تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۶

بررسی ریسک زلزله به روش احتمالاتی و پیشنهاد سیستم‌های بیمه‌ای کارآمد بر پایه ریسک

نغمه پاکدل لاهیجی (نویسنده مسئول)
دکتری عمران- مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،
pakdel.n@srbiau.ac.ir

محسن غفوری آشتیانی
استاد گروه مهندسی سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران

چکیده
ترکیب لرزه‌خیزی بالا و آسیب‌پذیری بالای سازه‌ها در ایران سبب شده است که ریسک یا خطرپذیری در ایران در سطح بالایی قرار گیرد. به‌صورت کلی دو رویکرد اصلی در مدیریت ریسک وجود دارند که عبارتند از توزیع ریسک و کاهش ریسک که تمرکز اصلی این تحقیق بر توزیع ریسک است. جهت برآورد منابع مالی موجود جهت مقابله با خسارات زلزله، ابزارهای توزیع ریسک که در اینجا سیستم‌های بیمه زلزله می‌باشند، با در نظر گفتن آسیب‌پذیری اقتصادی موجود مالکین و ریسک منطقه، طراحی شده‌اند. از سوی دیگر، در هر سیستم بیمه زلزله طراحی شده، قابلیت پرداخت حق بیمه‌ها از سوی ساکنین در جامعه نیز مورد بررسی قرار گرفته است که در پذیرفته شدن سیستم و پایداری آن ضروری است. رویکرد احتمالاتی مدل‌سازی ریسک مورد استفاده در اینجا، تفاوت زیادی را بین حق بیمه‌های موجود در کشور و حق بیمه‌های بر پایه ریسک محاسبه شده نشان می‌دهد که نشان‌دهنده‌ی اهمیت فراوان در نظر گرفتن واقعی ریسک زلزله در فرآیندهای تصمیم‌گیری‌های مالی قبل و پس از وقوع زلزله است. همچنین نیاز به روش‌های کاهش ریسک برای ساختمان‌های بسیار آسیب‌پذیر و لزوم بهره‌گیری از پوشش بیمه اتکایی و کمک‌های دولتی برای مدیریت ریسک رویدادهای فاجعه‌آمیز نشان داده شده است.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری سازه‌ها، توزیع ریسک زلزله، بیمه زلزله بر پایه ریسک، قابلیت پرداخت حق بیمه زلزله.

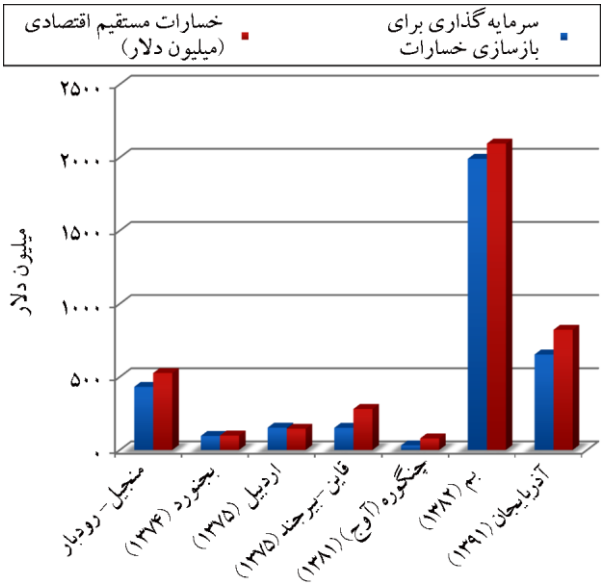
۱- مقدمه

ایران دارای خطر لرزه‌ای بالایی است و به‌عنوان‌مثال در قرن بیستم، ۲۲ زلزله بزرگ که جان ۱۵۰۰۰۰ نفر را تهدید کرد، در ایران گزارش شده است [۱]. به‌صورت کلی زلزله‌ها در ایران هزینه‌های فراوانی به‌جای گذاشته‌اند، این هزینه‌ها به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم از طرف حکومت، مردم، شرکت‌های بیمه و خیرین پرداخت شده‌اند. کمک‌های مستقیم شامل مواردی است که دولت ملزم به انجام آنهاست که عبارتند از ساخت مدارس، بیمارستان‌ها و سایر ساختمان‌های عمومی. کمک‌های غیرمستقیم می‌توانند دربرگیرنده وام‌های طولانی‌مدت با کارمزد اندک، کمک‌های بلاعوض و کمک‌های غیرمستقیم برای ساخت ساختمان‌ها به مالکین مانند توزیع مصالح ساختمانی با هزینه کمتر و ... باشند.

در شکل (۱)، هزینه بازسازی و درصد خسارات اقتصادی محاسبه شده برای تعدادی از زلزله‌های بزرگ نشان داده شده است.

تفاوت میان درصد خسارات پرداخت نشده در زلزله‌های مختلف، به مسائل سیاسی، اقتصادی و ... برمی‌گردد که در هر زلزله‌ای می‌تواند متغیر باشد.

دارا بودن سیستم بیمه زلزله کارا در کشور، گامی مهم در مدیریت ریسک سوانح به‌شمار می‌رود. بیمه زلزله می‌تواند مشوق‌هایی را در به‌کارگیری روش‌های کاهش ریسک ایجاد کند که در مدیریت ریسک، بسیار مهم هستند [۲]. متأسفانه در ایران پوشش بیمه زلزله به‌صورت جداگانه در دسترس نبوده و به‌صورت بخشی از بیمه آتش‌سوزی ارائه شده است. از طرف دیگر در ایران تنها در حدود ۱۰ درصد ساختمان‌های دارای بیمه آتش‌سوزی، دارای این پوشش هستند [۳].



شکل (۱): خسارات زلزله‌های گذشته ایران (برگرفته و توسعه داده شده از مراجع [۲ و ۴]).

روش‌های مدیریت ریسک عبارتند از توزیع ریسک و کاهش ریسک، کاهش آسیب‌پذیری سازه‌ها از طریق روش‌های موجود مقاوم‌سازی سازه‌ها، منجر به کاهش ریسک اقتصادی و انسانی منطقه می‌گردد [۵] ولی باید توجه نمود که این هزینه‌ها توجیه اقتصادی لازم را داشته باشند بدین‌معنی که هزینه نهایی بیمه برای مالکین کاهش یابد [۶].

به دلیل ریسک لرزه‌ای بالای ایران و نیاز ضروری به داشتن مدیریت بهتر بحران پس از وقوع زلزله‌ها، تمرکز اصلی این تحقیق بر طراحی سیستم‌های بیمه‌ای قابل کاربرد در کشور با محاسبه حق بیمه‌های بر پایه ریسک بوده که منعکس‌کننده ریسک موجود هر منطقه جغرافیایی و بر اساس انواع سیستم‌های ساختمانی موجود باشند. این کار در فرآیند شکل‌گیری تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های دولت در رابطه با طرح‌های ممکن و جدید (بر اساس شرایط بازار) و برای ذینفعان در بخش‌های خصوصی و دولتی بسیار مفید خواهد بود.

۲- مروری بر پژوهش‌ها

نرخ حق بیمه برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۲ از طرف بیمه مرکزی پایه‌گذاری شد که بر اساس خطر لرزه‌ای و نوع سازه‌ها متغیر است. جدول (۱) این حق بیمه‌ها را نشان می‌دهد که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول (۱): نرخ حق بیمه‌های موجود (بر اساس یک‌هزارم ارزش کل سازه) (وب‌سایت بیمه مرکزی ایران) [۷].

