

Designing an Earthquake Insurance Pool for Iran

Babak Mansouri

Associate Professor, Risk Management Research Center
mansouri@iiees.ac.ir

**Mohsen Ghafory-Ashtiany, Hooman Motamed,
Parisa Shahbazi**

The lack of proper policies in risk management field in Iran reduces the speed of restoration and reconstruction after a catastrophe. The continuation of this situation is far from the desired perspective drawn for a resilient society. In this situation, better management of seismic risk is strongly felt to reduce human casualties and economic losses and to increase resiliency in Iran, through vulnerability reduction and structural reinforcement, and risk transferring. This dissertation focuses on developing a government-sponsored earthquake insurance pool as a solution for financing the economic losses of residential buildings.

For this purpose, an integrated risk-based earthquake insurance model is developed. The country-wide risk is modelled according to spatial resolution of about 1 km by 1 km for the assets (residential units with different vulnerabilities) and the associated loss is calculated with a radius of 200 km (epicentral distance) for each event. In order to focus on the sensitive parameters, a sensitivity analysis is conducted. After finalizing the input data, the probable losses to the residential line of business are calculated. The losses are estimated via Monte Carlo simulation in an event-based approach. The probability of irreparability of some levels of damage and surplus costs are considered in loss calculation by introducing loss transfer functions and developing economic vulnerability curves. In addition, a new approach is suggested to model Post Loss Amplification (PLA). The effect of PLA is added to the evaluated losses of catastrophic events based on the loss and relative destruction index of each event.

Cat model outcomes reveal an annual average loss of b\$ 2.69 (free market rate) for the total residential building stock, 75 percent of which is the loss to the urban buildings. The effect of the modeled PLA on average annual loss measured to be less than 5 percent, mainly increasing losses with higher return period. Figures (1 and 2) demonstrate the spatial distribution of annual expected losses, and probable maximum loss curves considering various levels of PLA without considering betterment costs.

For insurance modeling of an earthquake insurance pool, two approaches are surveyed. For both, insurer vulnerability curves are developed based on the loss transfer concept previously introduced. In the first approach, a government-supported insurance pool covering urban

طراحی صندوق بیمه زلزله برای ایران

بابک منصوری

دانشیار پژوهشکده مدیریت خطرپذیری و بحران mansouri@iiees.ac.ir

محسن غفوری آشتیانی، هومن معتمد، پریسا شهبازی

در ایران، فقدان سیاست‌گذاری‌های صحیح در زمینه مدیریت ریسک زلزله و شکست طرح فعلی بیمه زلزله برای تأمین مالی بخشی از خسارات، موجب شده‌است تا روند بازسازی پس از سانحه و بازیابی تا رسیدن به وضعیت عادی، به کندی پیش رود. تداوم این وضعیت در تضاد با دورنمای ترسیم شده برای رسیدن به یک جامعه تاب‌آور است. در این شرایط مدیریت بهتر ریسک زلزله با هدف کاهش خسارات اقتصادی و افزایش تاب‌آوری در ایران کاملاً احساس می‌شود. این مهم از طریق توزیع ریسک موجود، در کنار کاهش آسیب‌پذیری و مقاوم‌سازی سازه‌ها انجام‌پذیر است. تمرکز پروژه بر توزیع ریسک موجود از طریق صندوق بیمه زلزله با پشتیبانی دولت است، تا به عنوان راهکاری مناسب برای تأمین مالی بخشی از خسارات به کار رود. به این منظور، یک مدل یکپارچه بیمه زلزله ریسک مبنا با رویکرد طراحی صندوق بیمه زلزله، توسعه داده شده‌است. مدل ریسک لرزه‌ای کل کشور با در نظر گرفتن ریزنمایی مکانی در حدود شبکه یک کیلومتر در یک کیلومتر (برای واحدهای مسکونی با تنوع آسیب‌پذیری) و برآورد خسارت برای هر رویداد تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری رومرکز در نظر گرفته شده است. به منظور تمرکز بر پارامترهای حساس که تأثیر بیشتری در خسارات تخمینی دارند، ابتدا تحلیل حساسیت نسبت به برخی پارامترهای ورودی انجام شد. سپس خسارات احتمالی وارده بر بخش مسکونی کل کشور محاسبه گردید. این خسارات با تحلیل رخداد-مینا و شبیه‌سازی مونت کارلو محاسبه شدند. به منظور برآورد خسارات، توابع آسیب‌پذیری اقتصادی، با معرفی تابع انتقال خسارت، توسعه داده شد، تا احتمال غیرقابل تعمیر بودن برخی آسیبها و همچنین هزینه‌های اضافی دیگر، در محاسبات لحاظ شود. سپس مدلی برای برآورد تشدید پسا-خسارت با توجه به میزان خسارت و ابعاد ویرانی نسبی توسعه داده شد و اثر آن بر ارزیابی‌های خسارت اعمال شد.

