فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲
صفحات ۳۵-۴۸
Print ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

مطالعه عوامل موثر و روش های تعیین حق بیمه زلزله با تأکید بر روش بیزی

مهدی مهدوی عادلی۱، سعید جمشیدی*۲، سید عظیم حسینی۳

۱- استادیار هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی(mehmahad@yahoo.com)

۲- نویسنده مسئول*: دانشجوی دکتری مهندسی عمران ، مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب (saeidartman@yahoo.com)

۳- هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب (استادیار) گروه مهندسی عمران ، مهندسی و مدیریت ساخت (Azim_hosseini@Azad.ac.ir)

چکیده

هدف این تحقیق مطالعه عوامل موثر و روش های تعیین حق بیمه زلزله با تأکید بر روش بیزی می باشد. روش تحقیق به صورت مروری و با بررسی مطالعات مختلف در این زمینه و بخصوص مطالعاتی که از روش بیزی برای ارزش گذاری نرخ بیمه زلزله استفاده کردند بوده است. نتایج نشان داد که یکی از عمده مشکلاتی که در زمینه بیمه ساختمان وجود دارد، عدم وجود مدل‌های تحلیلی است که شامل پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان است، در کشور ما با توسعه روش‌ها و ارائه مدل‌های تحلیلی با پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان‌ها که شرایط بومی ایران را در نظر بگیرد، توصیه شایانی می‌توان به شرکت‌های بیمه کرد. با کمک این مدل‌ها، شرکت‌های بیمه می‌توانند برآورد منطقی و مستندی از ریسک‌های مرتبط با آسیب پذیری ساختمان‌ها از جمله وضعیت زلزله خیزی شهر و محل احداث ساختمان، پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان‌ها، آیین‌نامه و مقررات ملی کشور، کیفیت اجرا، نوع سیستم سازه‌ای، سال احداث ساختمان و مواردی از این قبیل داشته باشند. رگرسیون بیزی که اطلاعات آن مبنای رگرسیون خطی قرار می گیرد، هم پارامترها و هم داده ها را به عنوان متغیرهای تصادفی ترکیب می کند. مزیت اصلی این روش به دست آوردن حالت تصادفی در برآوردگرهای مدل رگرسیون خطی با استفاده از توزیع های احتمال شرطی است.

واژه‌های کلیدی: حق بیمه، زلزله، روش بیزی

مقدمه

کشور ایران سال‌های متمادی است که از پدیده‌های طبیعی هم چون زلزله، زمین لغزش و سیل، متحمل خسارت‌های بیشماری می‌گردد. یکی از این پدیده‌های طبیعی که سالیان اخیر مورد توجه خاص هم قرار گرفته، پدیده زمین لرزه است. برای کاهش این عوارض و جبران این خسارت‌ها یکی از سازمان‌هایی که در کنار دیگر سازمان‌ها و بخش‌های مسئول دارای توان بالقوه مناسبی است، صنعت بیمه و شرکت‌های بیمه است. اقدامات صنعت بیمه می‌تواند در راستای سه هدف کلی (پیشگیری، پذیرش و انتقال ریسک) در جهت کاهش خسارت و پرداخت غرامت به خسارت دیدگان مؤثر باشد و همچنین با ارائه نرخ‌های مناسب و به کارگیری معیارهای بازدارنده از جمله طراحی برای زلزله در کاهش آثار سوء ناشی از این قبیل سوانح بسیار مؤثر باشد (بسطامی و همکاران، ۱۳۹۱).

ارائه خدمات بیمه‌ای متنوع که مستلزم پیش شرط‌های مقاوم سازی و ایمن سازی ساختمان است و همچنین مسئولیت پذیری هر یک از عوامل دخیل در ساخت و ساز ساختمان (اعم از مجری، طراح، محاسب، ناظر، پیمانکار اصلی و پیمانکاران فرعی، تولید کنندگان و فروشندگان مصالح و تجهیزات و تأسیسات ساختمانی) متناسب با سهمشان در کیفیت ساختمان احداث شده، می‌تواند به بهبود کیفیت ساختمان‌ها و عمر مفید آن‌ها و مقاوم سازی و ایمن سازی ساختمان کمک قابل ملاحظه‌ای نماید. در ایران بیمه زلزله به عنوان زیر مجموعه‌ای از بیمه‌های دیگر از قبیل آتش سوزی ارائه می‌شود. متأسفانه در این مورد نیز دیدگاه فقط دیدگاه جبران خسارت است، بدون توجه به این که در صورت ارائه بیمه نامه‌ای که بتواند خسارات ناشی از وقوع زلزله را کاهش دهد، می‌تواند در جهت اصلاح شرایط ساخت و ساز و تشویق به بهسازی لرزه‌ای مفید واقع شود. البته پس از پیش آمد زلزله بم این پوشش بیمه‌ای بیشتر مورد توجه قرار گرفت. در قرن بیستم، ۲۲ زلزله بزرگ که جان ۱۵۰۰۰۰ نفر را تهدید کرد، در ایران گزارش شده است (غفوری آشتیانی[1] ۲۰۰۶). به صورت کلی زلزله‌ها در ایران هزینه‌های فراوانی به جای گذاشته‌اند، این هزینه‌ها به روش‌های مستقیم و غیر مستقیم از طرف حکومت، مردم، شرکت‌های بیمه و خیرین پرداخت شده‌اند.

دارا بودن سیستم بیمه زلزله کارا در کشور، گامی مهم در مدیریت ریسک سوانح به شمار می‌رود. بیمه زلزله می‌تواند مشوق‌هایی را در به کارگیری روش‌های کاهش ریسک ایجاد کند که در مدیریت ریسک، بسیار مهم هستند (مرکز آمار ایران، ۲۰۱۴). متأسفانه در ایران پوشش بیمه زلزله به صورت جداگانه در دسترس نبوده و به صورت بخشی از بیمه آتش سوزی ارائه شده است. از طرف دیگر در ایران تنها در حدود ۱۰ درصد ساختمان‌های دارای بیمه آتش سوزی، دارای این پوشش هستند (خبرگزاری دانشجویان ایران، ۲۰۱۴).

