Iranian Journal of Insurance Research
Scientific Research Quarterly Journal
Vol. 34. No. 4. Winter 2020

An analysis of the impact of earthquake insurance on reducing the earthquake destructive effects on economic growth: Using system dynamics approach

(Case Study: Tehran)

Mitra seyedzadeh[1]
Mehdi Behname[2]
Mohhamad Hosein Mahdavi Adeli[3]
Taghi Ebrabimi Salari[4]

Abstract

Objective: Natural disasters have destructive effects on the countries' physical and human capitals. Hence, it is necessary to use risk management techniques. The purpose of this study is to analysis the impact of earthquake insurance on reducing the earthquake destructive effects on economic growth through financing the destruction and forcing the insureds to reduce risk. Therefore, the effects of possible earthquakes in the Ray fault or Tehran north fault on Iran economic growth for 40 years is simulated. The year 2012 was assumed as the beginning and the possible earthquake occurrence was predicted in the eighth year (2020). Then, the effects of using insurance techniques for risk management on reducing the damaging effects of earthquakes on economic growth have been analyzed.

Method: The effects of probable earthquake in Tehran on Iran economic growth is simulated by system dynamics method. This method provides the possibility of comprehensive analysis of the insurance earthquake effect on the reduction of the destructive earthquake impacts on national capital, and identifies the earthquake impact channels on economic growth by dynamically examining causal relationships, and Iran economic growth changes by earthquake predicts in the long run.

Finding: The findings show that in the event of an earthquake in the Rey fault, the physical capitals of 2400100 billion rails, 647800 humans and 203480 billion gross domestic product will decrease by 2051. Therefore, earthquake risk management is necessary to reduce these effects. If there is no earthquake insurance, only part of the damages will be compensated by the government and international organizations. Thus, the government's development budget will be spent on post-earthquake

1. Phd Student of Economics. Ferdowsi University of Mashhad. mitra_seyedzadeh@yahoo.com
2. Assistant professor of Economics and Administrative sciences.Ferdowsi University of Mashhad. m.behname@um.ac.ir **(Corresponding Author)**
3. Professor of Economics and Administrative sciences.Ferdowsi University of Mashhad.
4. Assistant professor of Economics and Administrative sciences.Ferdowsi University of Mashhad.

reconstruction and it will hit the country's economy. However, if there is earthquake insurance fund, most of the losses will offset by the funds received from the insureds and foreign reinsurers will required to pay damages. Another advantage of using earthquake insurance is to create conditions to reduce the damages scope by the insureds. Results suggest that insurer required to comply with the insured with the country's seismic regulations by applying incentive and risk-based pricing policies. Therefore, buildings collapse risk and amount of earthquake damage will be reduced.

Conclusion: The speed of reconstruction and compensation will increase in case of application of insurance technique in earthquake risk management. Therefore, a general earthquake insurance fund should be created. Observing the risk dispersion principle is important for the insurers. The fund covers part of its funds with foreign reinsurance. Part of potential losses incurred in Iran will be compensated through foreign insurers, capital will be rebuilt and the country's economic growth will be improved. The results recommend that the fund considers buildings collapse risk and the country's seismic regulations compliance to determine the amount of premium. Thus, the devastating effects of the earthquake on physical assets will be decreased by 525,600 billion Rials and economic growth will be improved by 62100 billion Rials by creating a public earthquake insurance fund and obliging the insured to observe the Iran seismic regulations.

Keywords: Economic growth, Earthquake insurance, Earthquake, System dynamics.

Classification JEL: Q54, G22, C630, O400.

تحلیل اثر بیمهٔ زلزله در کاهش آثار مخرب زلزله در رشد اقتصادی: با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم (مطالعهٔ موردی شهر تهران)

میترا سیدزاده[۱]
مهدی بهنامه[۲]
محمد حسین مهدوی عادلی[۳]
تقی ابراهیمی سالاری[٤]

چکیده

هدف: بروز بلایای طبیعی می‌توانند آثار مخربی در سرمایه‌های فیزیکی و نیروی انسانی کشورها داشته باشند. لذا استفاده از روش‌های مدیریت ریسک امری ضروری است. هدف تحقیق حاضر بررسی اثرگذاری بیمهٔ زلزله در کاهش آثار مخرب زلزله در رشد اقتصادی از طریق تأمین مالی خسارات و الزام بیمه‌گذاران برای کاهش ریسک است. به این منظور، آثار وقوع زلزلهٔ احتمالی در گسل ری و یا گسل شمال تهران در رشد اقتصادی درون‌زای کشور ایران برای یک دورهٔ ٤٠ ساله مدل‌سازی شده است. ابتدای دوره سال ۱۳۹۰ و وقوع زلزله در سال هشتم (۱۳۹۸) در نظرگرفته شده است. سپس آثار استفاده از روش بیمه، با فرض به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی و تعیین نرخ حق‌بیمهٔ متناسب با ریسک، در کاهش آثار مخرب زلزله در رشد اقتصادی بررسی شده‌اند.