ردیف	نوع ساختمان بر حسب مصالح	سطح خطر (شدت) زلزله				
		۱	۲	۳	۴	۵
۱	گلی (سنتی) قدیمی	۱	۱/۱	۱/۲	۱/۵	۱/۸
۲	آجری	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۴	۱/۶
۳	اسکلت فلزی	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۱/۱	۱/۴
۴	بتن	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۸	۱
۵	بتنی و فولادی طراحی و محاسبه و اجرا طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰ [۸]	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸

لازم به ذکر است که این حق بیمه‌ها بر پایه ریسک نبوده و بنابراین پرداخت خسارات نیز بر اساس خسارات واقعی نخواهد بود که در این صورت نه‌تنها خسارات واقعی مردم جبران نخواهد شد، بلکه فروش تعداد زیادی از بیمه‌نامه‌ها می‌تواند سبب افزایش احتمال ورشکستگی صنعت بیمه گردد. همچنین این پوشش بیمه به‌صورت بخشی از بیمه آتش‌سوزی ارائه شده است، درصورتی‌که بر اساس تجربه سایر کشورها در زمینه بیمه زلزله، در نظرگرفتن بیمه زلزله به‌عنوان بخشی از بیمه آتش‌سوزی تنها باید مختص به مناطقی باشد که دارای ریسک زلزله اندکی هستند [۹]. بنابراین با توجه به ریسک بالای زلزله در ایران وجود یک سیستم بیمه زلزله جداگانه ضروری است که در بخش بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مطالعات فراوانی در کشورهای مختلف در زمینه بیمه زلزله انجام شده است ، به‌عنوان‌مثال، در روسیه مدلی ارائه شد که استراتژی‌های بیمه‌ای را با توجه به روش‌های کاهش و یا توزیع ریسک مورد بررسی قرار می‌دهد. بیمه زلزله ملی یونان که به‌عنوان جایگزینی برای عملیات مدیریت ریسک پس از وقوع زلزله ارائه شد و بیمه زلزله چین نمونه‌های دیگری از تلاش کشورهای مختلف برای مدیریت بهتر

ریسک‌های بزرگ می‌باشد. در بیمه زلزله ارائه شده برای ساختمان‌های مسکونی در تایوان، توجه فراوانی به پوشش کل خسارت زلزله از طریق تلاش برای محاسبه دقیق‌تر خسارات زلزله و در نتیجه جبران خسارات واقعی مردم شده است. بر اساس تحقیقات انجام شده درصورتی‌که حق بیمه‌ها بیانگر درستی از خسارات واقعی رویداد باشند بیمه می‌تواند مشوق بسیار خوبی برای کاهش ریسک باشد [۱۰-۱۶]. وجود یک سیستم مدیریت ریسک مناسب در ایران و همچنین سایر کشورهای در حال توسعه که دارای آسیب‌پذیری بالای ساختمان‌ها در برابر زلزله و منابع محدود مالی برای جبران خسارات زلزله می‌باشد ضروری است [۱۷]. همچنین بر اساس تجربه زلزله‌های گذشته در ایران، دولت همواره به‌عنوان بیمه‌گر رایگان پرداخت خسارات زلزله را بر عهده گرفته و بنابراین مردم تمایل چندانی به بیمه کردن اموال خود در برابر زلزله‌های بزرگ ندارند [۱۸]. لازم به ذکر است که شاخص‌های پایه‌ای ریسک برای بیمه زلزله برای اولین بار در سال ۱۳۹۰ توسط غفوری آشتیانی و ناصراسدی [۱۹] با بهره‌گیری از روش میانگین خسارت سالانه ارائه شد. منحنی‌های احتمال فراگذشت[1] و منحنی‌های آسیب‌پذیری[2] نیز که مبنای اصلی کمّی‌سازی ریسک زلزله و در نتیجه محاسبه حق بیمه‌ها بر پایه ریسک موجود در کشور باشند برای نخستین بار در ایران توسط صادقی و همکاران [۲۰] برای انواع سیستم‌های سازه‌ای در ایران ارائه شده‌اند.

از طرف دیگر حق بیمه‌ها بر پایه ریسک در افزایش آگاهی مالکین از ریسک دارایی‌شان و توجه بیشتر به ساخت‌وسازهای مقاوم در برابر زلزله و استفاده از روش‌های کاهش آسیب‌پذیری به‌منظور کاهش ریسک موجود که می‌تواند منجر به کاهش حق بیمه‌ها گردد، می‌توانند نقش مهمی را ایفا نمایند [۲۱].

ریسک‌های بزرگ و فاجعه‌آمیز معمولاً به‌عنوان قراردادهای غیر نسبی[3] که طبق قرارداد بیمه‌گر اتکایی، پرداخت لایه (بخش) معینی از خسارات را می‌پذیرد، مطرح می‌شوند بدین‌معنی که بیمه‌گر، خسارات را تا یک مقدار معین که نقطه شروع یا فرانشیز[4] نامیده شود می‌پردازد و سپس بیمه‌گر اتکایی پرداخت مابقی خسارات را تا یک مقدار بیشینه[5] به عهده می‌گیرد [۲۲-۲۳]. نوعی از قرارداد بیمه اتکایی غیر نسبی، قرارداد بیمه اتکایی مازاد بر خسارت[6] نامیده می‌شود که پوشش غالب بیمه اتکایی در رابطه با وقایع طبیعی به شمار می‌رود [۲۴-۲۵]. ازآنجایی‌که در حال حاضر حکومت به دلیل پرداخت خسارت اموال عمومی به‌عنوان شبه (نیمه) بیمه‌گر عمل می‌کند، می‌توان فرض نمود که آنها با خرید بیمه اتکایی مازاد بر خسارت از پرتفوی خود محافظت می‌کنند [۲۶].

در این تحقیق، دو نوع سیستم متفاوت بیمه مازاد بر خسارت بر اساس آسیب‌پذیری مالکین در برابر خسارات زلزله و ریسک ذاتی ساختمان‌ها پیشنهاد شده است. ریسک زلزله ساختمان‌ها با بهره‌گیری از رویکرد احتمالاتی، مدل‌سازی شده و حق بیمه‌های زلزله بر اساس میانگین خسارت سالانه[7] (AAL) و ضریب‌های اضافه هزینه بیمه محاسبه شده‌اند. قابلیت پرداخت حق بیمه‌ها نیز که پارامتر بسیار مهمی در پذیرش بیمه از طرف مردم است، برای هر سیستم مورد بررسی قرار گرفته است. در اینجا حق بیمه‌های نهایی زلزله با در نظر گرفتن ضریب‌های اضافه هزینه و میانگین خسارت سالانه در محدوده تحت پوشش سیستم بیمه‌ای پیشنهاد داده شده، محاسبه شده‌اند. همچنین در اینجا جهت کمّی‌سازی ریسک زلزله و محاسبه حق بیمه‌ها بر پایه ریسک موجود در کشور از منحنی‌های احتمال فراگذشت و منحنی‌های آسیب‌پذیری جدیدی که برای نخستین بار مختص سازه‌های ایران ارائه شده‌اند [۲۰] بهره گرفته شده است و بنابراین نتایج سازگاری بیشتری با شرایط موجود در ایران خواهند داشت. تمرکز اصلی این تحقیق بر شهر شیراز (مرکز استان فارس) بوده ولی روش مورد استفاده قابل کاربرد در کل کشور است.

۳- روش تحقیق

در این تحقیق، ریسک زلزله با استفاده از دو سیستم بیمه زلزله طراحی شده بر پایه آسیب‌پذیری اقتصادی موجود سازه‌ها [۲۷] در برابر زلزله در قالب حق بیمه‌های بر پایه ریسک به‌صورت عددی ارائه شده‌اند.