روش‌های مدیریت ریسک عبارتند از توزیع ریسک و کاهش ریسک، کاهش آسیب پذیری سازه‌ها از طریق روش‌های موجود مقاوم سازی سازه‌ها، منجر به کاهش ریسک اقتصادی و انسانی منطقه می‌گردد (صادقی و همکاران[2] ۲۰۱۵) ولی باید توجه نمود که این هزینه‌ها توجیه اقتصادی لازم را داشته باشند، به این معنی که هزینه نهایی بیمه برای مالکین کاهش یابد (صادقی و همکاران، ۲۰۱۷).

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 منعکس کننده ریسک موجود هر منطقه جغرافیایی و بر اساس انواع سیستم‌های ساختمانی موجود باشند. این کار در فرایند شکل گیری تصمیم گیری‌ها 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 (پاکدل لاهیجی و غفوری آشتیانی، ۱۳۹۸).

نرخ حق بیمه برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۲ از طرف بیمه مرکزی پایه گذاری 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.

---

[1] - Ghafory - Ashtiany

[2] - Sadeghi, et al.

جدول ۱: نرخ حق بیمه‌های موجود (بر اساس یک هزارم ارزش کل سازه) (وب سایت بیمه مرکزی ایران) (مرکز آمار ایران، ۲۰۱۴)

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 آیین نامه 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 بنابرین پرداخت خسارات نیز بر اساس خسارات واقعی نخواهد بود که در این صورت نه تنها خسارات واقعی مردم جبران نخواهد شد، بلکه فروش تعداد زیادی از بیمه‌نامه‌ها می‌تواند سبب افزایش احتمال ورشکستگی صنعت بیمه گردد. همچنین این پوشش بیمه به صورت بخشی از بیمه آتش سوزی ارائه شده است، در صورتی که بر اساس تجربه سایر کشورها در زمینه بیمه زلزله، در نظر گرفتن بیمه زلزله به عنوان بخشی از بیمه آتش سوزی تنها باید مختص به مناطقی باشد که دارای ریسک زلزله اندکی هستند (والکر[3] ۲۰۰۰).

مطالعات فراوانی در کشورهای مختلف در زمینه بیمه زلزله انجام شده است، به عنوان مثال، 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 به عنوان 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 خسارات زلزله از طریق تلاش برای محاسبه دقیق‌تر خسارات زلزله و در نتیجه جبران خسارات واقعی مردم شده است. بر اساس تحقیقات انجام شده در صورتی که حق بیمه‌ها بیانگر درستی از خسارات واقعی رویداد باشند بیمه می‌تواند مشوق بسیار خوبی برای کاهش ریسک باشد (سازمان ملل متحد استراتژی بین المللی کاهش سوانح[4] ۲۰۱۳). وجود یک سیستم مدیریت ریسک مناسب در ایران و همچنین سایر کشورهای در حال توسعه که دارای آسیب پذیری بالای ساختمان‌ها در برابر زلزله و منابع محدود مالی برای جبران خسارات زلزله می‌باشد، ضروری است (ذلفقاری[5] ۲۰۰۳). همچنین بر اساس تجربه زلزله‌های گذشته در ایران، دولت همواره به عنوان بیمه‌گر رایگان پرداخت خسارات زلزله را بر عهده گرفته و بنابراین مردم تمایل چندانی به بیمه کردن اموال خود در برابر زلزله‌های بزرگ ندارند (غفوری آشتیانی و ناصر اسدی[6] ۲۰۱۱). لازم به ذکر است که شاخص‌های پایه‌ای ریسک برای بیمه زلزله برای اولین بار در سال ۱۳۹۰ توسط غفوری آشتیانی و ناصر اسدی (۲۰۱۱) با بهره گیری از روش میانگین خسارات سالانه ارائه شد. منحنی‌های احتمال فراگذشت[7] و منحنی‌های آسیب پذیری[8] نیز که مبنای اصلی کمّی سازی ریسک زلزله و در نتیجه محاسبه حق بیمه‌ها

[3] - Walker

[4] - United Nation Office for Disaster Risk Reduction, (UNISDR)

[5] - Zolfaghari

[6] - Ghafory - Ashtiany & Naser - Asadi

[7] - Exceedance Probability Curve

[8] - Vulnerability Curves

بر پایه ریسک موجود در کشور باشند، برای نخستین بار در ایران توسط صادقی و همکاران (صادقی و همکاران، ۲۰۱۵) برای انواع سیستم‌های سازه‌ای در ایران ارائه شده‌اند.

- ارزش گذاری حق بیمه زلزله

ارزیابی نرخ های حق بیمه زلزله بر اساس احتمال مشروط خسارت با توجه به سطح خطر زلزله است. فرکانس زلزله که برای همه سازه ها یکسان است ممکن است منجر به تغییر شدت با توجه به ویژگی های سازه ای مانند نوع سازه و عمر سازه پیکربندی شود. اجزای نرخ ها به شرح زیر است: (i) برآورد خطر لرزه ای: این یک تحلیل احتمالی خطر لرزه ای است که احتمال بقای سازه را تحت بار لرزه ای خاص تعیین می کند. تصادفی بودن وقوع زلزله، مقدار آن، زمان و مکان از توزیع های احتمال خاصی پیروی می‌کند که موجب تخمین احتمال مشروط شدت بیش از حد معینی را که باعث ایجاد خسارت می‌شود، می گردد. تحت مفروضات توزیعی، بزرگی زلزله از توزیع نمایی تبعیت می کند. در اینجا فرض بر این است که وقوع زلزله در فضا دارای توزیع یکنواخت در یک مکان لرزه ای است که بیشتر به صورت گسل تعریف می شود و توزیع پواسون برای بررسی رفتار رویدادها در یک حوزه زمانی خاص در نظر گرفته می شود. (ii) برآورد خسارت احتمالی: آسیب‌پذیری لرزه ای به ظرفیت تصادفی سازه بستگی دارد که با رویکرد احتمالی مدل سازی می‌شود. احتمال آسیب بستگی به وضعیت سازه با توجه به سطح تهدید لرزه ای دارد. برای این منظور، یک ماتریس احتمال آسیب (DPM) برای نشان دادن تاثیر سطوح مختلف شدت لرزه ای (I) بر اساس شرایط فیزیکی به نام حالت آسیب (DS) سازه ساخته می شود [۱۹]. هر جزء در DPM به Pk (DS, I) اشاره دارد که احتمال تجربی اینکه سازه نوع k ام مستعد سطح شدت لرزه ای I باشد به حالت آسیب DS وابسته است. حالت های آسیب شامل حالت بدون آسیب (N)، آسیب کم (G)، آسیب متوسط (M) و آسیب / فروپاشی سنگین (H / G) شناخته می شود. انواع سازه هایی که در نظر گرفته می شوند عبارتند از فولاد-بتن، حالت سنگ تراشی و غیره. معیار اصلی در تعیین احتمالات نسبت آسیب (DR) است که بیانگر نسبت هزینه تعمیر خسارت زلزله به هزینه جایگزینی سازه است. DR ممکن است طیف وسیعی از سطوح را نشان دهد، بنابراین، برای سادگی، یک DR واحد، به نام DR مرکزی (GDR) به هر DS اختصاص داده می شود. GDR برای هر حالت خسارت به ترتیب ۰٪، ۵٪، ۳۰٪ و ۸۵٪ برای حالت های N، L، M و H/C بر اساس طبقه بندی DS و توسط اداره کل امور بلایای وزارتخانه امور عمومی و شهرک سازی در ترکیه تعیین شده است [۱]. میانگین نسبت آسیب (MDR) برای هر سطح شدت، I، به صورت زیر تعریف می شود [۲]:

