همین امر نقش توسعه و استفاده از مدل های کامپیوتری را بیش از پیش مورد توجه شرکتهای بیمه قرارداد. شرکتهای بیمه زیادی روی به استفاده از این مدلها آورده و به همین دلیل شرکتهای مدل سازی توسعه فراوانی یافتند. سه شرکت یاد شده یعنی AIR، RMS و EQECAT هم اکنون نیز اصلی ترین تهیه کنندگان این مدلها می باشند. بنا به درآمد متوسط سالانه این سه شرکت، صنعت بیمه سالانه بیش از ۳۰۰ میلیون دلار بابت توسعه و استفاده از مدل های تخمین خسارت هزینه می نماید که معادل حدود ۱٪ متوسط سالانه خسارات پرداخت شده توسط صنعت بیمه در رابطه با سوانح طبیعی می باشد.

۱-۱ موارد استفاده از مدل های تخمین خسارت

برآورد خسارات ناشی از سوانح طبیعی استفاده های زیادی در مدیریتهای ریسک و بحران سوانح دارد. هدف از چنین مطالعات و سیستمهایی، گردهم آوردن تخصصها و دانش شاخه های مختلف علوم، مهندسی و تکنولوژی به منظور ایجاد یک سیستم واحد برای کمک به مدیران و سیاستگذاران در بحث کاهش و مدیریت

ریسک سوانح می‌باشد. استفاده از ابزار تخمین خسارات و تلفات می‌تواند در قبل از سانحه با نگاه مدیریت ریسک و انجام عملیات و فعالیتهای پیشگیرانه، سبب کاهش ریسک سانحه گردیده، موجب کاهش خسارات، تلفات و تبعات آن شود. علاوه بر آن چنین ابزاری می‌تواند بطور مستقیم به کمک مدیران و متولیان امداد در امر کمک رسانی و مدیریت بحران آمده و بعنوان یک سیستم حمایتی آنها را در اتخاذ مناسبترین و سریعترین تصمیم جهت بهبود هرچه سریعتر اوضاع بحرانی پس از سانحه به شرایط عادی کمک نماید.

با این حال بیشترین موارد توسعه و استفاده از چنین ابزاری در مدیریت ریسک سوانح و بالاخص کاربرد آنها در صنعت بیمه بوده و معمولاً شرکتهای بیمه و بیمه اتکایی اصلی‌ترین استفاده کنندگان از این مدلها می‌باشند. شرکتهای کارپرداز بیمه‌ای (Insurance Brokers) نیز بنابر سیستم حاکم بر معاملات بین شرکتهای بیمه و بیمه اتکایی نه تنها از دیگر استفاده کنندگان اصلی این مدلها می‌باشند، بلکه خود در گسترش و تعمیم این چنین مدلها نقش بسزایی دارند. از دیگر استفاده کنندگان این مدلهای شرکتهای سرمایه گذاری و بازار سرمایه می‌باشد. چنین مؤسساتی ریسک متحمل و همچنین ارزش اوراق بهادار سوانح طبیعی (Catastrophe Bond یا Cat Bond) را از این طریق محاسبه می‌کنند.

۹-۱ خروجی های مدل های تخمین خسارت

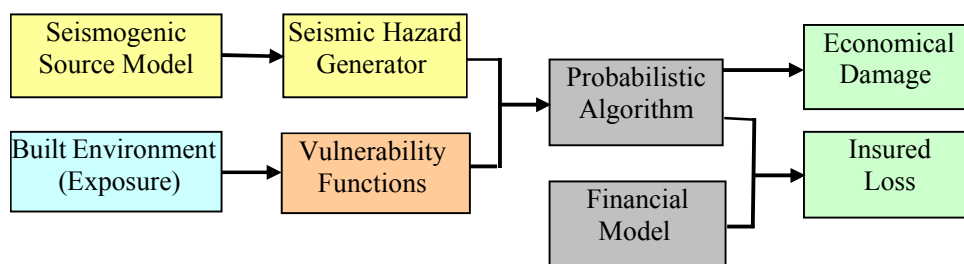
نتایج حاصل از مدلهای ریسک می‌توانند به روشهای مختلف ارائه شوند. نقشه‌های پهنه‌بندی ریسک گسترش و پراکندگی جغرافیایی (Spatial ionDistribut) خسارات را نشان می‌دهد. منحنی‌های خسارت (Loss Curves) از طرفی بیان کننده پراکندگی خسارات از نظر بزرگی و زمان بازگشت (Frequency and Sevirity Distribution) می‌باشند. نتایج حاصل از مدلهای تخمین خسارت در مجموع از درجه اهمیت قابل توجهی برای مصارف بیمه‌ای برخوردار می‌باشند. موارد استفاده از چنین نتایجی را در حرفه بیمه و بیمه اتکائی میتوان بشرح زیر نام برد:

۱. استفاده از منحنی های خسارت در تعیین و تصمیم گیری نسبت به نواحی تحت پوشش بیمه‌ای و مدیریت ریسک از طریق پراکندگی مناسب ریسکهای تحت پوشش (Geographic tyDiversi)
۲. تعیین نرخ حق بیمه مناسب (Risk Pricing) با توجه به نوع و شرایط ساختمانهای تحت پوشش (Building Vulnerability) و سطح خطر سوانح (Natural Hazard Level)
۳. تصمیم گیری در رابطه با مجموع ریسکهای تحت پوشش و ارتباط آنها با مجموع ظرفیت نهایی شرکت بیمه (Risk Accumulation vs. apacityC)
۴. تصمیم گیری در رابطه مقدار ریسک نگه داشته شده توسط شرکت بیمه (Retained Risks)
۵. تصمیم گیری در رابطه مقدار ریسک انتقال داده شده به شرکتهای بیمه اتکائی (Transferred Risk)

۱۰-۱ اجزای اصلی مدل های تخمین خسارت

هرمدل ریسک متشکل از چهارعامل اصلی زیر می‌باشد که در شکل (۳) نیز نشان داده شده‌اند (Zolfaghari, 2008):

۱. مدل خطر (Hazard Model)
۲. مدل محیط مصنوع (Exposure Module or Built Environment Inventory)
۳. مدل آسیب پذیری (Vulnerability Model)
۴. مدل اقتصادی بیمه و تعیین خسارت (Loss Calculation Model)



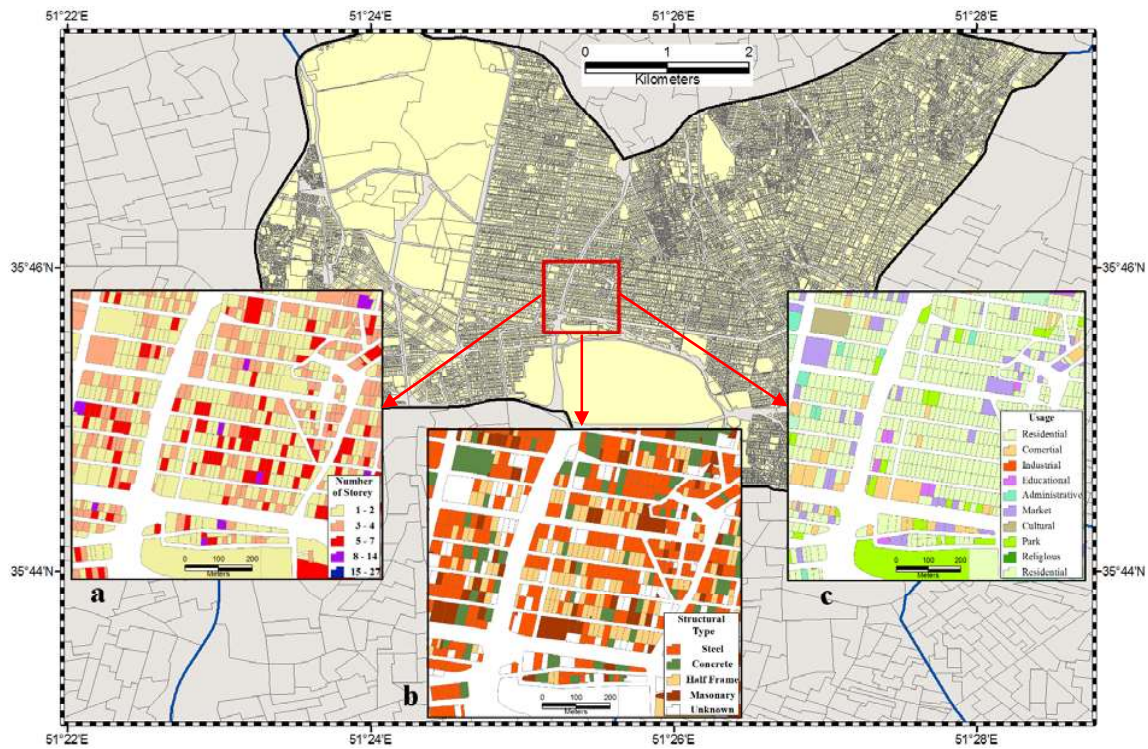
شکل (۳): اجزای اصلی مدل‌های تخمین خسارت سوانح برای صنایع بیمه