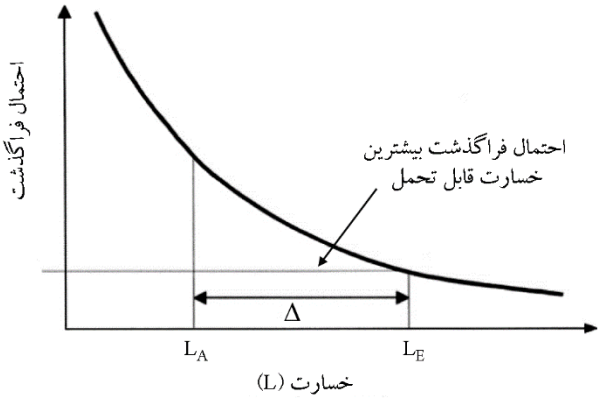
حق بیمه‌ها بر اساس ریسک موجود در منطقه و سیستم بیمه مازاد بر خسارت محاسبه شده‌اند و رویکرد مورد استفاده دارای ساختاری انعطاف‌پذیر در تأمین مالی رویدادهای طبیعی فاجعه‌آمیز است. مسئله مهم دیگری که در اینجا در نظر گرفته شده است، بررسی قابلیت پرداخت حق بیمه‌ها از طرف مردم است که در اینجا با میانگین درآمد سالانه خانوارها مقایسه شده است. گونه‌شناسی ساختمان‌ها اولین قدم در فرآیند مدل‌سازی ریسک است که در اینجا از روش مورد استفاده در تحقیق صادقی و همکاران [۲۰] بهره گرفته شده است که در آن ساختمان‌ها بر اساس سه ویرایش آیین‌نامه به سه دسته ساختمان‌های ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰، ساختمان‌های ساخته شده در دوره زمانی بین ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ و ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ تقسیم‌بندی شده‌اند و همچنین سه نوع مصالح فلزی، بتنی مسلح و بنایی و ارتفاع سازه‌ها در نظرگرفته شده‌اند. همچنین برای کمّی‌سازی ریسک زلزله نیاز به منحنی احتمال فراگذشت و منحنی‌های آسیب‌پذیری است که در اینجا منحنی‌های آسیب‌پذیری ویژه ایران [۲۰] بهره گرفته شده است. برای اطلاعات بیشتر از نحوه محاسبه این منحنی‌ها به مرجع [۲۰] مراجعه شود.

۳-۱- بیمه مازاد بر خسارت و سیستم‌های بیمه‌ای پیشنهاد داده شده

در قرارداد بیمه‌ای معمول مازاد بر خسارت، بیمه‌گر ملزم به پذیرش بخشی از ریسک می‌باشد که خسارات بین دو حد شروع L_A و انتهایی L_E در منحنی احتمال فراگذشت را در بر می‌گیرد. حد نهایی خسارت قابل تحمل بیمه‌گر اتکایی می‌تواند متناسب با بیشترین خسارت محتمل باشد. پرداخت خسارات بستگی به میزان آسیب (y) و بیشترین میزان پرداخت خسارات (L_E-L_A) که Δ نامیده می‌شود، دارد [۲۶]. بنابراین پرداخت شرکت بیمه C(y) عبارت است از:

$$C(y) = \begin{cases} 0 & \text{if} \quad y \le A \\ y - A & \text{if} \quad A < y < E \\ E - A & \text{if} \quad y \ge E \end{cases} \qquad (۱)$$

شکل (۲) حدود ابتدایی و انتهایی پوشش بیمه را بر منحنی احتمال فراگذشت نشان می‌دهد.



شکل (۲): حدود ابتدایی و انتهایی پوشش بیمه بر منحنی احتمال فراگذشت [۲۸].

به‌منظور محاسبه حق بیمه‌ها بین دو نقطه ابتدایی و انتهایی، نیاز به تابع توزیع خسارت است. این تابع با استفاده از مدل‌سازی ریسک منطقه با رویکردی احتمالاتی [۲۰] محاسبه شده است. بنابراین حق بیمه خالص با تعریف دو نقطه ابتدایی و انتهایی بر منحنی احتمال فراگذشت و محاسبه میانگین خسارت سالانه محاسبه می‌شود. شرکت‌های بیمه‌ای معمولاً ضریب‌های اضافه هزینه‌ای را به دلیل هزینه‌های اداری و عدم قطعیت‌های فراوانی که در روند مدل‌سازی ریسک وجود دارد، به حق بیمه‌های خالص اضافه می‌کنند [۲۲]. این ضریب‌های اضافه هزینه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی با ۱ بوده و در لایه‌های بالاتر ریسک (یعنی با افزایش میزان خسارات و کاهش احتمال فراگذشت) افزایش می‌یابند. برای محاسبه این هزینه نهایی حق بیمه، تابع h(p) (ضریب‌های اضافه هزینه) که در آن $h(p)\ge 1$ و $0\le p\le 1$ (p برابر است با «احتمال فراگذشت -۱») است در نظر گرفته می‌شود و ضریب‌های اضافه هزینه که به‌صورت پیوسته با افزایش خسارات افزایش می‌یابند [۲۶] در جدول (۲) نشان داده شده است. ازآنجایی‌که اضافه هزینه تعریف شده‌ای در ایران وجود ندارد از این ضرایب در محاسبات حق بیمه بر اساس ریسک، در لایه‌های مختلف استفاده شده است.

جدول (۲): ضریب‌های اضافه هزینه برای لایه‌های مختلف خسارت بر اساس تحقیقات هوچراینر [۲۶]، پولنر [۲۹] و میچلر [۳۰].

لایه خسارت	ضریب اضافه هزینه بیمه
[۰/۸۵ ۰]	۱/۱۳
[۰/۸۵ ۰/۹۴۷]	۱/۵۷
[۰/۹۴۷ ۰/۹۶۵]	۱/۸۹
[۰/۹۶۵ ۰/۹۷۵]	۲/۳۲
[۰/۹۷۵ ۰/۹۸۵]	۳/۲۷
[۰/۹۸۵ ۰/۹۸۸]	۳/۵
[۰/۹۸۸ ۰/۹۹۲]	۴/۸۸
[۰/۹۹۲ ۰/۹۹۳]	۵/۴۳
[۰/۹۹۳ ۰/۹۹۶]	۸/۷۵
[۰/۹۹۶ ۰/۹۹۸]	۱۷
[۰/۹۹۸ ۱]	۲۰

تابع خسارت و چگالی آن با F(y) و $f(y)$ نشان داده می‌شوند و y نیز در واقع خسارت مربوط به pامین لایه تابع توزیع خسارت است، بنابراین حق بیمه نهایی بر اساس ریسک با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود، لازم به ذکر است که h(F(y)).f(y) با تابع g(y) تعریف شده است:

$$\pi_h(C,F) = \int_0^\infty C(y)h\big(F(y)\big)f(y)dy = \int_0^\infty C(y)g(y)dy = \int_0^1 C(F^{-1}(p))h(p)dp \qquad (۲)$$

حق بیمه‌ها را می‌توان با تعریف انواع نقاط ابتدایی و انتهایی حدود پوشش بیمه محاسبه نمود. نقطه انتهایی پوشش بیمه در اینجا بر اساس دوره بازگشت زلزله‌ها انتخاب شده و به‌منظور انجام تحلیل حساسیت و بررسی تغییرات آن بر حق بیمه‌ها چندین حالت ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۷۵ سال در نظر گرفته شده‌اند. هدف اولیه آیین‌نامه‌های ساختمانی حفظ جان انسان‌هاست. در آیین‌نامه لرزه‌ای ایران (استاندارد ۲۸۰۰) [۸] نیز طراحی ساختمان برای مقاومت در برابر زلزله‌ای با دوره بازگشت ۴۷۵ سال با هدف حفظ جان انسان‌ها صورت می‌گیرد. زیرا در این سطح طراحی خسارات ایجاد شده در سازه مورد نظر دارای خسارات جانی فراوان نخواهد بود [۳۱].