$$MDR_k(I) = \sum_{DS} P_k(DS, I) \cdot CDR_{DS}, \qquad (1)$$

که در آن DS حالت آسیب را نشان می دهد که یکی از مقادیر روی مجموعه N، G، M، H، C را در بر می گیرد. در [۲۱]، یک معیار خسارت زلزله برای kامین نوع سازه و نسبت خسارت سالانه مورد انتظار (EADRk) به صورت زیر تعریف می شود:

$$EADR_k = \sum_{I} MDR_k(I) \cdot SH_I, \qquad (2)$$

که در آن SHi احتمال وقوع سالانه زلزله با توجه به شدت I در محل است. سپس، حق بیمه خالص ریسک، πh، برای یک ساختار نوع kام طبق ارزش بیمه G را می توان به صورت زیر محاسبه کرد.

$$\pi_k = EADR_k \cdot G.$$

طبق اصول حق بیمه، یک ضریب بار، θ، باید به صورت خالص پرداخت شود تا هزینه های اضافی و غیرمنتظره را پوشش دهد که ارزش گذاری حق بیمه ناخالص، Φ_k محاسبه می شود:

$$\Phi_k = \pi_k(1 + \theta);$$

در اینجا، شاخص k نشان دهنده نوع ساختاری است که در بالا توضیح داده شد.

- مدل رگرسیون بیزی

رگرسیون بیزی که اطلاعات قبلی آن مبنای رگرسیون خطی قرار می گیرد، هم پارامترها و هم داده ها را به عنوان متغیرهای تصادفی ترکیب می کند. مزیت اصلی این روش به دست آوردن حالت تصادفی در برآوردگرهای مدل رگرسیون خطی با استفاده از توزیع های احتمال شرطی است. مدل رگرسیون خطی چندگانه طبق اطلاعات قبلی به صورت زیر نوشته شده است:

$$y = X\beta + \epsilon, \qquad (3)$$

که در آن y نشان دهنده یک بردار n*1 از متغیرهای وابسته، X نشان دهنده یک ماتریس n*k متغیرهای توضیحی و € یک بردار خطای تصادفی n*1 است که توزیع نرمال با میانگین μ و واریانس $\sigma^2 I_n$ را نشان می دهد. مدل های رگرسیون خطی نیاز به تخمین پارامترهای (β، σ) دارند که برای آنها چگالی قبلی را به شکل $h(\beta,\sigma) = h_1(\beta)h_2(\sigma)$ اختصاص می دهیم [۹]. از این رو، ما این فرض را پیش از این داریم که β مستقل از σ است. علاوه بر این، با توجه به این چگالی قبلی، میانگین و واریانس این پارامترها را به صورت زیر مشخص می‌کنیم:

$$\beta \sim N(r,T) \text{ and } h_1(\beta) \propto \exp\left[-\frac{1}{2}(\beta - r)'^{-1}(\beta - r)\right].$$

در اینجا، T ماتریس کوواریانس قبلی m*m است که از مقادیر قبلی کوواریانس تشکیل شده است. برای حالتی که m < k می باشد، معادله فوق نامناسب است. به همین دلیل یک شکل جایگزین با فاکتورسازی T^{-1} به Q'^{-1} و q = Qr منجر به وضعیت زیر می شود:

$$Q\beta \sim N(q, I_m) \text{ and } h_1(\beta) \propto \exp\{-\frac{1}{2}(Q\beta - q)'(Q\beta - q)\}.$$

برای سادگی، ما فرض میکنیم که $h_2(\sigma) \propto \frac{1}{a}$ برای σ برقرار است. با پیروی از رویکرد بیزی، تابع احتمالی به صورت زیر نوشته می شود:

$$L(\beta,\sigma) \propto \frac{1}{\sigma^n}\exp[(y - X\beta)'^2] \qquad (4)$$

بدین ترتیب چگالی خلفی برای (β، σ) به صورت زیر به دست می آید:

$$\begin{aligned} p(\beta,\sigma) &\propto (\frac{1}{\sigma^{n+1}})\exp[\beta - \widehat{\beta}(\sigma)]'[V(\sigma)]^{-1}[\beta - \widehat{\beta}(\sigma)] \\ \widehat{\beta}(\sigma) &= (X'X + \sigma^2 Q'Q)^{-1}(X'y + \sigma^2 Q'q) \qquad (5) \\ V(\sigma) &= \sigma^2(X'X + \sigma^2 Q'Q)^{-1}. \end{aligned}$$

از آنجایی که میانگین و واریانس حالت پسین مشروط به σ است، مساله رگرسیون بیزی راه حل تحلیلی ندارد. بنابراین، برای حالت کششی، از رویکرد تیل و گلدبرگر [24] پیروی می کنیم و σ2 را با مقدار تخمینی $\widehat{\sigma}^2 = (y - X\widehat{\beta})'(y - X\widehat{\beta})/(n-k)$ جایگزین می کنیم، که به مقدار تخمینی حداقل مربعات β^ بستگی دارد. نقطه مولد فیل برآوردگر $\widehat{\beta}_{TG}$ و واریانس کوواریانس آن به شرح زیر ارائه شده است

$$\begin{aligned} \widehat{\beta}_{TG} &= (X'X + \widehat{\sigma}^2 Q'Q)^{-1}(X'y + \widehat{\sigma}^2 Q'q), \\ var(\widehat{\beta}_{TG}) &= \widehat{\sigma}^2(X'X + \widehat{\sigma}^2 Q'Q)^{-1}. \end{aligned} \qquad (6)$$

به منظور ارائه راه حلی برای ادغام چندگانه بیزی تحت چگالی های شرطی از نمونه گر گیبس استفاده شده است. روش نمونه برداری دو مرحله‌ای گیبس برای رگرسیون بیزی که در بالا توضیح داده شد، برای به دست آوردن میانگین و واریانس توزیع خلفی برای β مشروط به σ، همانطور که در معادله (۵) داده شده است، اجرا می‌شود.