۱-۱۰-۱ مدل خطر (Hazard Model)

نقش مدل خطر عبارت از تعیین بزرگی و تناوب (Severity and Frequency) خطر ایجاد شده توسط سوانح طبیعی در نقاط مختلف می‌باشد. بعنوان مثال مدل خطر زلزله بیانگر حرکات شدید زمین (شتاب، شدت) در مناطق مختلف و برای زمان بازگشتهای مختلف می‌باشد. این مدل در برگیرنده مطالعات زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی منطقه بمنظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای بوده و شامل مجموعه گسترده‌ای از مطالعات علوم زمین و مهندسی می‌شود. نتایج حاصل از این مدل در قالب نقشه‌ها و منحنیهای احتمالی خطر زلزله بطور مستقیم در مدل تخمین خسارت مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱-۱۰-۲ مدل محیط مصنوع

مدل محیط مصنوع (Built Environment) طبیعتاً باید قادر باشد پراکندگی ساختمانها را از نظر جغرافیایی با دقت قابل قبول ارائه نماید. در بعضی مناطق جمع آوری و دسته بندی اطلاعات آماری ساختمانها در جزئیات ریز ممکن نبوده و بدین جهت این اطلاعات بصورت تجمعی (Aggregated) قابل دسترسی می‌باشند. مدل BE باید بتواند با کدگذاری مناسب (Geocoding) به این اطلاعات پراکندگی لازم را ارائه نماید. پراکندگی جغرافیایی ساختمانها بر مبنای سن، نوع سازه، روش ساخت و ساز، مواد بکار گرفته شده، نوع استفاده و کاربری، مالکیت، سطح زیر بنا و سایر مشخصات معماری و مهندسی همگی از مشخصه های آسیب پذیری ساختمانها می‌باشند. بکمک بانک اطلاعاتی ساختمانهای موجود در شهر تهران و به‌مراه روابط آسیب‌پذیری سازه‌ای امکان تخمین خسارات احتمالی وارده به ساختمانها طی زلزله های سناریو فراهم می‌شود. شکل (۴) نمونه‌ای از پراکندگی ساختمانها در منطقه ۳ شهر تهران را نشان می دهد (Zolfaghari, 2008)



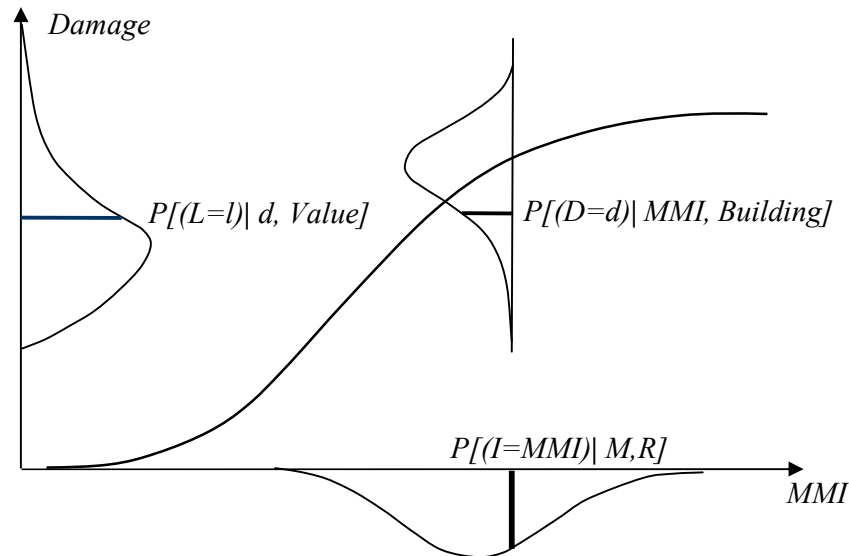
شکل (۴) نمونه‌ای از پراکندگی ساختمانها در منطقه ۳ تهران بر مبنای نوع سازه، کاربری و تعداد طبقات