بر اساس ریسک موجود ساختمان‌های شهر شیراز، دو نوع سیستم بیمه زلزله پیشنهاد داده شده است. سیستم اول بیانگر نوعی همکاری دولتی و خصوصی است که دارای دو بخش در پرداخت خسارات می‌باشد، بخش اول شامل کمک‌های دولتی مانند اعطای وام با کارمزد اندک، کمک‌های بلاعوض، کمک‌های غیرمستقیم [۳۲-۳۳] است و بخش دوم پرداخت خسارات از طریق سیستم بیمه اتکایی مازاد بر خسارت با تعریف دو نقطه ابتدایی و انتهایی می‌باشد که در بخش ۳-۱-۱ با جزئیات توضیح داده شده است. سیستم دوم پیشنهاد داده شده دربرگیرنده یک سیستم جداگانه بیمه مازاد بر خسارت زلزله است که نقاط ابتدایی و انتهایی حد پوشش بیمه بر اساس فرانشیز و دوره بازگشت بحرانی زلزله تعیین می‌شود.

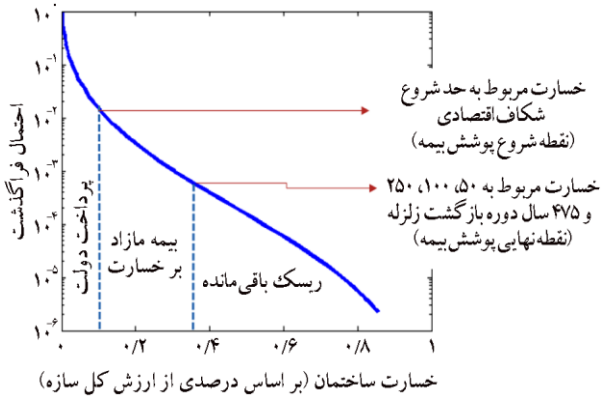
۳-۱-۱- اولین سیستم بیمه پیشنهاد داده شده

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، دو نقطه مهم در منحنی احتمال فراگذشت وجود دارند که در تعریف بیمه مازاد بر خسارت باید تعریف شوند. در اولین سیستم بیمه، تمامی پرداخت‌های خسارات دولتی که در حال حاضر پس از وقوع زلزله‌ها انجام می‌پذیرند در نظر گرفته شده است. ازآنجایی‌که این پرداخت‌ها برای جبران خسارات واقعی وارد به مالکین کافی نبوده و تنها برای ساخت مسکن‌هایی در حدود ۶۰-۷۰ مترمربع و با امکانات اندک کافی است [۳۰]، به‌منظور بازگشت به شرایط قبل از زلزله و جبران تمامی خسارات مالی، نیاز به یک سیستم بیمه زلزله است. حد خسارتی که در آن خسارت واقعی از پرداخت خسارات بیشتر می‌شود، شکاف اقتصادی نامیده می‌شود. در این سیستم بیمه زلزله نقطه شروع پرداخت‌های بیمه‌ای بر اساس خسارت مربوط به حدی که در آن شکاف اقتصادی برای هر گروه ساختمانی رخ می‌دهد تعیین می‌گردد [۲۷]. نقطه یا حد نهایی پوشش بیمه بر اساس خسارت مربوط به دوره بازگشت زلزله‌ای که باید منابع مالی‌اش محاسبه شود تعیین می‌شود که در اینجا چندین دوره بازگشت زلزله ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۷۵ سال به‌منظور بررسی اثرات آنها بر حق بیمه در نظر گرفته شده‌اند. در این نوع پوشش، بیمه می‌تواند تمامی خسارات واقعی رویداد را جبران نموده و مالکین می‌توانند به وضعیت مالی قبل از رویداد بازگردند. این سیستم می‌تواند بیانگر نوعی همکاری بخش‌های دولتی و خصوصی

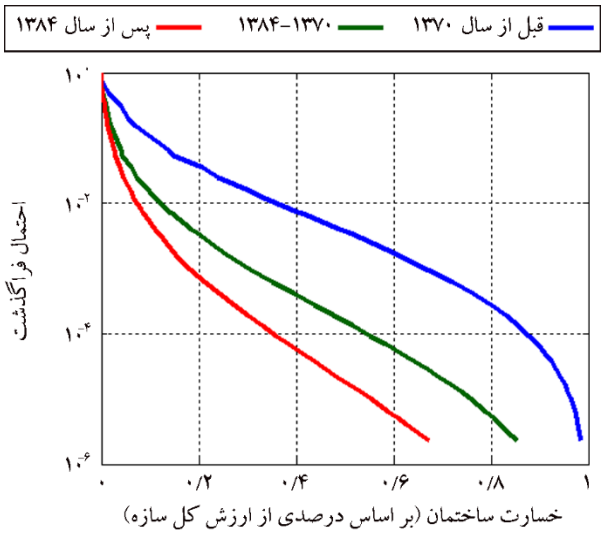
باشد که از طرف حکومت یا شرکت‌های بیمه ارائه شود؛ بدین‌معنی که بخش اول خسارات با کمک‌های دولت جبران شده و بخش بعدی خسارات از طریق بیمه پرداخت خواهد شد. از مزایای این نوع سیستم بیمه می‌توان به کاهش حق بیمه‌ها اشاره نمود ولی باید توجه داشت که مالکین ریسک تغییرات محتمل در تصمیم‌گیری‌های دولت به دلایل سیاسی و سایر عوامل را باید در نظر بگیرند.

به‌منظور بررسی اهمیت تأثیر ضریب اضافه هزینه بیمه بر حق بیمه‌ها، حق بیمه‌های زلزله در این سیستم بیمه زلزله با و بدون ضریب اضافه هزینه بیمه برای رویداد ۴۷۵ سال محاسبه شده‌اند (جداول ۳ و ۷). این حق بیمه‌ها با استفاده از رابطه (۲) و ضرایب اضافه هزینه بیمه محاسبه شده‌اند که در جدول (۲) ارائه شده است. در این سیستم بیمه‌ای، حق بیمه‌ها بر اساس سطح زیر منحنی ریسک و در ناحیه مربوط به بیمه مازاد بر خسارات نشان داده شده در شکل (۳) محاسبه شده‌اند. حق بیمه‌ها بر اساس یک‌هزارم ارزش کل سازه بیان شده‌اند.

ساختار کلی سیستم بیمه‌ای پیشنهاد داده شده در شکل (۳) نشان داده شده است، حق بیمه‌های بر پایه ریسک بر اساس منحنی‌های احتمال فراگشت احتمالاتی برای هر گروه ساختمانی محاسبه شده‌اند [۲۰]. نمونه‌ای از این منحنی‌های احتمال فراگذشت در شکل (۴) برای یک سازه ۴ تا ۷ طبقه فلزی نشان داده شده است.



شکل (۳): ساختار کلی اولین سیستم بیمه پیشنهاد داده شده.



شکل (۴): منحنی احتمال فراگذشت برای یک سازه ۴-۷ طبقه فلزی [۲۰].

جدول (۳): حق بیمه‌های نهایی در اولین سیستم پرداخت خسارات (بر اساس یک‌هزارم ارزش کل سازه).