نتایج تحلیل‌های مدل فاجعه حاکی از خسارت مورد انتظار سالانه (AAL - Average Annual Loss) ناشی از زلزله برابر با ۲/۶۹ میلیارد دلار (نرخ آزاد) برای ساختمانهای مسکونی کل کشور است، که ۷۵ درصد آن مربوط به نقاط شهری است. تشدید پسا-خسارت به صورت میانگین، کمتر از ۵ درصد به خسارات می‌افزاید. تأثیر آن بر خسارات با دوره‌های بازگشت بالا بیشتر از خسارات پرتکرار است. نقشه توزیع خسارت مورد انتظار سالانه و منحنی بیشینه خسارت کل محتمل (PML - Probable Maximum Loss) بدون لحاظ نمودن هزینه‌های بهترسازی و در نظر گرفتن حدود مختلف تشدید پسا-خسارت (PLA - Post Loss Amplification) در شکل (۱) و (۲) نمایش داده شده‌اند.

در مرحله بعد، توابع آسیب‌پذیری بیمه‌گر با استفاده از روش انتقال خسارت معرفی شده، توسعه داده شد. دو رویکرد کلی برای طراحی صندوق مد نظر قرار گرفت. در رویکرد اول بدون توجه به لایحه تأسیس صندوق بیمه همگانی حوادث طبیعی مصوب ۱۳۹۹، صندوقی برای پوشش واحدهای مسکونی شهری با مشارکت و نظارت دولت و با استفاده از ظرفیت

residential buildings is designed, disregarding the clauses of the 2020 passed bill of “Establishing a public natural catastrophe insurance pool”, hence assuming the possibility of risk transfer via international reinsurers. Various schemes for primary indemnity-based insurance are evaluated. To increase the pool capacity, a portion of the risk is passed to the international reinsurers. Traditional indemnity-based reinsurance coverage is compared with the parametric index reinsurance type of treaties.

Comparing indemnity and index-based (re)insurance solutions, with similar payout expectations, index-based (re) insurance is found to be the cheaper product. The parametric reinsurance is also more transparent, and because of omitting loss adjustments, the payouts are much faster. On the flip side, there might be a considerable basis risk. In order to benefit from both risk transfer mechanisms, and reduce their downsides, a combination of both reinsurance mechanisms is evaluated and believed to be the most efficient option. The suggested financial structure for the first year of activity of the pool is demonstrated in Figure (3).

The government contribution is set to be pool management, issuing the treaties, tolerating a portion of the risk, paying the risk transfer and administrations costs, and serving as the lender of last resort. The total reinsurance premium before profit is calculated to be m\$ 93.4 for a b\$ 3 xs. b\$ 1 treaty. The possibility of an accumulated loss exceeding the pool capacity in the first year is also estimated by random sampling from the Event-Loss table. An example of such sampling is shown in Figure (4).

In the second approach, based on the clauses of the bill “Establishing a public natural catastrophe insurance pool”, and considering the financial limitations, economic crisis, and unfeasibility of transferring risk internationally, the public earthquake pool is designed to cover the total residential building stock. Here again, several schemes for primary insurance are evaluated. The pool performance in the first year is evaluated through random sampling. As examples of the possible changes in the pool financial structure and its level of risk in the first 25 years, some scenarios are simulated (example is shown in Figure (5)).

Based on the results, if the maximum covered loss per dwelling is \$ 3000, and the government deposits m\$ 129 in the “Natural Catastrophe Special Account” as an in-house reinsurer, there is a circa 20% risk of insolvency in the first year. If the deposit in the following years continues to be the same, the pool remains vulnerable during the first decades of activity.

Keywords: Earthquake insurance pool, Loss transfer function, post loss amplification, Reinsurance, Parametric index-based insurance, Insurance pool bill

بیمه اتکائی بین‌المللی طراحی شد. در این رویکرد، برای طراحی بیمه اولیه استراتژی‌های مختلف خسارت‌مبنا در نظر گرفته شده‌است. به منظور تأمین مالی لایه‌های بالاتر صندوق و همچنین دسترسی سریع دولت به منابع مالی برای بازسازی زیرساخت‌ها و مساعدت ساکنان روستایی که تحت پوشش بیمه نیستند، طرح‌هایی برای خرید بیمه اتکائی به روش‌های خسارت‌مبنا (بیمه متعارف)، شاخص‌مبنا (از انواع بیمه نامتعارف) و ترکیب این دو بررسی شده‌است.