۳-۱۰-۱ روابط و توابع آسیب پذیری

روابط و مدل‌های آسیب پذیری (Vulnerability Functions) در اصل تعیین کننده مقدار خسارات وارده به ابنیه ناشی از سطوح مختلف خطر می‌باشند. توابع در نظر گرفته شده برای چنین مدل‌هایی بطور کلی شامل تقسیم بندی‌های زیر بر مبنای خصوصیات ابنیه و نوع پوشش ارائه شده می‌باشند:

- بر مبنای کاربری
 - ساختمانهای مسکونی
 - ساختمانهای تجاری
 - ساختمانهای تاسیسات صنعتی
- بر مبنای نوع پوشش ارائه شده
 - ساختمان
 - محتویات
 - عدم النفع
- بر مبنای نوع سازه
 - خشت و گلی
 - مصالح بنایی
 - اسکلت فلزی

- اسکلت بتنی
- ترکیبی
- بر مبنای تعداد طبقات
 - کوتاه مرتبه
 - میان مرتبه
 - بلند ارتفاع
- بر مبنای سن یا کیفیت ساخت
 - خوب
 - متوسط
 - بد

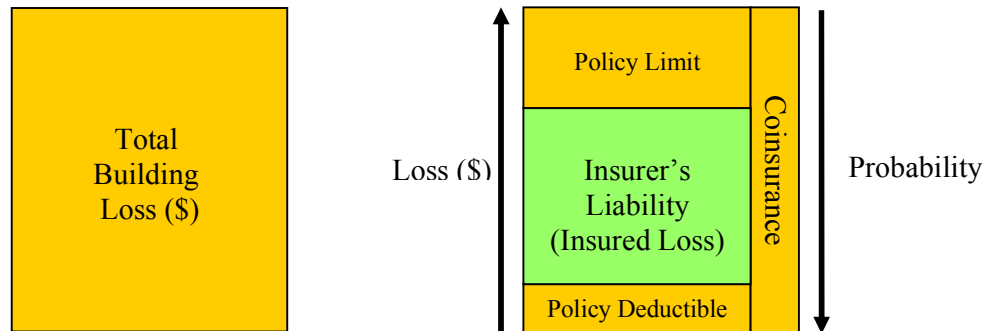


شکل (۵) روابط آسیب پذیری سازه و عدم قطعیت‌های دخیل در تحلیلها (Zolfaghari, 2009)

۴-۱۰-۱ اعمال شرایط بیمه ای (Policy Conditions) و مدل‌های اقتصادی

یکی دیگر از مولفه های مهم مدل‌های تخمین خسارت بیمه‌ای که آنها را از سایر مدل‌های خسارت جدا می‌سازد، توانایی‌های آنها در مدل کردن شرایط بیمه‌ای و اعمال مدل‌های اقتصادی می‌باشد. ارائه بیمه سوانح در مقیاس ملی نه تنها برای کشورهای در حال توسعه بلکه برای کشورهای با صنعت بیمه توسعه یافته نیز امری پیچیده و مشکل می‌باشد. بعنوان مثال استطاعت مردم در خرید بیمه نامه متناسب با آسیب پذیری ابنیه بعضاً موفقیت تلاش‌های صندوق‌های سوانح در بعد ملی را مختل می‌سازد. از طرفی جهت ایجاد ثبات و تداوم در ارائه پوشش‌های بیمه‌ای و ارتقا توانایی‌های کشور در مقابله با آثار سو اقتصادی سوانح، صندوق‌های بیمه در بعد ملی باید اعمال کننده تشویق‌ها و تنبیه‌های لازم بمنظور ایجاد فرهنگ کاهش آسیب پذیری از سوی