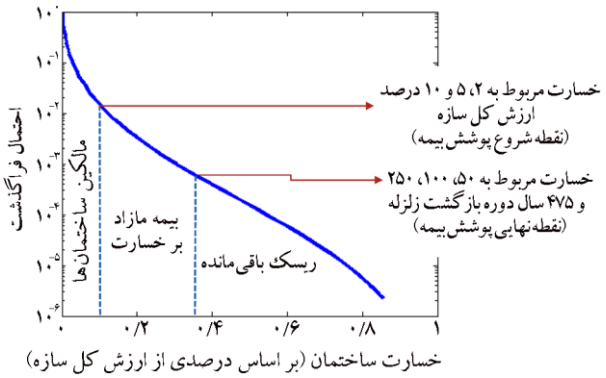
نوع سازه	تعداد طبقات	حق بیمه‌های نهایی											
		سازه‌های قبل از ۱۳۷۰				سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰				سازه‌های پس از ۱۳۸۴			
		۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵
فلزی	۳-۱	۴۵	۵۸	۶۶	۷۳	۰	۰	۴	۹	۰	۰	۰	۰
	۷-۴	۳۴	۴۵	۵۳	۶۰	۰	۰	۳	۷	۰	۰	۰	۰
	۸>	۳۱	۴۲	۴۹	۵۶	۰	۵	۸	۱۲	۰	۰	۱	۳
بتن مسلح	۳-۱	۴۸	۶۱	۶۹	۷۶	۰	۰	۴	۹	۰	۰	۰	۰
	۷-۴	۳۸	۵۱	۵۸	۶۵	۰	۰	۳	۷	۰	۰	۰	۰
	۸>	-	-	-	-	-	-	-	-	۰	۰	۰	۲
مصالح بنایی	۲-۱	۲۰	۳۳	۴۱	۴۹	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰
	۳>	۴۵	۵۸	۶۵	۷۲	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰

نتایج جدول نشان می‌دهد که اکثر حق بیمه‌ها برای ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ صفر بوده (حد ابتدایی پوشش بیمه بیشتر از خسارت مربوط به حد نهایی پوشش بیمه شده است) و این ساختمان‌ها نیازی به خریداری پوشش بیمه ندارند، زیرا خسارات واقعی در این ساختمان‌ها با دریافت کمک‌های دولت بیشتر از پرداخت‌ها نخواهد شد. در ساختمان‌های ساخته شده در دوره زمانی بین ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ نیز در مورد رویدادهای متناوب مانند ۵۰ و ۱۰۰ سال وضعیت مشابهی دیده می‌شود ولی در رویدادهای با دوره بازگشت‌های بیشتر (۲۵۰ و ۴۷۵ سال) نیاز به پوشش بیمه برای جبران تمامی خسارات دارند. در مورد ساختمان‌های ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰ که قدیمی هستند، حق بیمه‌ها به‌صورت ناگهانی افزایش می‌یابد که بیانگر خسارات زیاد و عملکرد ضعیف این ساختمان‌هاست.

۳-۱-۲- دومین سیستم بیمه‌ای پیشنهاد داده شده

دومین ساختار بیمه‌ای پیشنهاد داده شده دربرگیرنده یک سیستم بیمه جداگانه است که حق بیمه‌ها بر اساس مدل‌سازی احتمالاتی ریسک منطقه محاسبه شده‌اند. در این نوع پوشش، نقطه شروع پوشش بیمه چندین مقدار ۲، ۵ و ۱۰ درصد ارزش ساختمان در نظر گرفته شده است که فرانشیز نامیده می‌شود. حد نهایی پوشش بیمه همانند اولین سیستم بیمه‌ای بر اساس بیشترین خسارات زلزله مورد نظر تعریف شده است. در این نوع پوشش بیمه، بیمه‌گر تمامی خسارات بین فرانشیز و حد نهایی پوشش بیمه را می‌پردازد و همچنین این سیستم متکی بر کمک‌های دولتی و عدم قطعیت‌های وابسته به آن نیست. ساختار کلی این سیستم بیمه زلزله در شکل (۵) نشان داده شده است.

جدول (۴) حق بیمه‌های نهایی را در دومین ساختار پرداخت خسارات پیشنهاد داده شده برای نقاط شروع پوشش بیمه که عبارتند از ۲، ۵ و ۱۰ درصد ارزش ساختمان و چهار دوره بازگشت زلزله ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۷۵ سال به‌عنوان حد نهایی پوشش بیمه را نشان می‌دهد. این حق بیمه‌ها با استفاده از رابطه (۲) و بر اساس سطح زیر منحنی ریسک مربوط به ناحیه بیمه مازاد بر خسارات نشان داده شده در شکل (۵) محاسبه شده‌اند.



شکل (۵): ساختار کلی دومین سیستم بیمه پیشنهاد داده شده.

در جدول (۴)، حق بیمه‌ها برای ساختمان ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ کمترین و برای ساختمان ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰ بیشترین مقدار می‌باشند که از عملکرد لرزه‌ای ضعیف این ساختمان‌ها ناشی می‌شود. تقریباً تمامی حق بیمه‌ها بیشتر از حق بیمه‌ها در اولین سیستم پرداخت خسارات بیمه‌ای (جدول ۳) است که به دلیل پرداخت تمامی خسارات تنها از طرف مالکین بوده و کمک‌های دولتی وجود ندارد. در سازه‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ (همچنین ساختمان ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ در مورد رویدادهای با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله و فرانشیز ۱۰ درصد) حد ابتدایی پوشش بیمه بیشتر از خسارت مربوط به حد نهایی پوشش بیمه شده است و بنابراین حق بیمه صفر شده است و این ساختمان‌ها نیازی به خریداری پوشش بیمه‌ای ندارند. در ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ با فرانشیزهای ۵ تا ۱۰ درصد در بسیاری موارد حق بیمه‌ها صفر بوده و این بدان‌معناست که اگر مالکین ۵ تا ۱۰ درصد خسارات را خودشان بپردازند نیازی به خریداری پوشش بیمه زلزله نخواهند داشت.

جدول (۴): حق بیمه‌های نهایی در دومین سیستم پرداخت خسارات (بر اساس یک‌هزارم ارزش کل سازه).

نوع سازه	تعداد طبقات	سال ساخت سازه	حق بیمه‌های نهایی برای انواع فرانشیزها و دوره بازگشت‌های زلزله (٪)											
			۵۰ سال			۱۰۰ سال			۲۵۰ سال			۴۷۵ سال		
			۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰
فلزی	۳-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۸۰	۶۳	۴۴	۹۳	۷۶	۵۷	۱۰۱	۸۴	۶۵	۱۰۸	۹۱	۷۲
	۷-۴		۵۶	۴۱	۲۶	۶۸	۵۲	۳۸	۷۵	۵۹	۴۵	۸۲	۶۷	۵۲
	۸>		۵۲	۳۷	۲۳	۶۳	۴۸	۳۴	۷۰	۵۵	۴۱	۷۷	۶۲	۴۸
	۳-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۱۱	۴	۰	۱۶	۱۰	۳	۲۰	۱۴	۷	۲۵	۱۸	۱۱
	۷-۴		۱۱	۴	۰	۱۵	۸	۱	۱۸	۱۱	۴	۲۲	۱۵	۸
	۸>		۱۵	۷	۰	۱۹	۱۱	۳	۲۳	۱۵	۷	۲۶	۱۸	۱۰
	۳-۱	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۱	۰	۰	۳	۰	۰	۴	۱	۰	۷	۳	۰
	۷-۴		۵	۰	۰	۷	۲	۰	۹	۴	۰	۱۱	۶	۱
	۸>		۸	۲	۰	۱۱	۵	۰	۱۳	۷	۱	۱۶	۹	۳
بتن مسلح	۳-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۸۸	۷۰	۵۰	۱۰۲	۸۴	۶۴	۱۱۰	۹۱	۷۱	۱۱۷	۹۹	۷۹
	-۷۴		۶۶	۵۰	۳۴	۷۸	۶۲	۴۶	۸۶	۶۹	۵۳	۹۳	۷۷	۶۱
	۳-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۱۴	۷	۰	۲۰	۱۳	۵	۲۴	۱۷	۹	۲۹	۲۲	۱۴
	۷-۴		۱۱	۴	۰	۱۶	۹	۲	۱۹	۱۳	۵	۲۳	۱۷	۹
	۳-۱	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۱	۰	۰	۳	۰	۰	۵	۱	۰	۷	۴	۰
	۷-۴		۳	۰	۰	۵	۱	۰	۷	۳	۰	۹	۵	۰
	۸>		۶	۰	۰	۹	۳	۰	۱۱	۵	۰	۱۳	۸	۲
فلزی	۲-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۶۱	۴۶	۳۲	۷۴	۶۰	۴۵	۸۲	۶۷	۵۳	۸۹	۷۵	۶۱
	۳		۸۷	۶۸	۴۸	۱۰۰	۸۱	۶۴	۱۰۷	۸۹	۶۸	۱۱۴	۹۶	۷۹
	۲-۱	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۷	۲	۰	۱۲	۷	۰	۱۶	۱۰	۴	۲۱	۱۵	۸
	۳		۸	۲	۰	۱۳	۷	۰	۱۶	۱۰	۴	۲۰	۱۴	۷
	۲-۱	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۲	۰	۰	۴	۱	۰
	۳		۱	۰	۰	۳	۰	۰	۵	۱	۰	۷	۳	۰