مقایسه مدل‌های مختلف بیمه اتکائی نشان می‌دهد که انتقال خسارت با روش خسارت‌مبنا گران‌تر از روش‌های انتقال خسارت پارامتریک یا شاخص‌مبنا است. بیمه‌های شاخص‌مبنا در کنار ارزان‌تر بودن، از سرعت پرداخت و شفافیت بالاتری برخوردارند. اما در مقابل خطر اختلاف قابل ملاحظه بین میزان پرداخت و خسارت وجود دارد. به منظور بهره‌گیری از مزایای هر دو روش و کاهش نقطه ضعف‌های هر کدام، در این رساله استفاده از هر دو مکانیزم انتقال ریسک به صورت همزمان توصیه شده‌است. ساختار مالی پیشنهادی در شکل (۳) نشان داده شده است.

همچنین نقش دولت علاوه بر ارائه بیمه‌نامه‌ها و مدیریت صندوق، در تقبل بخشی از ریسک، و همچنین هزینه‌های دفتری بیمه‌نویسی و انتقال ریسک از طریق خرید بیمه‌های اتکائی دیده شده‌است. به این ترتیب، چنانچه نگهداشت صندوق از حق بیمه‌های جمع‌آوری شده، ۷۵۰ میلیون دلار باشد، مجموع حق بیمه پرداختی دولت به بیمه‌گران اتکائی بدون لحاظ کردن سودشان، ۹۳/۴ میلیون دلار برای افزایش ظرفیت صندوق تا ۴ میلیارد دلار محاسبه شده‌است. سپس احتمال فراتر رفتن خسارات کل از ظرفیت نهایی صندوق در سال اول تأسیس، با نمونه‌برداری تصادفی از جدول رخداد-خسارت ارزیابی شد. نمونه‌ای از این شبیه‌سازی تصادفی در شکل (۴) نشان داده شده است.

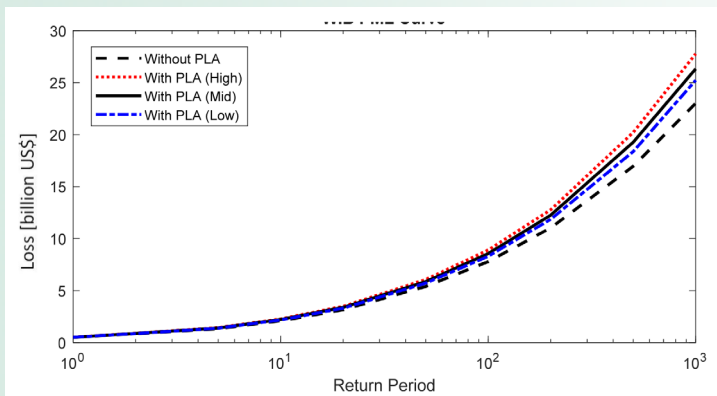
در رویکرد دوم، با تفسیر لایحه تأسیس صندوق بیمه همگانی حوادث طبیعی و با توجه به بحران اقتصادی، محدودیت‌های مالی، و عدم امکان استفاده از ظرفیت بیمه اتکائی بین‌المللی، صندوقی برای پوشش ساختمانهای مسکونی کل کشور طراحی شد. در این حالت، علاوه بر ارزیابی عملکرد صندوق در سال اول، تغییر در ساختار مالی صندوق در طول ۲۵ سال فعالیت آن، شبیه‌سازی شد. یک نمونه از این شبیه‌سازی که در آن صندوق در همان سال اول فعالیت با ورشکستگی مواجه می‌شود، در شکل (۵) نشان داده شده است.

بر اساس برآوردها، در صورتی که در سال اول تأسیس صندوق، دولت حداقل ۱۲۹ میلیون دلار در «حساب ویژه سوانح طبیعی» به عنوان بیمه‌گر اتکائی داخلی واریز کند، و سقف پوشش ساختمانها به ۳۰۰۰ دلار محدود شود، ریسک ورشکستگی صندوق بیش از ۱۸ درصد می‌شود. اگر مبلغ واریزی در سال‌های بعد نیز ثابت بماند، صندوق در دهه‌های اول فعالیت، همچنان آسیب‌پذیر خواهد بود.