عموم باشد. بنابراین طراحی بیمه نامه‌ها باید قابلیت پاسخ به چنین خواسته‌هایی را داشته باشد. شرکت‌های بیمه با استفاده از مکانیزم‌هایی شبه فرانشیز و حداکثر پوشش، می‌توانند خسارات احتمالی را بین خود و بیمه گذار تقسیم نموده و بدین ترتیب تعهدات بیمه‌ای خود را محدود نمایند. با اعمال هوشمندانه چنین مکانیزمی می‌توان بیمه‌نامه‌های منطبق بر ریسک‌پذیری و در عین حال استطاعت بیمه گذار طراحی نمود. مدل‌های تخمین خسارت این امکان را فراهم می‌سازند که مقادیر خسارات انتقال داده شده به بیمه‌گر را با احتساب شرایط گوناگون بیمه‌نامه‌ای بصورت هوشمندانه محاسبه و به بیمه‌گذاران ارائه نمود.



شکل (۶) سهم بیمه‌گر و بیمه‌گذار از خسارات احتمالی قبل و پس از اعمال شرایط بیمه‌ای (Zolfaghari, 2009)

۱-۱۰-۵ ریزنمایی‌های جغرافیایی (*Geographic Resolution*)

بسته به جایگاه استفاده مدل‌های تخمین خسارت (بیمه‌گر، بیمه‌گر اتکائی، کارپرداز بیمه‌ای و یا ارگان‌های نظارتی)، پرتفولیوهای بیمه‌ای با ریزنمایی‌های جغرافیایی متفاوتی در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعنوان مثال ممکن است یک بیمه‌گر با استفاده از چنین مدل‌هایی اقدام به تعیین نرخ بیمه و یا نیاز بیمه اتکائی خود برای ریسک خاصی بنماید. بیمه مرکزی ممکن است از چنین ابزاری برای تعیین نرخ بیمه انواع مختلف ساختمانها در مناطق مختلف استفاده کند. متولیان صندوق ملی بیمه سوانح می‌توانند از چنین ابزاری برای تعیین نرخ و همچنین مقادیر ریسک نگهداری شده توسط صندوق به نسبت مقدار انتقال داده شده به بیمه‌اتکائی استفاده کنند. بنابراین چنین مدل‌هایی نیاز است که با ریزنمایی‌های جغرافیایی متفاوت از بلوک ساختمانی گرفته تا مناطق پستی، مناطق شهرداریها، شهرها، استانها و مناطق CRESTA که بیشتر مورد استفاده بیمه‌اتکائی می‌باشند، کار کنند.

۱۱-۱۱-۱ دستاوردهای اجرایی مدل‌های تخمین خسارت

نتایج حاصل از چنین مطالعاتی می‌تواند در حد گزارشات و یا جداول نرخ‌گذاری خلاصه شده یا اینکه به صورت خیلی گسترده‌تر منجر به تهیه نرم‌افزارهای دانش-پایه برای انجام انواع مطالعات بیمه‌ای بر روی پرتفولیوهای بیمه‌ای یا بیمه‌اتکائی گردد. به طور کلی نتایج حاصل از چنین تحلیلهایی معرف مقادیر خسارات احتمالی ناشی از وقوع سانحه بر ابنیه و تاسیسات مختلف خواهد بود. پراکندگی محلی خسارات توسط مجموعه‌ای از نقشه‌ها با ریزنمایی‌های مختلف ارائه می‌شوند. پراکندگی خسارات در میدان احتمال نیز توسط منحنی‌های خسارت که معرف مقادیر مختلف خسارات و احتمالات متناظر آنها می‌باشد ارائه می‌شوند. چنین

منحنی‌هایی در اصل ارائه کننده مقادیر حداکثر خسارات احتمالی (Probable Maximum Loss, PML) جهت تعیین ظرفیتهای شرکتهای بیمه و تعاملات مربوط به پوششهای اتکائی می‌باشد. جداول خسارت و مقادیر متوسط سالانه (Annual Mean Loss, AML) نیز شاخصی جهت تعیین نرخ بیمه (Insurance Premium) بوده و بطور خاص در نرخ گذاری استفاده خواهند شد.