چگالی حاشیه ای خلفی σ مشروط به β با مقیاس ۲ معکوس شده است که به صورت زیر می باشد:

$$p(\sigma|\beta) \propto (\frac{1}{\sigma^{(n+1)}})\exp\left[[-(y - X\beta)'(y - X\beta)]\right], \qquad (7)$$

که در آن

$$[(y - X\beta)'^2]|\beta \sim \chi^2(n). \qquad (8)$$

با استفاده از این دو احتمال خلفی مشروط، ما پارامترهای (β, σ) را از طریق محاسبات نمونه‌گر گیبس تخمین می‌زنیم که در نهایت، به طور متوسط، به چگالی خلفی مشترک همگرا می‌شود.

نتیجه گیری و بحث

مطالعات فراوانی در کشورهای مختلف در زمینه بیمه زلزله انجام شده است، به عنوان مثال، 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 به عنوان 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 خسارات زلزله از طریق تلاش برای محاسبه دقیق‌تر خسارات زلزله و در نتیجه جبران خسارات واقعی مردم شده است. بر اساس تحقیقات انجام شده در صورتی که حق بیمه‌ها بیانگر درستی از خسارات واقعی رویداد باشند بیمه می‌تواند مشوق بسیار خوبی برای کاهش ریسک باشد (سازمان ملل متحد استراتژی بین المللی کاهش سوانح[9] ۲۰۱۳). وجود یک سیستم مدیریت ریسک مناسب در ایران و همچنین سایر کشورهای در حال توسعه که دارای آسیب پذیری بالای ساختمان‌ها در برابر زلزله و منابع محدود مالی برای جبران خسارات زلزله می‌باشد، ضروری است (ذلفقاری،[10] ۲۰۰۳). همچنین بر اساس تجربه زلزله‌های گذشته در ایران، دولت همواره به عنوان بیمه‌گر رایگان پرداخت خسارات زلزله را بر عهده گرفته و بنابراین مردم تمایل چندانی به بیمه کردن اموال خود در برابر زلزله‌های بزرگ ندارند (غفوری آشتیانی و ناصر اسدی،[11] ۲۰۱۱). لازم به ذکر است که شاخص‌های پایه‌ای ریسک برای بیمه زلزله برای اولین بار در سال ۱۳۹۰ توسط غفوری آشتیانی و ناصر اسدی (۲۰۱۱) با بهره گیری از روش میانگین خسارات سالانه ارائه شد. منحنی‌های احتمال فراگذشت[12] و منحنی‌های آسیب پذیری[13] نیز که مبنای اصلی کمّی سازی ریسک زلزله و در نتیجه محاسبه حق بیمه‌ها بر پایه ریسک موجود در کشور باشند، برای نخستین بار در ایران توسط صادقی و همکاران (صادقی و همکاران، ۲۰۱۵) 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 ساخت و سازهای مقاوم در برابر زلزله و استفاده از روش‌های کاهش آسیب پذیری به منظور کاهش ریسک موجود که می‌تواند منجر به کاهش حق بیمه‌ها گردد، می‌توانند نقش مهمی را ایفا نمایند (والکر، ۱۹۹۵).

ریسک‌های بزرگ و فاجعه آمیز معمولاً به عنوان قراردادهای غیر نسبی[14] که طبق قرارداد بیمه‌گر اتکایی، پرداخت لایه (بخش) معینی از خسارات را می‌پذیرد، مطرح می‌شوند، به این معنی که بیمه‌گر، خسارات را تا یک مقدار معین که نقطه شروع یا فرانشیز[15] نامیده شود، می‌پردازد و سپس بیمه‌گر اتکایی پرداخت مابقی خسارات را تا یک مقدار بیشینه[16] به عهده می‌گیرد

---

9 - United Nation Office for Disaster Risk Reduction, (UNISDR)

10 - Zolfaghari

11 - Ghafory - Ashtiany & Naser - Asadi

12 - Exceedance Probability Curve

13 - Vulnerability Curves

14 - Non - Proportional

15 - Attachment Point or Franchise

16 - Exit or Exhaustion Point

(اندرسن[17]؛ ۲۰۰۱). نوعی از قرارداد بیمه اتکایی غیر نسبی، قرارداد بیمه اتکایی مازاد بر خسارت[18]نامیده می‌شود که پوشش غالب بیمه اتکایی در رابطه با وقایع طبیعی به شمار می‌رود (فروت[19]؛ ۱۹۹۹). از آن جایی که در حال حاضر حکومت به دلیل پرداخت خسارات اموال عمومی به عنوان شبه (نیمه) بیمه‌گر عمل می‌کند، می‌توان فرض نمود که آن‌ها با خرید بیمه اتکایی مازاد بر خسارت از پرتفوی خود محافظت می‌کنند (هوچراینر[20]؛ ۲۰۰۶).

در برخی کشورها، حق بیمه زلزله برای یک سازه بر اساس درجه ایمن سازی آن برآورد می‌شود و مالک هر ساختمان بر اساس این که ساختمان وی تا چه حد در مقابل زلزله آسیب پذیر است، حق بیمه پرداخت می‌کند که مهمترین نتیجه آن تشویق مالکان به انتخاب دقیق‌تر ساختگاه‌های ایمن و رعایت هر چه بیشتر مقررات و ضوابط تعیین شده از سوی مراجع ذی صلاح خواهد بود. در این زمینه، کیفیت سازه و مراحل ساخت در تمامی کشورهای لرزه خیز جهان یکی از مهمترین فاکتورها در تعیین نرخ بیمه زلزله است. تخمین دقیق میزان آسیب پذیری ساختمان‌ها برای تعیین نرخ بیمه مناسب به همراه بالا بردن توان مالی شرکت‌های بیمه از مبانی گسترش صنعت بیمه در بخش ساختمان است.