۳-۱-۳- بررسی قابلیت پرداخت حق بیمه‌ها از طرف مالکین

به‌منظور بررسی قابلیت پرداخت حق بیمه‌های بر پایه ریسک محاسبه شده در این تحقیق، میانگین درآمد سالانه مالکین به‌عنوان معیاری برای مقایسه با حق بیمه‌ها انتخاب شده است. بیشترین پرداخت‌های بیمه‌ای در سیستم بیمه زلزله موجود در کشور که بخشی از بیمه آتش‌سوزی است در حدود ۰/۴۵ درصد میانگین درآمد سالانه مالکین شیراز است [۳]. ازآنجایی‌که این حق بیمه‌ها در حدود ۵۰ درصد خسارات وارد به یک ساختمان با زیربنای ۱۰۰ مترمربع را جبران می‌کنند به‌صورت ضمنی می‌توان گفت که بیشترین خسارات مربوط به زلزله‌ای با دوره بازگشت ۲۵۰ سال را جبران می‌کنند (زیرا طراحی ساختمان‌ها بر اساس آیین‌نامه لرزه‌ای ایران [۸] به‌منظور حفظ امنیت جانی بر اساس زلزله‌ای با دوره بازگشت ۴۷۵ سال است). بنابراین با هدف جبران تمامی خسارات زلزله، معیار ۱ درصد از میانگین درآمد سالانه مالکین شیراز برای مقایسه انتخاب شده است. حق بیمه‌ها که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شده‌اند در اولین ساختار بیمه‌ای پیشنهاد داده شده در جدول (۵) بر اساس درصدی از میانگین درآمد سالانه مالکین ارائه شده‌اند.

جدول (۵): حق بیمه‌ها بر اساس درصدی از میانگین درآمد سالانه مالکین شیراز در اولین ساختار بیمه زلزله.

نوع سازه	تعداد طبقات	حق بیمه برای انواع دوره بازگشت زلزله											
		سازه‌های قبل از ۱۳۷۰				سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰				سازه‌های پس از ۱۳۸۴			
		۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۷۵
فلزی	۳-۱	۱۶/۳	۲۱/۱	۲۳/۹	۲۶/۶	۰	۰	۱/۵	۳/۲	۰	۰	۰	۰
	۷-۴	۱۳/۷	۱۸/۴	۲۱/۳	۲۴/۳	۰	۰	۱/۳	۲/۸	۰	۰	۰	۰
	۸>	۱۴/۶	۱۹/۶	۲۲/۸	۲۶/۱	۰	۲/۲	۳/۷	۵/۵	۰	۰	۰/۲	۱/۴
بتن مسلح	۳-۱	۱۶/۳	۲۱	۲۳/۷	۲۶/۲	۰	۰	۱/۵	۳/۲	۰	۰	۰	۰
	۷-۴	۱۴/۷	۱۹/۴	۲۲/۳	۲۵/۱	۰	۰	۱/۳	۲/۹	۰	۰	۰	۰
	۸>	-	-	-	-	-	-	-	-	۰	۰	۰	۱/۱
مصالح بنایی	۲-۱	۶/۲	۱۰/۴	۱۲/۹	۱۵/۳	۰	۰	۰	۱/۴	۰	۰	۰	۰
	۳>	۱۴/۷	۱۹	۲۱/۴	۲۳/۷	۰	۰	۰	۱/۳	۰	۰	۰	۰

(-) ساختمانی با شرایط ذکر شده موجود نیست.

در جدول (۵)، اعداد برای ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ و همچنین ساختمان ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ (در مورد رویدادهای با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله) صفر بوده و همان‌طور که قبلاً ذکر شد نیازی به بیمه زلزله ندارند. در مورد ساختمان ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ (در مورد رویدادهای با دوره بازگشت ۲۵۰ و ۴۷۵ ساله) اعداد بین ۱ تا ۶ و برای ساختمان‌های ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰ بیشتر از ۱۰ درصد میانگین درآمد سالانه مالکین بوده که می‌توان نتیجه گرفت که حق بیمه‌ها گران و خارج از حد توانایی پرداخت ساکنین می‌باشند. محدوده اعداد برای ساختمان‌های ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ بسیار کمتر از مقادیر برای ساختمان‌های ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰ است. به‌عنوان‌مثال حق بیمه در سازه‌های فلزی ۱ تا ۳ طبقه ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰، ۲۶/۶ درصد میانگین درآمد سالانه و برای همان ساختمان که در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ ساخته شده است، ۳/۲ درصد میانگین درآمد سالانه است که بیانگر ۸/۴ برابر تغییرات است. این نتایج نشان می‌دهد که سال ساخت سازه که بیانگر آیین‌نامه ساختمانی مورد استفاده است مهم‌ترین پارامتر در تغییر خسارات و حق بیمه‌هاست.

حق بیمه‌ها در دومین ساختار بیمه‌ای پیشنهاد داده شده بر اساس درصدی از میانگین درآمد سالانه در جدول (۶) که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شده‌اند بر اساس درصدی از میانگین درآمد سالانه مالکین ارائه شده‌اند.

در جدول (۶)، تقریباً تمامی اعداد بیشتر از اعداد سیستم بیمه زلزله اول (جدول ۵) است و با افزایش دوره بازگشت زلزله در نظرگرفته شده به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابند. مسئله جالب دیگر، کاهش شدید حق بیمه‌ها با افزایش فرانشیزها از ۲ تا ۱۰ درصد می‌باشند که در برخی موارد سبب کاهش اعداد تا کمتر از ۱ درصد میانگین درآمد سالانه مالکین شده است.

جدول (۶): حق بیمه‌ها بر اساس درصدی از میانگین درآمد سالانه مالکین شیراز در دومین ساختار بیمه زلزله.