روش‌شناسی: در این پژوهش، آثار وقوع زلزله احتمالیِ تهران در رشد اقتصادی ایران با روش پویایی‌شناسی سیستم مدل‌سازی شده است. این روش با بررسی پویای روابط علّی و معلولی، کانال‌های اثرگذاری زلزله در رشد اقتصادی را شناسایی می‌کند و اثر بیمهٔ زلزله برای کاهش آثار مخرب زمین‌لرزه در رشد اقتصادی پیش‌بینی می‌شود.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهند که در صورت وجود صندوق بیمهٔ زلزله، عمدهٔ خسارات از محل وجوه دریافتی از بیمه‌گذاران جبران خواهد شد. مزیت دیگر استفاده از بیمه‌نامهٔ زلزله، الزام بیمه‌گذاران به رعایت آیین‌نامه‌های لرزه‌ای ساختمان و در نتیجه کاهش ریسک فروریزش ساختمان‌ها است.

---

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسندهٔ مسئول)، m.behname@um.ac.ir
۳. استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهدmh-mahdavi@um.ac.ir
٤. استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهدebrahimi@um.ac.ir

نتیجه‌گیری: در صورت استفاده از روش بیمه، سرعت بازسازی و جبران خسارت افزایش خواهد یافت. لذا پیشنهاد می‌شود صندوق بیمهٔ همگانی زلزله ایجاد شود و صندوق بخشی از سرمایه‌های خود را تحت پوشش بیمهٔ اتکایی خارجی قرار دهد. همچنین با در نظر گرفتن میزان ریسک فروریزش ساختمان‌ها در تعیین مبلغ حق‌بیمه، آثار مخرب زلزله در سرمایه‌های فیزیکی به‌میزان ۵۲۵۶۰۰ میلیارد ریال کاهش و رشد اقتصادی به‌میزان ۶۲۱۰۰ میلیارد ریال بهبود می‌یابد.

واژگان کلیدی: رشد اقتصادی، بیمهٔ زلزله، زمین‌لرزه، پویایی‌شناسی سیستم

طبقه‌بندی موضوعی: O400, Q54, G22, C630

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اهداف اقتصادی سیاست‌گذاران دستیابی به رشد بالای اقتصادی است. رشد اقتصادی را همواره عوامل مختلفی، از جمله بلایای طبیعی، تهدید می‌کند. بنسون و کلی[1] (۲۰۰٤: ۱۰) معتقدند کشورهایی که مکرراً بلایای طبیعی را تجربه کرده‌اند، نرخ رشد کمتری دارند. زمین‌لرزه یکی از بلایای طبیعی است که همواره جوامع بشری را در معرض آسیب‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی و گاهی بی‌ثباتی‌های سیاسی قرار داده است.

اهمیت تحقیق حاضر از آن جهت است که شهر تهران روی گسل ری، گسل مشاء و گسل شمال تهران واقع شده است و با توجه به تجمع سرمایه‌های فیزیکی و انسانی فراوان در این شهر، وقوع زمین‌لرزه‌ای بزرگ منجر به تخریب سرمایه‌های فیزیکی و انسانی فراوان خواهد شد. افزایش نرخ استهلاک ناشی از سرمایه‌های فیزیکی تخریب‌شده و هزینه‌های بازسازی آن‌ها و همچنین نابودی نیروی انسانی و بسیاری از مراکز تجاری و سیاسی، کشور را دچار مشکلات عدیدهٔ اقتصادی و حتی سیاسی خواهد کرد. بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهند که چنانچه شدت بلایای طبیعی زیاد باشد، در رشد اقتصادی اثر منفی خواهند داشت و این اثر برای کشورهای درحال‌توسعه از کشورهای توسعه‌یافته مخرب‌تر است (کاوالو و نوی،[2] ۲۰۱۰: ۲۷)، پس مدیریت ریسک حوادث طبیعی اهمیت ویژه‌ای دارد.