در خصوص بیمه زلزله ساختمان، پژوهش‌هایی هر چند انگشت شمار در کشورهای دیگر انجام شده است. این پژوهش‌ها در زمینه‌های مختلف مانند زلزله‌های تاریخی، تاریخچه بیمه زلزله، بیمه حوادث مصیبت بار هم چون زلزله، تسونامی، سیل، طوفان و... صورت گرفته‌اند. برخی از محققان نیز میزان تمایل افراد برای خرید بیمه زلزله در کشورهای مختلف را بررسی کرده‌اند و برخی دیگر روش‌های مدیریت ریسک زلزله را تجربه و تحلیل کرده‌اند.

اندرسون[21](۱۹۷۶)، کانریدر[22](۱۹۸۴)، گلتز[23](۱۹۸۵)، گریس و همکاران[24](۲۰۰۰)، پالم و هودسون[25](۱۹۹۲)، بومر و همکاران[26](۲۰۰۲)، فوجیمی و تاتانو[27](۲۰۰۷)، هوا لی و ای سای[28](۲۰۰۷)، یوسمن[29](۲۰۰۸)، والکر[30](۲۰۰۹ a,b,c)،

---

1 - Andersen 7

1 - Excess - of - Loss, (XL). 8

1 - Froot 9

2 - Hochrainer 0

2 - Anderson 1

2 - Kunreuther 2

2 - Goltz 3

2 - Grace, et al. 4

2 - Palm & Hodgson 5

2 - Bommer, et al. 6

2 - Fujimi & Tatano 7

2 - Hua Lai & Hsieh 8

2 - Yucemen, et al. 9

3 - Walker 0

کینگ[1] (۲۰۱۰)، لاتوریت و همکاران[2] (۲۰۱۰)، غفوری آشتیانی (۱۳۸۹) و غفوری آشتیانی و ناصر اسدی (۱۳۹۰) تحقیقاتی در ارتباط با عوامل تأثیر گذار بر میزان تقاضای بیمه زلزله و بررسی نرخ بیمه انجام داده‌اند.

فوجیمی و تاتانو به طور تجربی تأثیر ابهام مالکین خانه و همچنین ویژگی‌های فردی خانه داران را در خرید بیمه زلزله بر اساس ماکسیمم کردن مینیمم مطلوبیت مورد انتظار افراد بررسی کردند. مهمترین نتایج این تحقیق عبارتند از: متقاضیان بیمه بیش از ۵۰٪ کاهش در حق بیمه برای جبران ریسک ارزیابی ارزیابان خسارت انتظار دارند. ابهام مردان برای خرید بیمه زلزله بیش از زنان است و با افزایش سن و تحصیلات فرد افزایش می‌یابد. یوسمن و همکاران (۲۰۱۸) یک مدل احتمالی ساده برای تعیین نرخ‌های بیمه زلزله برای ساختمان‌های مهندسی مهم پیشنهاد کردند. این مدل اطلاعاتی در مورد خطرات زلزله و اطلاعاتی در زمینه خسارت مورد انتظار زلزله برای ساختمان‌های مهندسی به روش سیستماتیک و برآوردهای حاصل از حق بیمه‌های زلزله را جمع آوری می‌کند. مدل پیشنهادی جهت برآورد حق بیمه‌های زلزله برای ساختمان‌های واقع در تقاطع کوه بولو و شاهراه گوموسوا در ترکیه مطرح شده است. مدل به دو نوع مطالعه می‌پردازد: تجزیه و تحلیل خطر زلزله و برآورد خسارت نهانی برای ساختمان‌ها بر اساس ماتریس‌های احتمال خسارت.

غفوری آشتیانی و ناصر اسدی (۱۳۹۰) مطالعه جامعی در ارتباط با بررسی نرخ بیمه در ایران انجام دادند و نرخ‌های بیمه‌ای را برای تیپ‌های مختلف ساختمانی برای شهرهای کشور با ریسک مختلف لرزه‌ای ارائه کردند. در این پژوهش، بررسی‌هایی در ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر میزان تقاضای بیمه زلزله و بررسی نرخ بیمه انجام شده است. عمده ایراد مشترک این تحقیقات عدم استفاده از روش‌های دقیق مهندسی سازه و آنالیزهای سازه‌ای غیر خطی در برآورد خسارات ساختمان‌های مورد مطالعه است. در این تحقیق سعی شده است تا این ایراد بر طرف شود و با کمک روش‌های دقیق مهندسی سازه، مدل سازی ساختمان‌های مورد بررسی، انجام شده است.

سوکونو و همکاران (۲۰۲۰) تعیین حق بیمه زلزله با استفاده از روش بیزی را مورد مطالعه قرار دادند. هدف این تحقیق محاسبه میزان حق بیمه با استفاده از تلفات تخمینی زلزله قبلی است. این تحقیق از روش بیزی برای تخمین میزان زیان استفاده می کند که سپس برای محاسبه حق بیمه استفاده می شود. نتیجه این تحقیق حق بیمه است که با استفاده از دو اصل اصل ارزش مورد انتظار و اصل انحراف معیار محاسبه می شود. حق بیمه ای که با استفاده از اصل ارزش مورد انتظار محاسبه می شود کمتر از اصل انحراف استاندارد است. با این حال، نتیجه مطلق نیست زیرا هنوز عوامل زیادی وجود دارد که شامل یا سایر اصول حق بیمه نیستند. بوشرا و سوتاپ (۲۰۱۶) حق بیمه زلزله را مورد برآورد قرار دادند. تعیین حق بیمه واقعی این مقاله این سوال را مطرح کرد که چه مقدار باید به حق بیمه زلزله اضافه شود که تاثیر عوامل مختلف نادیده گرفته شود. در این مطالعه از رگرسیون بیزی با تأکید بر اطلاعات مورد نیاز در ارزشیابی بهینه حق بیمه مشروط به برآورد پارامتر استفاده شده است.