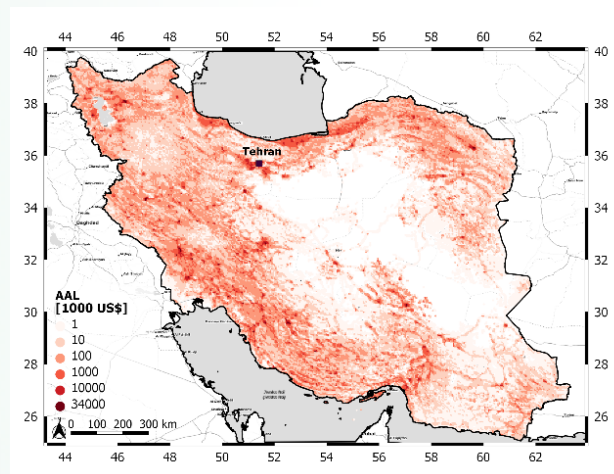
درخاتمه، لازم به ذکر است که در این پروژه برای طراحی صندوق بیمه زلزله، مدل یکپارچه بیمه زلزله ریسک مبنا توسعه داده شده است و این امکان بدست آمده تا با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف در طراحی بیمه (شامل سیاستهای بیمه‌ای دولت و مفروضات ذیربط در آینده)، تبعات و عملکرد مالی صندوق مورد بررسی قرار گیرد و در نتیجه ساز و کار صندوق

بیمه‌ای متناسب با نیاز کشور بررسی، تعیین و بروزرسانی گردد.

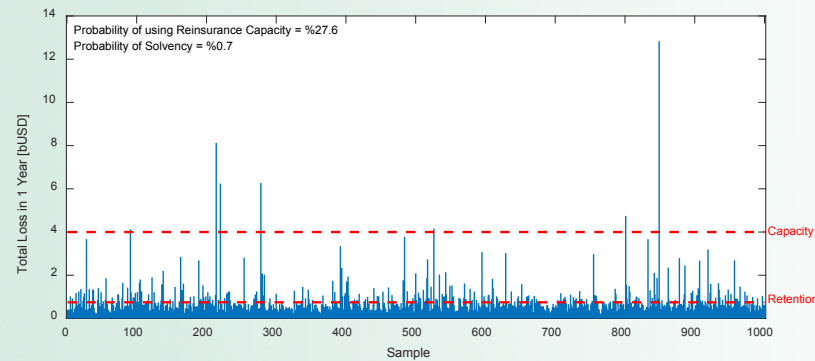
واژه‌های کلیدی: صندوق بیمه زلزله، تابع انتقال خسارت، تشدید
پسا-خسارت، بیمه اتکائی، بیمه شاخص‌مبنا، لایحه تأسیس صندوق بیمه



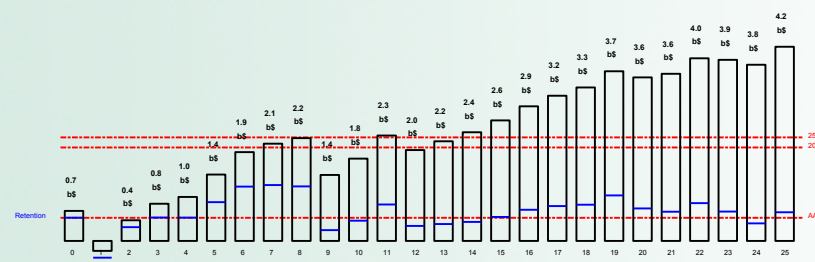
شکل (۲): منحنی بیشینه خسارت محتمل کل بدون هزینه‌های به‌ترسائی و با اعمال اثر
حدود پایین، متوسط و بالای PLA



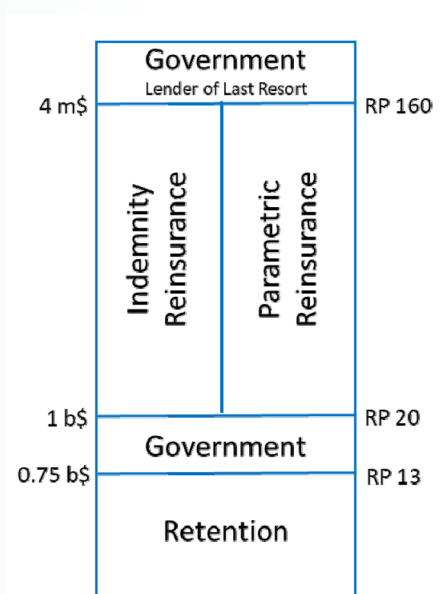
شکل (۱): نقشه توزیع خسارت مورد انتظار سالانه در مقیاس ۰/۰۴ در ۰/۰۵ درجه



شکل (۴): شبیه‌سازی خسارات وارده به صندوق در سال اول فعالیت با ۱۰۰۰ بار نمونه‌برداری از
جدول رخداد-خسارت خالص در صندوق پیشنهادی



شکل (۵): نمونه شبیه‌سازی تغییر در ساختار مالی صندوق مصوب با فرض پوشش ۳۰۰۰ دلار و اختصاص
۲٪ از بودجه عمومی به ماده (۱۰) قانون تنظیم بخشی از اموال دولت، در طول ۲۵ سال فعالیت



شکل (۳): ساختار مالی صندوق پیشنهادی در سال اول فعالیت