روش‌های مدیریت ریسک را در دو گروه روش‌های کنترل ریسک و روش‌های تأمین مالی ریسک طبقه‌بندی می‌کنند. بیمه یکی از کارامدترین و شناخته‌شده‌ترین ابزارهای تأمین مالی ریسک است. اما با توجه به این که ریسک زلزله در زمرهٔ ریسک‌های عام قرار می‌گیرد، بیمهٔ زلزله چندان مطلوب بیمه‌گران نیست، مگر با توسل به روش‌هایی چون تشکیل صندوق حوادث طبیعی یا استفاده از خدمات بیمه‌گران اتکایی. بررسی

1. Benson & Clay
2. Cavallo & Noy

تطبیقی مدل‌های جبران خسارت زمین‌لرزه در کشورهایی چون ترکیه و آلمان (دنیز و یاسمن،[1] ۲۰۰۹: ٦٨؛ شوارز،[2] ۲۰۰۲: ۳۲۰) نشان می‌دهد که قوانین ویژه‌ای برای تحت پوشش قراردادن حوادث طبیعی طراحی شده‌اند. برخی بیمه‌نامه‌ها، ازجمله بیمهٔ اماکن مسکونی، اجباری و برخی نیز اختیاری‌اند. استفاده از بیمه برای مدیریت ریسک زلزله می‌تواند با ایجاد انگیزه در بیمه‌گذاران برای مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و جبران خسارات احتمالی از منابع ذخیره‌شده در صندوق بیمهٔ همگانی حوادث طبیعی و یا بااستفاده‌از خسارات دریافتی از بیمه‌گران اتکایی خارجی به بازگشت اقتصادی کشور به شرایط قبل از وقوع حادثه کمک کند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر استفاده از بیمهٔ زمین‌لرزه در کاهش آثار مخرب زلزله در رشد اقتصادی است و در پی پاسخ به این سؤال خواهیم بود: «آیا صنعت بیمه می‌تواند آثار مخرب زمین‌لرزهٔ احتمالی شهر تهران در رشد اقتصادی کشور ایران را کاهش دهد؟»

دربارهٔ نوآوری‌های این تحقیق باید گفت: ۱) تحقیقات پیشین برای یافتن پاسخ به این پرسش از روش‌های اقتصادسنجی یا مدل‌های مالی و روش‌های برنامه‌ریزی استفاده کرده‌اند، اما در تحقیق حاضر، از روش پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است. این روش امکان بررسی همه‌جانبهٔ اثر بیمهٔ زلزله در کاهش آثار مخرب زمین‌لرزه در سرمایه‌های کشور را مهیا می‌سازد. ۲) شناسایی کانال‌ها و شیوه‌های اثرگذاری بیمهٔ زلزله در رشد اقتصادی نیازمند بررسی پویای روابط علی و معلولی در اقتصاد است و برای سیاست‌گذاران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در پژوهش حاضر این کانال‌ها شناسایی شده‌اند. ۳) با استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم، تغییرات رشد اقتصادی کشور ایران درصورت وقوع و عدم وقوع زلزله، در بلندمدت قابل‌پیش‌بینی

1. Deniz & Yucemen
2. Schwarze

است. از طرف دیگر اثر بیمهٔ زلزله برای کاهش آثار زمین‌لرزه در رشد اقتصادی قابل‌مشاهده خواهد بود.

بنابراین پس از بررسی پیشینهٔ تحقیق و مبانی نظری، به بررسی روش پویایی‌شناسی سیستم پرداخته خواهد شد و در نهایت، پس از تجزیه‌وتحلیل الگوی تحقیق، نتایج و پیشنهادهایی در زمینهٔ انتقال ریسک زمین‌لرزه به بیمه‌گران ارائه خواهد شد.

۱. مبانی نظری

نظریهٔ رشد اقتصادی از دیدگاه نئوکلاسیک مدرن، با نظریات سولو[1] (۱۹۷٤) مطرح گردید. در این مدل رابطهٔ بین پس‌انداز، انباشت سرمایه و رشد اقتصادی براساس تابع تولید کل بررسی شده است. در مدل سولو، یک نقطهٔ تعادل پایدار وجود دارد و بدون در نظر گرفتن شرایط اولیه، می‌توان آن را به دست آورد. با افزایش بهره‌وری عوامل تولید، پیشرفت فنی برون‌زا تأثیر مثبتی در فرایند انباشت ایجاد می‌کند و این مدل را با مسیر رشد متوازن متناسب می‌سازد که هم‌گرایی بین اقتصادها را در نظر گرفته است.

در نظریه‌های رشد درون‌زا، نیروهای ایجادکنندهٔ رشد، پویایی‌های ناشی ازآن‌ها و همچنین نیروهای مؤثر در انباشت آن‌ها بررسی شده‌اند. نظریه‌های رشد درون‌زا با توسعهٔ مدل‌های رشد اقتصادی و به‌تبع آن تغییرات تکنولوژیکی درون‌زا را رومر[2] (۱۹۹۰) و لوکاس[3] (۱۹۸۸) ایجاد کردند.