زلزله‌ها به ویژه در مناطق شهری، خسارات مالی زیادی را ایجاد می‌کنند. این موضوع به ویژه برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته متفاوت است. جدول ۲ مقایسه خسارات اقتصادی و نسبت خسارات به درآمد ناخالص ملی کشورها در تعدادی از زلزله‌های دنیاست. همان طور که مشخص است در کشورهای توسعه یافته گرچه شاید میزان خسارت‌ها به صورت مطلق بالا باشد، ولی اگر به صورت نسبتی از درآمد ناخالص ملی این کشورها سنجیده شود، بسیار کوچک‌تر از همین نسبت برای کشورهای در حال توسعه است. این تفاوت طبیعتاً به خاطر درآمد ناخالص ملی بالای این کشورهای زلزله خیز به نسبت کشورهای در حال توسعه زلزله خیز است.

به عنوان مثال زلزله بزرگ رودبار و منجیل در سال ۱۳۶۹، بیش از ۴۰،۰۰۰ نفر کشته داشت و خسارات مالی آن در همان سال وقوع، معادل ۷/۲٪ از تولید ناخالص ملی بود. از زلزله کشورهای در حال توسعه می‌توان به زلزله ۱۹۷۶ گواتمالا نام برد که

---

[1] - King

[2] - La Tourrette, et al.

۱/۱ میلیارد دلار خسارت مالی داشت که برابر با ۱۸٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور بود؛ یا زلزله ۱۹۸۶ السالوادور که ۱/۵ میلیارد دلار خسارت مالی داشت که برابر با ۳۱٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور بود؛ یا زلزله ۱۹۷۲ نیکاراگوئه، ۵ میلیارد دلار خسارت مالی داشت که برابر با ۴۰٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور بود.

جدول ۲: مقایسه خسارات اقتصادی و نسبت خسارات به درآمد ناخالص ملی کشورها در تعدادی از زلزله‌های دنیا

کشور	سال	خسارت (میلیارد ریال)	درصد خسارت از GNP
نیکاراگوئه	۱۹۷۲	۲/۰	۴۰/۰
گواتمالا	۱۹۷۶	۱/۱	۱۸/۰
چین	۱۹۷۶	۶/۰	۱/۵
رومانی	۱۹۷۷	۰/۸	۳/۰
یوگسلاوی	۱۹۷۹	۲/۲	۱۰/۰
ایتالیا	۱۹۸۰	۴۵/۰	۶/۸
مکزیک	۱۹۸۵	۵/۰	۳/۰
یونان	۱۹۸۶	۰/۸	۲/۰
السالوادر	۱۹۸۶	۱/۵	۳۱/۰
ارمنستان	۱۹۸۸	۱۷/۰	۳/۰
آمریکا	۱۹۸۹	۸/۰	۰/۲
ایران	۱۹۹۰	۷/۲	۷/۲-۸/۰
فیلیپین	۱۹۹۰	۱/۵	۲/۷
ایالات متحده آمریکا	۱۹۹۴	۳۰	۱/۰
ژاپن	۱۹۹۵	۱۰۵	۲/۵-۳
تایوان	۱۹۹۹	۱۴/۱	*
ایران ($ ۱۳۸ b)	۲۰۰۳	۱/۵-۳	۱/۱-۲/۲
ژاپن	۲۰۰۴	۲۸	
چین ($ ۵۸۹ b ،۴ GDP)	۲۰۰۸	۱۴۶	۳/۲
شیلی	۲۰۱۰	۱۵-۳۰	۷/۵-۱۵
هائیتی	۲۰۱۰	۶/۵	۱۵

* آمار تایوان توسط بانک جهانی جزء آمار چین ارائه شده است.

از زلزله‌های کشورهای توسعه یافته می‌توان به زلزله ۱۹۸۰ ایتالیا با ۴۵ میلیارد دلار خسارت مالی اشاره کرد که برابر با ۶/۸٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور بود، یا زلزله ۱۹۸۷ لوما پریتا در کالیفرنیای آمریکا، ۸ میلیارد دلار خسارت مالی داشت که برابر با ۰/۲٪ درآمد ناخالص ملی و ۶٪ خلیج سانفرانسیسکو بود یا زلزله ۱۹۹۴ نورثریج، ۳۰ میلیارد دلار خسارت مالی داشت که برابر با ۱٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور و ۸٪ منطقه لس آنجلس بود. از این مقایسه‌ها نتیجه می‌گیریم که ساختار اقتصادی کشورهای در حال توسعه بر خلاف کشورهای توسعه یافته، در زلزله‌های ویرانگر بسیار آسیب پذیر است و قابلیت برگشت پذیری این نوع اقتصادها کند بوده و آثار آن سال‌ها باقی می‌ماند. طبیعتاً یکی از راه حل‌هایی که به خوبی در کشورهای توسعه یافته استفاده شده است، توسعه بیمه زلزله توسط شرکت‌های بیمه و دولت‌ها (بیشتر به صورت اتکایی) است.

هدف برآورد خسارت مالی و تعیین نرخ با کمک مدل‌های تحلیل مهندسی است که برای این منظور چارچوب روش استفاده شده در شکل ۱ آورده شده است. از بین روش‌های مختلف تحلیل مهندسی، روش آنالیز استاتیکی غیر خطی (پوش آور) استفاده شده است. روش استفاده شده یکی از دقیق‌ترین و پیشرفته‌ترین روش‌های مهندسی زلزله است که در آخرین

ویرایش‌های آیین نامه‌های معتبر کشورهای پیشرو، این روش به عنوان روشی با دقت بالا بر اساس سطح عملکرد در زلزله ارائه شده است. روش آنالیز استاتیکی غیر خطی (پوش آور) بر اساس صدها طرح تحقیقاتی و مقالات معتبر در بهترین دانشگاه‌های دنیا ارزیابی و تأیید شده و در آیین نامه‌های رسمی مورد پذیرش واقع شده است (بسطامی و همکاران، ۱۳۹۱).

شکل ۱: روش ارائه شده برای محاسبه نرخ بیمه زلزله ساختمان

در پژوهش بسطامی و همکاران (۱۳۹۱) برای تعیین نرخ بیمه از رابطه زیر استفاده شد:

(۱) دوره بازگشت زلزله طراحی ساختمان/ (۱۰۰ × نسبت خسارت مالی) = نرخ بیمه

دوره بازگشت زلزله طراحی که ساختمان مورد نظر طبق آن طرح شده است، در آیین نامه به طور مستقیم ارائه نشده است. آیین نامه ۲۸۰۰ عوض ارائه دورهٔ بازگشت زلزله طراحی، احتمال وقوع آن را به این صورت ارائه کرده است:

«زلزله طرح، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن یا زلزله‌های بزرگ‌تر از آن در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان بیشتر از ۹۹/۵٪ باشد».