نتایج مدل‌های خسارت در درجه اول بطور مستقیم قابل استفاده در سیاستگذاری های بیمه ای توسط بیمه مرکزی و در ابعاد وسیعتر برای طراحی فعالیتهای گسترده‌تر بیمه سوانح از جمله تاسیس صندوقهای ملی بیمه سوانح خواهد بود. بطور کلی میتوان موارد زیر را بعنوان استفاده کنندگان از نتایج مختلف چنین طرحی (بسته به چگونگی انجام طرح) نام برد:

۱. بیمه مرکزی

- تعیین نرخ بیمه سوانح برای ساختمانها در مناطق مختلف و جهت ایجاد تعرفه استاندارد شده
- نظارت بر فعالیت و ظرفیت شرکتهای بیمه ارائه کننده بیمه سوانح بمنظور جلوگیری از تجمع بیش از حد ریسک در یک شرکت
- طراحی بیمه‌نامه‌های مناسب با آسیب پذیری ابنیه و در عین حال قابلیت استطاعت عموم
- محاسبات Actuarial Calculation برای ایجاد تنوع در محصولات بیمه سوانح متناسب با نیازهای کشور و استانداردهای جهانی

۲. صندوق ملی بیمه سوانح

- مطالعات تعیین نرخ بیمه برای تاسیس صندوق
- امکان محاسبات ظرفیت صندوق (Accumulated Capacity)
- تعیین توان باز پرداختی صندوق
- تعیین مقدار پوشش بیمه اتکائی مورد نیاز صندوق وطراحی لایه های مختلف
- امکان بررسی و ارائه بیمه نامه منعطف بر توان اقتصادی عموم
- امکان محاسبات مربوط به بیمه های ثانویه مازاد بر پوشش ارائه شده توسط صندوق

۳. شرکتهای بیمه

- تعیین نرخ بیمه برای ابنیه و مناطق خاص
- تخمین بیمه اتکائی مورد نیاز
- برقراری توازن جغرافیایی (Geographic Diversity) در مناطق تحت پوشش شرکت بیمه

۴. شرکتهای بیمه اتکائی

۵. کارپردازهای بیمه (Insurance Brokers)

۶. شرکتهای بیمه انحصاری (Captive Insurance Companies)

۷. دولت

۸. سازمانها

۱۲-۱ نتیجه گیری

مدل‌های تحلیل ریسک اصلی‌ترین منبع اطلاعات برای صنعت بیمه و بیمه اتکائی بوده و آنها از چنین مدل‌هایی برای مدیریت ریسک خود و به حداکثر رساندن سود در عین تأمین امنیت حرفه‌ای (عدم ورشکستگی) شرکت خود استفاده می‌کنند. مدل‌های تعیین خسارت بلایای طبیعی ریشه در یک تخصص یا رشته خاص ندارد. این ابزار محصول مطالعات و تجربیات چند شاخه‌ای (Multi Disiplinary) بوده و فن آوری کامپیوتر نقش بسزائی در پیشرفت آن در دو دهه اخیر داشته است. دانش مرتبط با ایجاد و استفاده از چنین مدل‌هایی سر چشمه گرفته از تجارب بشر در رابطه با صنعت بیمه، دانش و علوم مربوط به سوانح طبیعی و رفتار ساختمان‌ها در برابر سوانح طبیعی می‌باشد. در دو دهه گذشته چند شرکت بزرگ مدل‌سازی تاسیس و با ارائه مدل‌های کامپیوتری تحلیل ریسک، در ابتدا شرکت‌های بیمه اتکایی و بعدها شرکت‌های بیمه را در مدیریت ریسک یاری رساندند. استفاده و کاربرد این مدل‌ها در ابتدای امر خیلی گسترده نبوده و تنها چند شرکت بیمه اتکایی از چنین خدماتی استفاده می‌کردند. وقوع چند حادثه سهمگین از جمله Hurricane Hugo در سال ۱۹۸۹ و زلزله Loma Prieta در همان سال هشدار لازم جهت تخمین بهتر ریسک را به شرکت‌های بیمه وارد ساخت. با وقوع Hurricane Andrew در سال ۱۹۹۲ نقش استفاده از این مدل‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفت. خسارات ناشی از چند طوفان سهمگین در سال‌های اخیر در تاسیسات نفت و گاز در خلیج مکزیک و سایر نقاط دنیا، صنعت بیمه و شرکت‌های مشاوره مدل‌سازی را برآن داشت تا استفاده از فن‌آوری مدل‌سازی سوانح طبیعی را به تاسیسات فرا ساحلی نیز توسعه داده که طی چند سال گذشته به عنوان ابزاری موثر در قیمت گذاری و تعیین پوشش بیمه اتکائی چنین سرمایه‌هایی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۳-۱ مراجع