نسل دوم مدل‌های رشد درون‌زا که از سوی رومر (۱۹۹۰) مطرح شد، نوآوری و ابداعات پایه و اساس فرایند رشد اقتصادی در نظر گرفته شده‌اند. نتیجهٔ فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بنگاه‌ها و سرریز دانش بین‌المللی ناشی از تجارت بین‌المللی در این مدل‌ها، نوآوری‌ها و ابداعات است و اصلی‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ نرخ رشد اقتصادی تحقیق و توسعه است (هراتی و همکاران، ۱۳۹۱).

---

1. Solow
2. Romer
3. Lucas

در این مقاله، پژوهش براساس رشد اقتصادی درون‌زای رومر بررسی شده است. تولید کالا (Y) تابعی از سرمایهٔ انسانی (H)، سرمایهٔ فیزیکی (K)، تکنولوژی (A) و انرژی (E) فرض شده است. الگو زمان پیوسته دارد و نیروی کار و سرمایه در سه بخش تولید کالا و تولید تحقیق و توسعه و تولید کالای واسطه‌ای انرژی به‌کار گرفته شده‌اند. عملکرد بیمه غیرمستقیم است و به‌وسیلهٔ اثرگذاری در سرمایه، رشد اقتصادی را بهبود می‌بخشد. رشد اقتصادی نیز از طریق میزان مخارج بخش خصوصی و دولتی در پرداخت حق‌بیمه در عملکرد بیمه اثر می‌گذارد.

در این مدل نسبت θ_1 از نیروی کار در بخش تولید کالای نهایی و θ_2 از نیروی کار در بخش تولید کالای واسطه‌ای انرژی و $(\theta_3 = 1 - \theta_1 - \theta_2)$ از نیروی کار در بخش تحقیق و توسعه به کار گرفته می شوند. η_1 سهم سرمایه در تولید کالای نهایی وη_2 سهم سرمایه در تولید کالای واسطه‌ای انرژی و $(\eta_3=1-\eta_1-\eta_2)$ سهم سرمایه در بخش تحقیق و توسعه است. هر سه بخش از کل موجودی دانش استفاده می‌کنند، زیرا استفاده از دانش در یک بخش مانع استفاده از آن در سایر بخش‌ها نمی‌شود. بنابراین مقدار محصول تولیدشده در زمان t عبارت‌است از:

$$\mathrm{Y(t)} = B_2[(\eta_1)\mathrm{K(t)}]^{\beta_1}[(\theta_1)\mathrm{H(t)}]^{\beta_2}[E(t)]^{\beta_3}[A(t)]^{\beta_4} \qquad (۱)$$

در این مدل، تابع تولید دانش تابعی است از سهمی از سرمایهٔ فیزیکی و سهمی از نیروی انسانی و موجودی دانش و به شرح زیر است:

$$\dot{\mathrm{A}}(\mathrm{t}) = B_1\mathrm{A(t)}[(1-\eta_1-\eta_2)\mathrm{K(t)}]^{\alpha_1}[(1-\theta_1-\theta_2)\mathrm{H(t)}]^{\alpha_2} \quad (۲)$$

$$\mathrm{B} > 0 \qquad \alpha_1, \alpha_2 \geq 0$$

در این مدل، فرض شده است که افزایش موجودی جاری دانش، مستقیم و به همان میزان منجر به بهبود اکتشافات جدید می‌شود. بنابراین، موجودی دانش با توان یک در معادلهٔ فوق ظاهر شده است. تابع تولید انرژی با توجه به معادلهٔ ۳ در نظر گرفته می‌شود که تابعی از سهمی از سرمایهٔ فیزیکی و سهمی از نیروی انسانی و موجودی دانش و عرضهٔ انرژی اولیه است.

$$E(t) = B_3[(\eta_2)K(t)]^{\beta_1}[(\theta_2)H(t)]^{\beta_2}[A(t)]^{\beta_3}[IES(t)]^{\beta_4} \qquad (۳)$$

تابع سرمایه به این صورت است:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t) \qquad (٤)$$

رشد جمعیت را برون‌زا در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم رشد منفی جمعیت نداریم.

$$\dot{L}(t) = nL(t) \qquad n \geq 0 \qquad (٥)$$

شایان ذکر است که در معادلهٔ ۲، پارامترهای α_1, α_2 کشش رشد دانش نسبت به سرمایهٔ فیزیکی و نیروی انسانی‌اند و در معادلهٔ ۳، پارامترهای β_1 و β_2 و β_3 و β_4، کشش تولید انرژی نسبت به سرمایهٔ فیزیکی و نیروی انسانی و سطح دانش و سطح انرژی اولیه‌اند.