نوع سازه	تعداد طبقات	سال ساخت سازه	حق بیمه‌های نهایی برای انواع فرانشیزها و دوره بازگشت‌های زلزله (٪)											
			۵۰ سال			۱۰۰ سال			۲۵۰ سال			۴۷۵ سال		
			۲	۵	۱۰	۲	۲	۵	۱۰	۲	۲	۵	۱۰	۲
فلزی	۱-۳	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۲۹/۲	۲۲/۸	۱۶	۳۴	۲۷/۷	۲۰/۹	۳۶/۸	۳۰/۵	۲۳/۷	۳۹/۴	۳۳/۱	۲۶/۳
	۴-۷		۲۲/۷	۱۶/۵	۱۰/۷	۲۷/۳	۲۱/۲	۱۵/۳	۳۰/۲	۲۴/۱	۱۸/۲	۳۳/۲	۲۷	۲۱/۲
	> ۸		۲۴/۴	۱۷/۳	۱۰/۷	۲۹/۴	۲۲/۳	۱۵/۸	۳۲/۶	۲۵/۵	۱۹	۳۵/۹	۲۸/۸	۲۲/۳
	۱-۳	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۳/۹	۱/۵	۰	۵/۹	۳/۵	۱	۷/۴	۵	۲/۴	۹/۱	۶/۷	۴/۱
	۴-۷		۴/۳	۱/۵	۰	۶/۱	۳/۳	۰/۵	۷/۴	۴/۶	۱/۸	۸/۹	۶/۱	۳/۳
	> ۸		۶/۸	۳	۰	۹	۵/۲	۱/۵	۱۰/۵	۶/۷	۳/۱	۱۲/۳	۸/۵	۴/۸
	۱-۳	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۰/۲	۰	۰	۱	۰	۰	۱/۶	۰/۳	۰	۲/۴	۱/۱	۰
	۴-۷		۱/۹	۰	۰	۳	۰/۸	۰	۳/۷	۱/۶	۰	۴/۶	۲/۵	۰/۵
	> ۸		۳/۹	۰/۹	۰	۵/۳	۲/۲	۰	۶/۳	۳/۲	۰/۴	۷/۴	۴/۳	۱/۵
بتن مسلح	۱-۳	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۳۰/۴	۲۴/۱	۱۷/۲	۳۵	۲۸/۸	۲۱/۸	۳۷/۷	۳۱/۴	۲۴/۵	۴۰/۲	۳۳/۹	۲۷
	۴-۷		۲۵/۴	۱۹/۱	۱۲/۹	۳۰/۱	۲۳/۸	۱۷/۶	۳۲/۹	۲۶/۶	۲۰/۵	۳۵/۷	۲۹/۴	۲۳/۳
	۱-۳	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۴/۷	۲/۲	۰	۶/۸	۴/۴	۱/۷	۸/۳	۵/۸	۳/۲	۱۰	۷/۶	۴/۹
	۴-۷		۴/۳	۱/۷	۰	۶/۲	۳/۵	۰/۷	۷/۵	۴/۸	۲/۱	۹	۶/۴	۳/۶
	۱-۳	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۰/۴	۰	۰	۱/۲	۰	۰	۱/۸	۰/۵	۰	۲/۶	۱/۳	۰
	۴-۷		۱/۲	۰	۰	۲/۱	۰/۳	۰	۲/۷	۱	۰	۳/۵	۱/۷	۰/۱
	> ۸		۲/۷	۰/۲	۰	۴	۱/۴	۰	۴/۹	۲/۳	۰	۶	۳/۴	۱
مصالح بنایی	۱-۲	سازه‌های قبل از ۱۳۷۰	۱۹/۱	۱۴/۶	۱۰/۱	۲۳/۳	۱۸/۸	۱۴/۳	۲۵/۸	۲۱/۳	۱۶/۸	۲۸/۲	۲۳/۷	۱۹/۳
	۳		۲۸/۵	۲۲/۳	۱۵/۶	۳۲/۷	۲۶/۶	۲۱	۳۵/۱	۲۹	۲۲/۳	۳۷/۴	۳۱/۳	۲۵/۸
	۱-۲	سازه‌های قبل از ۱۳۸۴ و بعد از ۱۳۷۰	۲/۳	۰/۵	۰	۳/۹	۲/۱	۰/۱	۵/۱	۳/۳	۱/۳	۶/۵	۴/۷	۲/۷
	۳		۲/۸	۰/۸	۰	۴/۳	۲/۳	۰/۱	۵/۳	۳/۳	۱/۲	۶/۶	۴/۶	۲/۵
	۱-۲	سازه‌های پس از ۱۳۸۴	۰	۰	۰	۰/۳	۰	۰	۰/۷	۰	۰	۱/۲	۰/۳	۰
	۳		۰/۴	۰	۰	۱	۰	۰	۱/۵	۰/۳	۰	۲/۲	۰/۹	۰

۴- نتیجه‌گیری

سیستم بیمه زلزله موجود در کشور برای جبران تمامی خسارات زلزله کافی نیست و بنابراین وقوع یک زلزله بزرگ می‌تواند سبب مشکلات فراوانی گردد، زیرا نه‌تنها خسارات واقعی مالکان را جبران نمی‌کند بلکه در صورت وجود ادعاهای بیمه‌ای فراوان، احتمال ورشکستگی صنعت بیمه را افزایش خواهد داد. بنابراین در این تحقیق، حق بیمه‌های بر پایه ریسک با کمک مدل‌سازی احتمالاتی ریسک منطقه و در نظر گرفتن خطر لرزه‌ای و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در قالب دو ساختار بیمه زلزله پیشنهاد داده شده با هدف پرداخت تمامی خسارات زلزله و بازگشت اقتصادی مالکان به شرایط قبل از زلزله محاسبه شده‌اند. روش احتمالاتی مورد استفاده در اینجا تفاوت فراوانی را بین حق بیمه‌های موجود و حق بیمه‌های

بر پایه ریسک منطقه نشان می‌دهد که اهمیت مدل‌سازی ریسک را در فرآیند تصمیم‌گیری‌های اقتصادی نشان می‌دهد.

در اولین ساختار بیمه زلزله پیشنهاد داده شده که حد شروع پوشش بیمه بلافاصله پس از ایجاد شکاف اقتصادی مالکان است، تقریباً تمامی حق بیمه‌ها برای ساختمان‌های ساخته شده پس از سال ۱۳۸۴ و همچنین ساختمان ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ در مورد رویدادهای با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله کمتر از یک درصد میانگین درآمد سالانه مردم شیراز بوده که بیانگر این است که متناسب با قابلیت پرداخت مالکان است. حق بیمه‌های ساختمان‌های ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ در مورد رویدادهای با دوره بازگشت ۲۵۰ و ۴۷۵ ساله و تمامی ساختمان‌های ساخته شده قبل از سال ۱۳۷۰ بسیار بیشتر از یک هستند و بنابراین خارج از حد توانایی پرداخت مالکان است، بنابراین مرحله بعدی تحقیق حاضر بررسی روش‌هایی برای کاهش خسارات این ساختمان‌ها می‌باشد.

در دومین ساختار بیمه زلزله پیشنهاد داده شده، تقریباً تمامی اعداد بیشتر از اعداد اولین ساختار بیمه‌ای است البته حق بیمه‌ها با افزایش فرانشیزها به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابند. بنابراین می‌توان گفت که همکاری بخش دولتی برای پرداخت خسارات زلزله برای افزایش پایداری اقتصادی مالکین بسیار مهم است. بررسی این سیستم‌های بیمه‌ای اهمیت وجود پوشش اضافه (کمک‌های دولتی، بیمه‌های اتکایی، ...) را برای پوشش ریسک‌های بزرگ نشان می‌دهد.