بر اساس این تعریف و با استفاده از رابطه ۲ می‌توان دوره بازگشت را محاسبه کرد (مک گایر، ۱۳۸۹):

$$p = 1 - e^{(-\sigma t)} \quad (۲)$$

این رابطه با فرض فرایند پواسون برای وقوع جنبش زمین به دست آمده است.

P : احتمال رویداد؛

σ : فراوانی سالیانه فزونی یافتن جنبش زمین؛

t : بازه زمانی.

با جایگذاری احتمال ۱۰٪ و بازه زمانی ۵۰ سال به عنوان عمر مفید ساختمان در معادله فوق، دوره بازگشت زلزله طراحی برابر با ۴۷۵ سال به دست می‌آید. این امر به معنای بزرگ‌ترین زلزله‌ای است که در طول ۴۷۵ سال در محل احداث ساختمان مورد

نظر امکان وقوع دارد. نسبت خسارت مالی را برای هر تیپ از ساختمان‌های آنالیز شده و بر اساس ویرایش‌های اول تا سوم آیین نامه ۲۸۰۰ باید به ترتیب از جداول ۷-۵ محاسبه کرد.

نرخ‌های خالص نتیجه محاسبات است که باید شرایط کیفیت اجرا و قضاوت‌های مهندسی را بر آن‌ها اعمال کرد تا بتوان نرخ‌هایی مبتنی بر شرایط ساختمان‌های موجود را به دست آورد. این اصلاح البته تابع سیاست‌های شرکت‌های بیمه، شهر و محل احداث، شرایط ژئوتکنیکی محل احداث و... است. این اعداد ابتدا بر اساس قضاوت‌های مهندسی گرد و سپس با اعمال ضرایب ۱/۳ و ۱/۱۵ به عنوان ضریب کاهش کیفیت در فاصله سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۶۹ و ۱۳۸۴-۱۳۷۹ نسبت به دوره بعد از سال ۱۳۸۴ تا کنون و نرخ‌های به دست آمده از محاسبات به شرح جدول ۸ اصلاح گردیدند. به نرخ به دست آمده از رابطه (۱)، باید عوامل سربار مانند هزینه‌های اداری، کارمزد و ضریب احتیاط نیز اضافه شود.

یکی از عمده مشکلاتی که در زمینه بیمه ساختمان وجود دارد، عدم وجود مدل‌های تحلیلی است که شامل پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان است، در کشور ما با توسعه روش‌ها و ارائه مدل‌های تحلیلی با پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان‌ها که شرایط بومی ایران را در نظر بگیرد، توصیه شایانی می‌توان به شرکت‌های بیمه کرد. با کمک این مدل‌ها، شرکت‌های بیمه می‌توانند برآورد منطقی و مستندی از ریسک‌های مرتبط با آسیب پذیری ساختمان‌ها از جمله وضعیت زلزله خیزی شهر و محل احداث ساختمان، پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان‌ها، آیین‌نامه و مقررات ملی کشور، کیفیت اجرا، نوع سیستم سازه‌ای، سال احداث ساختمان و... داشته باشند.

شرکت‌های بیمه نیز می‌توانند با به کارگیری خدمات مؤسسه‌های کنترل کیفیت ساختمان یا نظارت مستقیم بر عملیات ساخت و ساز، بر کیفیت ساخت نظارت داشته باشند و با توجه به کیفیت مصالح و تأسیسات به کار گرفته شده در ساختمان و همچنین کیفیت سازه، نرخ بیمه مناسب را تعیین کنند. به بیانی دیگر این وظیفه بر عهده شرکت‌های بیمه است که با در نظر گرفتن تمامی جوانب، بیمه نامه‌ای مناسب با شرایط موجود و مورد پذیرش برای بیمه گذاران ارائه کنند تا نه تنها به جبران خسارت بپردازند، بلکه به عنوان عاملی تشویقی، سازندگان و پیمانکاران را بر استفاده از مقررات ملی ساختمان سازی در ساخت و ساز متعهد سازد. در کنار این نوع بیمه نامه‌ها، می‌توان بیمه‌های دیگری متناسب با نیاز کشور هم چون بیمه‌های خدمات ساختمان و پیمانکاری را ارائه کرد.

شاید بتوان عمده مشکلات بیمه زلزله در ایران را به این صورت خلاصه کرد:

- عدم کاربرد قانون اعداد بزرگ (تجربه‌های زیاد) و آنالیزهای آماری مرسوم در سایر بیمه‌ها به خاطر تعداد کم زلزله‌ها؛
- عدم گردآوری دقیق داده‌های خسارات زلزله‌های گذشته؛
- وقوع اکثر زلزله‌ها در مناطق غیر شهری؛
- فواصل زمانی زیاد زلزله‌ها؛
- حجم بسیار زیاد خسارت‌های مالی؛
- نسبت زیاد تلفات انسانی؛
- برخورد احساسی با موضوع بیمه زلزله (بعد از زلزله تمایل به بیمه بیشتر است)؛
- عدم مطالعات تفکیکی با توجه به یکسان نبودن ریسک در همه نقاط کشور، استان و حتی یک شهرستان؛
- یک شهر بزرگ و حتی متوسط نباید صرفاً توسط یک یا دو شرکت بیمه تحت پوشش قرار داده شود؛
- عدم وجود تنوع بیمه‌نامه‌های زلزله ساختمان در بازار بیمه کشور؛
- عدم تبلیغ کافی توسط شرکت‌های بیمه و عدم استفاده از متخصصین مرتبط با مباحث زلزله در فرهنگ سازی این مسئله.

- پیشنهادات

- ساختار اقتصادی کشورهای در حال توسعه بر خلاف کشورهای توسعه یافته، در زلزله‌های ویرانگر بسیار آسیب پذیر است و قابلیت برگشت پذیری این نوع اقتصادها کُند بوده و آثار آن سال‌ها باقی می‌ماند. طبیعتاً یکی از راه حل‌هایی که به

خوبی در کشورهای توسعه یافته استفاده شده است، توسعه بیمه زلزله توسط شرکت‌های بیمه و دولت‌ها (بیشتر به صورت اتکایی) است.