بسیاری از محققان ازجمله استرن[1] (۲۰۱۰)، به سهم مهم انرژی در رشد اقتصادی اشاره می‌کنند و نشان می‌دهند که کمبود انرژی منجر به محدودیت رشد اقتصادی می‌شود و تغییرات تکنولوژی و استفاده از سوخت‌های با کیفیت بالاتر در رشد اقتصادی اثر مثبت دارد. استرن (۲۰۱۰) با اشاره به لزوم استفاده از انرژی در تولید، اشاره می‌کند که برای جایگزینی انرژی با سایر عوامل محدودیت‌هایی وجود دارد. ریگلی[2] (۱۹۹۰) نیز به این نتیجه رسیده است که انقلاب صنعتی در نتیجهٔ استفاده از سوخت‌های فسیلی رخ داده است.

شومپیتر (۱۹۱۱) و هیکس[3] (۱۹٦۹) برای اولین‌بار، اهمیت بخش مالی در حمایت از رشد اقتصادی را بررسی کردند. رابینسون[4] (۱۹۵۲) توسعهٔ اقتصادی را عامل توسعهٔ مالی و صنعت بیمه می‌دانند. هایس و سومگی[5] (۲۰۰۸) و آکینبولا[6] (۲۰۱۰) بر رابطهٔ دو

1. Stern
2. Wrigley
3. Hicks
4. Robinson
5. Haiss & Sümegi
6. Akinbola

طرفه و متقابل رشد اقتصادی و توسعهٔ مالی به‌خصوص بخش بیمه تأکید می‌کنند. اما لوکاس (۱۹۸۸) بخش‌های مالی را در رشد اقتصادی بی‌اثر می‌داند. کینگ و لوین[1] (۱۹۹۳)، برگ و اسمیت[2] (۱۹۹٤)، سو[3] (۱۹۹٦)، آرنا[4] (۲۰۰۸) و پیتروویتو[5] (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های رشد درون‌زا، اثر توسعهٔ مالی در رشد اقتصادی را تأیید کردند. اسکیپلر[6] (۱۹۹۷) حمایت از برنامه‌های بهداشتی دولت، خان و سندادجی[7] (۲۰۰۳) تشویق به پس‌انداز، زو و آدامز[8] (۲۰۰٦) کاهش ریسک‌های اعتباری و آنتولاتوز[9] و همکاران (۲۰۰۸) کاهش اطلاعات نامتقارن را کانال‌های اثرگذاری بیمه در رشد اقتصادی می‌دانند.

در این پژوهش نیز ارتباط متقابل بین عملکرد صنعت بیمه و رشد اقتصادی از طریق معادله‌های زیر در نظر گرفته شده است:

$$Y(t) = C + S + T \qquad (٦)$$

$$Premium = cul * (C + G) = (Life\ premuim + Nonlife\ premuim) \qquad (٧)$$

Insurance=life premium+nonlife premium+other revenue-life loss-nonlife loss-other expenditure (۸)

Zakhireriazi=haghomr-lossomr (۹)

haghomr=0.12*life premium (۱۰)

lossomr=0.11*life loss (۱۱)

K= (I +nonlife loss+zi-est) (۱۲)

$$y(t) = B_2[(\eta_1)K(t)]^{\beta_1}[(\theta_1)H(t)]^{\beta_2}[E(t)]^{\beta_3}[A(t)]^{\beta_4} \qquad (١٣)$$

---

1. King & Levine
2. Berg & Schmidt
3. Soo
4. Arena
5. Pietrovito
6. Skipper
7. Khan & Senhadji
8. Zou & Adams
9. Antzoulatos

براساس معادلات ذکرشده، تولید کالا و رشد اقتصادی در ارتباط با بخش‌های مالی و تولید انرژی و تولید دانش است. همچنین در صورت وقوع زلزله، بخش‌های مختلف اقتصادی کشور به‌سبب مواجه‌شدن با مرگ‌ومیر نیروی انسانی و خسارت سرمایه‌های فیزیکی، دست‌خوش تغییر می‌شوند. بنابراین، وقوع زمین‌لرزه با کاهش سرمایهٔ فیزیکی و نیروی انسانی در تولید کالا، انرژی، دانش و بخش مالی تأثیر می‌گذارد و منجر به بروز آثار منفی می‌گردد. اثرگذاری زمین‌لرزه در رشد اقتصادی با توجه به معادلات زیر در مدل نشان داده شده است.