باید توجه داشت که حق بیمه‌ها در اینجا با میانگین درآمد سالانه خانوارهای با درآمد متوسط مقایسه شده است که در مورد گروه‌های با درآمد پایین که بیشتر در ساختمان‌های قدیمی‌تر سکونت دارند، شرایط سخت‌تر شده و نیاز به کمک‌های دولتی ضروری خواهد شد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق ارائه‌دهنده بخشی از نتایج YSSP 2013 در International Institute of Applied System Analysis (IIASA) می‌باشد. نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از زحمات دکتر Joanne Linnerooth-Bayer و پروفسور Georg Pflug برای نظرات ارزنده و راهنمایی‌هایشان تشکر و قدردانی نمایند.

مراجع

1. Ghafory-Ashtiany, M. (2006) Earthquake risk in Iran and risk reduction achievement from Manjil earthquake to post-bam strategy. *8th U.S. National Conference on Earthquake*.
2. Statistical center of Iran. [Online]. Available: http://www.amar.org.ir [2014].
3. Iranian Students News Agency (ISNA) [Online]. Available: http: //www. isna.ir [2014].
4. Ghafory-Ashtiany, M. (2010) Earthquake Risk Management Insurance. *Proceeding of UNESCO-RELEMR Seismicity and Earthquake Engineering in the Extended Mediterranean Region Workshop*, Ankara, Istanbul, June, 21-24.
5. Sadeghi, M., Hochrainer-Stigler, S., Ghafory-Ashtiany, M. (2015) Evaluation of earthquake mitigation measures to reduce economic and human losses: a case study to residential property owners in the metropolitan area of Shiraz, Iran. *Nat. Hazards.*, **78**, 1811-1826.
6. Sadeghi, M., Ghafory-Ashtiany, M., and Pakdel-Lahiji, N. (2017) Multi-objective optimization approach to define risk layer for seismic mitigation, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, **8**(2), 257-270, DOI: 10.1080/19475705.2016.1199446.
7. Central Insurance of Iran. [Online]. Available: http://www.centinsur.ir. [2014].
8. Standard code No. 2800 (2005) *Iranian Seismic Building Code, 3rd Edition*. Building and Housing Research Center, Tehran (in Persian).
9. Walker, G.R. (2000) Earthquake engineering and insurance: past, present and future, *12WCEE*.
10. Amendola, A., Ermoliev, Y., Ermolieva, T. Y., Gitis, V., Koff, G., and Linnerooth-Bayer, J. (2000) A systems approach to modeling catastrophic risk and

Tehran, Iran.

20. Sadeghi, M., Ghafory-Ashtiany, M., Pakdel-Lahiji, N. (2015) Developing seismic vulnerability curves for typical Iranian buildings. *J. Risk Reliab*., **229**(1), 627-640.

21. Walker, G.R. (1995) Insurance as a tool for reducing natural hazard impact. *Insurance Viability & Loss Mitigation*. (Ed. N.R. Britton, J. McDonald & J. Oliver), Alexander Howden Reinsurance Brokers (Australia), 211-223.

22. Swiss Re. (1996) *An Introduction to Reinsurance*. Zurich, Swiss Reinsurance Company.

23. Andersen, T.J. (2001) *Managing Economic Exposures of Natural Disasters: Exploring Alternative Financial Risk Opportunities and Instruments*. Washington DC, IDB.

24. Froot, K.A. (ed.) (1999) *The Financing of Catastrophe Risk*, Chicago: University of Chicago Press: FEMA.

25. Swiss Re. (1997) *Too little reinsurance of natural disasters in many markets*. Zurich, Swiss Reinsurance Company.

26. Hochrainer, S. (2006) *Macroeconomic Risk Management against Natural Disasters*. Wiesbaden, Germany: German University Press (DUV).

27. Pakdel-Lahiji, N., Hochrainer-Stigler, S., Ghafory-Ashtiany, M., Sadeghi, M. (2014) Consequences of financial vulnerability and insurance loading for the affordability of earthquake insurance systems: evidence from Iran. *Geneva papers on risk and insurance—issues and practice.*

28. Grossi, P., Kunreuther, H., Windeler, D. (2005) *Catastrophe Modeling, a New Approach*. New York: Springer.

29. Pollner, J. (2001) *Honduras Catastrophe Risk Management. Using Alternative Risk Financing and Insurance Pooling Mechanisms*. Research working paper 2560. Washington DC, World Bank.

30. Mechler, R. (2004) *Natural Disaster Risk Management and Financing Disaster Losses in Developing Countries.* Karlsruhe, Verlag Versicherungswirtschaft GmbH.

insurability. *Nat. Hazards*, **21**, 381–393.

11. Scawthorn, C., Kunreuther, H., and Roth Jr., R. (2003) Insurance and financial risk transfer. W.-F Chen. and C, Scawthorn (eds.), *Earthquake Engineering Handbook*, CRC Press, Chapter 32.

12. Petseti, A. and Nektarios, M. (2012) Proposal for a national earthquake insurance programme for Greece. *The Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice*, **37**(2), 377–400.

13. Zhi, Z. and Ting, W. (2011) Selection and design for earthquake catastrophe insurance system in China. *China Soft Science*, (1), 17–24.

14. Xue, Q., Chen, C.C. and Chen, K.C. (2010) Damage and loss assessment for the basic earthquake insurance claim of residential RC buildings in Taiwan. *Journal of Building Appraisal*, **6**(3), 213–226, doi:10.1057/jba.2010.23.

15. Chena, C.C., Xue, Q., Shih, F.M. and Chi, W.C. (2011) Development of total loss claim determination information system for reinforced concrete for residential earthquake basic insurance in Taiwan. *Procedia Engineering*, **14**(1), 1408–1416.

16. UNISDR, From Shared Risk to Shared Value—The Business Case for Disaster Risk Reduction, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) (2013) [Online]. Available: www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/?pid:34&pil:1, [1 June 2014].

17. Zolfaghari, M. (2003) Catastrophe Risk Management, an insurance-Based post disaster recovery plan. *Proceeding of the Forth International Conference on Seismology and Earthquake Engineering*, Tehran, Iran.

18. Ghafory-Ashtiany, M., Naser-Asadi, K. (2011) Earthquake Premium Index Evaluation for Buildings in Iran. *Proceeding of 1st International Conference of Integrated Research on Disaster Risk*, Beijing, China.

19. Ghafory-Ashtiany, M. and Naser-Asadi, K. (2011) *Iran new earthquake insurance index-final management report*. Insurance faculty: Contract No. 1925-16,

31. Woo, G. (2002) Natural Catastrophe Probable Maximum Loss. *British Actuarial Journal*, Volume 8, Part V.

32. Sadeghi, M., Hochrainer-Stigler, S., Ghafory-Ashtiany, M., Pakdel-Lahiji, N. (2014) Earthquake risk modeling for the evaluation of losses to property owners in the metropolitan area of Shiraz. *Proceedings of the 10th U.S. National Conference in Earthquake Engineering*. Anchorage (AK): Earthquake Engineering Research Institute. doi:10.4231/ D38W3831V.

33. Pakdel-Lahiji, N., Hochrainer-Stigler, S., Ghafory-Ashtiany, M., and Sadeghi, M. (2014) Risk management strategies for managing natural disaster risks: a case study in Shiraz City, Iran. *Proceedings of the 10th U.S. National Conference in Earthquake Engineering*. Anchorage (AK): Earthquake Engineering Research Institute. doi:10.4231/D32F7JR7R.

واژه‌نامه

۱- منحنی احتمال فراگذشت	Exceedance Probability Curve
۲- منحنی‌های آسیب‌پذیری	Vulnerability Curves
۳- غیر نسبی	Non-Proportional
۴- نقطه شروع یا فرانشیز	Attachment Point or Franchise
۵- مقدار بیشینه	Exit or Exhaustion Point
۶- مازاد بر خسارت	Excess-of-Loss (XL)
۷- میانگین خسارت سالانه	Average Annual Loss (AAL)