- پیشنهاد می‌شود روش‌های ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌ها برای زلزله‌های احتمالی آینده توسعه یابد، که این امر مستلزم استفاده از روش‌های نوین است. انتخاب روش بستگی به نظر بیمه گذار، مالک، ارزش اقتصادی ملک، نوع سازه ساختمان، کامل بودن مدارک فنی ساختمان و هزینه و مدت زمانی دارد که می‌توان صرف ارزیابی کرد.
- از اساسی‌ترین نیازهای صنعت بیمه ساختمان در ایران، وجود مدل‌های تحلیلی است که بتوان بر اساس آن، ریسک‌های مرتبط و پارامترهای مؤثر در کیفیت عملکرد ساختمان‌ها در برابر زلزله را با در نظر گرفتن شرایط بومی ایران تحلیل کرد.
- شرکت‌های بیمه برای بیمه حوادث غیر مترقبه از جمله زلزله با مشکلات خاصی رو به رو هستند. این شرکت‌ها در روند محاسبه نرخ بیمه سوانح طبیعی، با انواع عدم قطعیت‌ها رو به رو هستند. این عدم قطعیت‌ها بعضاً دارای پیچیدگی‌های خاصی در برآورد عادلانه حق بیمه هستند که نیاز به مطالعات تیمی و چند تخصصی دارند. یکی از تخصص‌های مورد نیاز در این زمینه تخصص مهندسی سازه و زلزله به همراه مباحث مربوط به برآورد ریسک‌های اقتصادی و مالی ساختمان است.

منابع

بسطامی، مرتضی؛ مهدوی، غدیر؛ شاهرخ عبدی، محمد. (۱۳۹۱). محاسبه نرخ بیمه خالص زلزله ساختمان‌های مهندسی اسکلت فلزی و بتن آرمه در ایران با استفاده از آنالیزهای سازه‌ای، پژوهشنامه بیمه (صنعت بیمه سابق)، سال ۲۷، شماره ۲، صص ۷۹-۵۵.

پاکدل لاهیجی، نغمه؛ غفوری آشتیانی، محسن. (۱۳۹۸). بررسی ریسک زلزله به روش احتمالاتی و پیشنهاد سیستم‌های بیمه‌ای کارآمد بر پایه ریسک، فصلنامه علمی پژوهشی علوم و مهندسی زلزله، سال ۶، شماره ۳، صص ۱۵۵-۱۴۳.

غفوری آشتیانی، م. (۱۳۸۹). مدیریت ریسک سوانح طبیعی و بیمه در ایران، هفدهمین همایش ملی و سومین همایش بین المللی بیمه و توسعه.

غفوری آشتیانی، م؛ ناصر اسدی، ک. (۱۳۹۰). شاخص‌های پایه‌ای نرخ بیمه زلزله ساختمان‌های ایران، گزارش موردی، شماره ۵۰، پژوهشکده بیمه.

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

Anderson, D.R., 1976. All-risks rating within a catastrophic insurance system. Journal of Risk And Insurance, 4, pp. 629-51.

Bommer, J., Spence, R., Erdik, M., Tabuchi, S.h., Aydinoglu, N., Both, E., Del Re, D. and Peterken, O., 2002. Development of an earthquake loss model for Turkish catastrophe insurance. Journal of seismology, 6, pp.431- 46.

Central Insurance of Iran. [Online]. Available: http://www.centinsur.ir. [2014].

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

Fujimi, T. and Tatano, H., 2007. An empirical analysis of individual heterogeneity effect on ambiguity aversion. Disaster Prevention Research Institute Annuals, 50, pp. 129-39 .

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.

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

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.

Goltz. J.D., 1985. Earthquake insurance: a public policy Dilemma. The Southern California Earthquake Preparedness Project.
Grace .M.F., Klein R.W. and Kleindorfer, P. R., 2000, The demand for homeowners insurance with bundled catastrophe coverages. This Research is Supported by the Wharton Project on Managing Catastrophic Risks.
Hochrainer, S. (2006) Macroeconomic Risk Management against Natural Disasters. Wiesbaden, Germany: German University Press (DUV).
Hua Lai, L. and Yi Hsieh, H., 2007. Assessing the demand factors for residential earthquake insurance in Taiwan: empirical evidence on spatial econometrics. Contemporary Management Research, 3(4), pp. 347-58.
Iranian Students News Agency (ISNA) [Online]. Available: http: //www. isna.ir [2014].
King, R.O., 2010. Earthquake risk, insurance, and recovery: issues for congress congressional. Report for Congressional Research Service.
Kunreuther, H., 1984. Causes of underinsurance against natural disasters, The Geneva Papers On Risk And Insurance, 9(31), pp. 206-20.
La Tourrette, T., Dertouzos, J.N., Steiner, C.E. and Clancy, N., 2010. Earthquake insurance and disaster assistance (the effect of catastrophe obligation guarantees on federal disaster-assistance expenditures in California. Published 2010 by the RAND Corporation.
Palm, R. and Hodgson, M., 1992. Earthquake insurance: mandated disclosure and homeowner response in California. by Association of American Geographer.
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.
Sadeghi, M., Ghafory-Ashtiany, M., Pakdel-Lahiji, N. (2015) Developing seismic vulnerability curves for typical Iranian buildings. J. Risk Reliab., 229(1), 627-640.
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.
Statistical center of Iran. [Online]. Available: http://www.amar.org.ir [2014].
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/?pi d: 34&pil: 1, [1 June 2014].
Walker, G., 2009a. Creating a technical foundation for earthquake insurance in China. Risk Management Solutions, Inc.
Walker, G., 2009b. Earthquake insurance system in New Zealand, Risk Management Solutions, Inc.
Walker, G., 2009c. Earthquake insurance system in Taiwan, Risk Management Solutions, Inc.
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.
Walker, G.R. (2000) Earthquake engineering and insurance: past, present and future, 12WCEE.

Yücemen, M.S., Yilmaz, C. and Erdik, M., 2008. Probabilistic assessment of earthquake insurance rates for important structures: application to gumusova gerede motorway. Structural Safety, Elsevier, 30, pp. 420–35.
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.