K= PULSE (0, 8)*(I+nonlife loss+zi-est)+PULSE(8, 1)*(I+nonlife loss+zi-est-destruction1-destruction2-payout1)+ PULSE(9,32)*(I +nonlife loss+zi-est) (۱٤)

U15-64= PULSE (0, 8)*(mian-d2-salm)+PULSE(8, 1)*(mian-d2-salm-casualt1-casualt2-casualt3)+PULSE(9, 32)*(mian-d2-salm) (۱۵)

در صورت استفاده از روش انتقال ریسک به بیمه‌گر، بیمه‌گران با تعیین نرخ براساس مقاومت بناها در برابر زلزله و تشویق بیمه‌گذاران به رعایت قوانین ساخت‌وساز منجر به کاهش تخریب سرمایه‌های فیزیکی در مقابله با زلزلهٔ احتمالی می‌شوند. همچنین با بهره‌گیری از روش انتقال ریسک به بیمه‌گران اتکایی خارجی، زمینه را برای جبران خسارات فیزیکی داخلی از طریق بیمه‌گران خارجی فراهم می‌آورند.

K=PULSE(0, 8)*(I+nonlife loss+zi-est)+PULSE(8, 1)*(I+nonlife loss+zi-est-destruction1-destruction2-payout1)+PULSE(9, 1)*(I+nonlife loss+zi-est+payout2)+PULSE(10,31)*(I +nonlife loss+zi-est) (۱٦)

Distruction1=(796752-(safety-P1-P2)/year (۱۷)

Distruction2=(125.95-safety-P11-P22)/year (۱۸)

در این تحقیق با بررسی چرخه‌های علّی و معلولی، اثر وقوع زلزلهٔ احتمالی در شهر تهران در کاهش سرمایهٔ فیزیکی و نیروی انسانی در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور

ایران بررسی شده است. سپس کاربردهای بیمه‌های زلزله همچون روشی برای انتقال ریسک و مدیریت ریسک زلزله بررسی خواهد شد. استفاده از این روش با ایجاد یک منبع مالی مناسب و از طریق بیمه‌های اتکایی خارجی، امکان جبران خسارات فیزیکی را فراهم می‌آورد و در رشد اقتصادی کشور تأثیر خواهد داشت. بنابراین بخش بیمه علاوه‌بر تأثیراتی که همچون یک واحد مالی در رشد اقتصادی دارد، از طریق بیمهٔ بلایای طبیعی نیز در رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد. معادلات مربوط به متغیرها، ازجمله روابط فوق، در جدول ۱ بیان شده‌اند.

۲. مروری بر پیشینهٔ تحقیق

بسیاری از پژوهشگران معتقدند که انتقال ریسک زمین‌لرزه به بیمه‌گران برای کاهش آثار مخرب زلزله در اقتصاد کشورها مؤثر است (کلنبرگ و مبارک،[1] ۲۰۱۱: ۳۱۲). در مطالعه‌ای با نام اقتصاد بلایای طبیعی ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی کشورهای مواجه با بلایای طبیعی و سطح توسعهٔ آن‌ها را طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸ تجزیه‌وتحلیل کردند و در نهایت، پیشنهادهایی برای مدیریت ریسک، ازجمله بیمهٔ بلایا، برای دستیابی به رشد بلندمدت ارائه دادند. نوی[2] و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی عملکرد بیمهٔ بلایای طبیعی در چند رویداد به اهمیت استفاده از بیمه برای مدیریت ریسک بلایای طبیعی اشاره می‌کنند. پستی و نکتاریوز[3] (۲۰۱۲) برای مدیریت ریسک زلزله در یونان، استفاده از بیمه‌های زلزله اجباری را پیشنهاد می‌دهند و به لزوم همکاری بخش دولتی و خصوصی برای ایجاد نرخ‌های مقرون‌به‌صرفه برای مالکان تأکید می‌کنند. وانگ[4] و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند شرکت‌های بیمه با جمع‌آوری حق‌بیمه‌ها در طول زمان، منابع موردنیاز برای جبران خسارات زلزله را در آینده فراهم می‌کنند و می‌توانند توانایی خود

1. Kellenberg & Mobarak
2. Noy
3. Petseti & Nektarios
4. Wang

در جبران خسارات را با افزایش منبع حق‌بیمه‌ها افزایش دهند (تائو[1] و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۳۰). پژوهشگران بیمهٔ زلزله را یکی از مؤثرترین ابزارهای مدیریت ریسک زلزله می‌دانند و با بررسی زلزلهٔ ونچوان در چین، برای تعیین نرخ معقول برای حق‌بیمهٔ زلزله، پیشنهادهایی ارائه می‌دهند (بنفیلد،[2] ۲۰۱۰). همان‌گونه که ۹۵٪ از خسارات زلزلهٔ ۲۰۱۰ شیلی را صنعت بیمه جبران کرد، پژوهشگران بیان می‌دارند که بیمهٔ زلزله و بیمه‌های اتکایی خارجی تأثیر زلزله در اقتصاد کشورها را کاهش می‌دهند.