- Zolfaghari, M. (2002), Potential impact of earthquake hazard on built environment, An integrated system for catastrophe risk management 12th European Conference on Earthquake Engineering
- Zolfaghari, M. (2002), "Overview of EQECAT Catastrophe Modeling in Japan", 2nd Conference on Catastrophe Insurance in Asia, Proceeding Published by ASIA Insurance
- Zolfaghari, M. (2003), "Catastrophe Risk Management, An Insurance-Based Post-Disaster Recovery Plan", Fourth International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, SEE4, Tehran, 13
- Zolfaghari, M. (2004), "A Preliminary report on the Bam (Iran) Earthquake of 26 December 2003", European Geophysical Union EGU 2004, Nice, 27 April 2004
- Zolfaghari, M. (2004), REGIONAL CATASTROPHE RISK MODELLING, SOURCES OF COMMON UNCERTAINTIES, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver
- Zolfaghari, M. (2005), Social and economic consequences of seismic hazard to mega cities in the developing countries, 100th Anniversary 1906 San Francisco Earthquake Conference, San Fransisco
- Naserasadi K., G. Ashtiyani S. Eshghi و M. Zolfaghari و M. (۲۰۰۵) Seismic risk assessment model for industrial facilities, EGU ۲۰۰۵ General Assembly Vienna, Austria April
- Zolfaghari, M. (2006), EARTHQUAKE LOSS MODELLING FOR LOW SEISMIC REGION OF EASTERN AND NORTHERN EUROPE, 1st ECEES, Geneva

- Zolfaghari, M. (200[^]), A New Insurance Loss Model to Promote Catastrophe Insurance Market in India and Pakistan, 14th WCEE, Beijing, China
- Zolfaghari, M. (200[^]), Catastrophe Risk Modelling and Insurance Penetration in Developing Countries, 14th WCEE, Beijing, China
- Zolfaghari, M. (200[^]), Application of catastrophe loss modeling to promote property catastrophe insurance in developing countries, The Journal of Disaster Studies, Policy and Management, Accepted for Publication
- Zolfaghari M.R., E. Peyghaleh, G. Nasirzadeh (2008) Fire Following Earthquake, Intra-Structure Ignition Modeling, Journal of Fire Science, Accepted for Publication
- Zolfaghari, M. (200[^]), Use of raster-based data layers to model Spatial Variation of Seismotectonic data in probabilistic seismic hazard assessment, Journal of Computers & Geosciences, Accepted for Publication
- Zolfaghari, M. (200[^]), Geodetic deformation vs. seismic strain deduced by historical earthquakes across the Alborz Mountains, Accepted for Publication

- محمدرضا ذوالفقاری ، صنعت بیمه کشور و مدیریت ریسک سوانح طبیعی، اهداف و چالشها، پژوهشنامه زلزله، شماره ۴ و ۱۳۸۴
- محمدرضا ذوالفقاری ، چگونگی تأسیس صندوق ملی سوانح طبیعی و نقش آن بعنوان عاملی موثر در مدیریت ریسک سوانح طبیعی، فصلنامه صنعت بیمه، شماره ۷۹ و ۱۳۸۴