ملکی و راداتز[3] (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر بلایای طبیعی در اقتصاد کشورهای با درآمد بالا و متوسط در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۸، دریافتند که کشورهایی که ضریب نفوذ بیمه در آن‌ها کم است، در مقایسه با کشورهایی که ضریب نفوذ بیمه در آن‌ها بالاتر است، با کاهش بیشتری در رشد اقتصادی و افزایش قابل‌توجهی در کسری بودجه مواجه شده‌اند. ون پیتر[4] و همکاران اثر بلایای طبیعی را در اقتصاد کشورها در دو حالت، وجود یا نبود بیمهٔ بلایای طبیعی مقایسه کرده‌اند (۲۰۱۲: ۳۹۲). نتایج نشان می‌دهند که در صورت وجود بیمه، بلایای طبیعی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در رشد تولید ناخالص داخلی در بلندمدت ندارند؛ در نقطهٔ مقابل، درصورت نبود بیمهٔ بلایای طبیعی، هزینهٔ تولید انباشته بیش از ۲/۳٪ افزایش می‌یابد و این آثار بیش از ۱۰ سال ادامه خواهد داشت.

کیتینگ[5] و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی انعطاف‌پذیری استراتژی‌های مدیریت ریسک بلایا و اثربخشی آن‌ها پرداخته‌اند و معتقدند که بیمهٔ زلزله، با جبران خسارات زلزله، وقفهٔ تولید پس از زلزله را کاهش می‌دهد و امکانات لازم برای بازسازی ساختمان‌ها و تجهیزات کسب‌وکار را فراهم می‌آورد و برای بهبود وضعیت خانوارها و کسب‌وکار به

1. Tao
2. Benfield
3. Melecky & Raddatz
4. Von Peter
5. Keating

دولت کمک می‌کند. لویدز[1] (۲۰۱۲) آثار اقتصادی بلایای طبیعی ازجمله زمین‌لرزهٔ ونچوان چین در سال ۲۰۰۸ و زلزلهٔ بزرگ شرق ژاپن در سال ۲۰۱۱ را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهند که در صورت پوشش بیمه‌ای وسیع، فشار بر دولت‌ها برای بازسازی پس از زلزله کاهش می‌یابد. رانگیر و ایشیواتاری[2] (۲۰۱٤) سیستم مدیریت بحران زلزلهٔ بزرگ شرق ژاپن در سال ۲۰۱۱ را بررسی کردند و معتقدند که در صورت وجود بیمهٔ بلایای طبیعی، کشورها با کاهش مصرف و سرمایه‌گذاری چندانی مواجه نخواهند شد. زیرا در صورت نبود پوشش بیمه‌ای، افراد برای بازسازی مجبورند مصرف خود را کاهش دهند و در ازای اخذ وام‌های تجاری، وام‌هایی برای بازسازی دریافت کنند. گودا[3] و همکاران (۲۰۱۵) معتقدند که بازسازی‌ها و کاهش وقفهٔ کسب‌وکار پس از زلزله نیازمند استفاده از خدمات بیمه‌ای است. آن‌ها با بررسی مدل‌های مالی و حسابداری در تصمیم‌گیری‌های بیمه‌ای در کشورهای آمریکا، ژاپن، مکزیک، نیوزلند، تایوان و ترکیه و با استفاده از روش‌هایی چون مدل‌سازی فاجعه همراه با تجزیه‌وتحلیل مالی پویا به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از ابزارهای نوین انتقال ریسک ازجمله اوراق قرضهٔ راهکار مناسبی برای بهبود مدیریت ریسک زلزله است.

یکی از بهترین روش‌های بررسی اثرگذاری بیمهٔ زلزله در کاهش آثار مخرب زمین‌لرزه در رشد اقتصادی، روش پویایی‌شناسی سیستم است. چراکه تک‌تک کانال‌های اثرگذاری زمین‌لرزه در رشد اقتصادی را شناسایی می‌کنند و شیوهٔ اثرگذاری بیمهٔ زلزله در رشد اقتصادی را نشان می‌دهد. امروز بسیاری از پژوهشگران از روش پویایی‌شناسی سیستم در بررسی رشد اقتصادی استفاده می‌کنند، زیرا این روش قدرت تحلیل و سیاست‌گذاری را افزایش می‌دهد. راشیاوان[4] و همکاران (۲۰۱۵: ۳۳۵) رشد اقتصاد شهری را از روش پویایی‌شناسی سیستم برای جاکارتا و اندونزی در دورهٔ زمانی ۲۰۰۹

1. Loyds
2. Ranghieri & Ishiwatari
3. Goda
4. Rusiawan

تا ۲۰۲۹ مدل‌سازی کرده‌اند. وار و ایرس[1] (۲۰۰۳) در مقاله‌ای، پیشرفت تکنولوژیک درون‌زای بلندمدت، مصرف منابع و رشد اقتصادی کشور آمریکا را در دورهٔ زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ بررسی می‌کنند. رندرز[2] (۲۰۰۰: ۲۲۰) در مقاله‌ای، راهکارهای انتقال از رشد پایدار به توسعهٔ پایدار را با روش پویایی‌شناسی برای دوره‌ای ۳۰ساله (۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰) در یک مدل اقتصاد جهانی بررسی کرده است. در این مطالعات، برای بررسی فاجعهٔ زمین‌لرزه معمولاً از روش برنامه‌ریزی استفاده شده است. این در حالی است که بررسی آثار زمین‌لرزه از روش‌های سیستمی، مخصوصاً روش سیستم داینامیک امکان بررسی همه‌جانبه و مناسب‌تری را فراهم می‌کند و در زمینهٔ استراتژی‌ها و تغییرات احتمالی بینش جامع‌تری در اختیار محقق قرار می‌دهد. پوتیراکیز[3] و همکاران (۲۰۱۳: ۲۹۴۸) در مقاله‌ای، به مقایسهٔ پویای بین بحران اقتصادی و مالی با زمین‌لرزه از طریق روش سیستم داینامیک پرداخته‌اند. باقری و همکاران (۲۰۱۰: ۲۵۷۱) سیاست‌گذاری‌های دورهٔ بازسازی پس از زمین‌لرزهٔ بم در سال ۲۰۰۳ را با تأکید بر بحران در سیستم آب شهری با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم بررسی کرده‌اند. رمضان‌خانی و نجفی یزدی (۲۰۰۸) مدیریت پس از فاجعه را با رویکرد سیستم داینامیک برای زمین‌لرزه بم در سال ۲۰۰۳ مدل‌سازی کرده‌اند. چانگ-ریچارد[4] و همکاران (۲۰۱۷) برای بررسی بازسازی‌های پس از زلزله مدلی را با روش پویایی‌شناسی سیستم طراحی کرده‌اند که در آن نرخ بیمهٔ زلزله را در تصمیم‌گیری‌ها و سرعت بازسازی بسیار مؤثر می‌دانند.

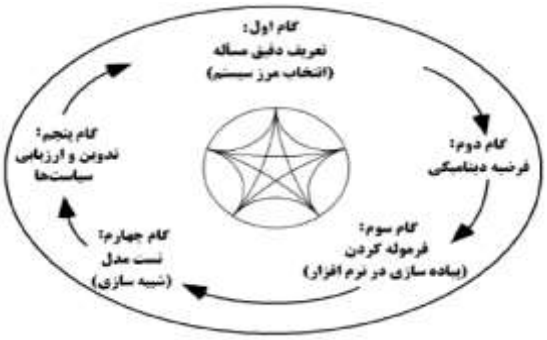
از آنجا که بررسی آثار مدیریت ریسک زلزله در وضعیت اقتصادی کشورها با روش‌های سنتی چندان کارا نیست، باید از روش‌های نوینی چون پویایی‌شناسی سیستم استفاده کرد تا امکان بررسی همه‌جانبهٔ مسئله فراهم گردد و سیاست‌گذاری‌های بهینه

1. Warr & Ayres
2. Randers
3. Potirakis
4. Chang-Richards

مقدور شود. ازاین‌رو در این پژوهش، مدل رشد اقتصادی درون‌زای ایران از روش پویایی‌شناسی سیستم شبیه‌سازی و کانال‌های اثرگذاری زمین‌لرزهٔ تهران در رشد اقتصادی کشور ایران بررسی شده است و از طریق چرخه‌های علّی و معلولی، آثار بیمهٔ زلزله در کاهش آثار مخرب زمین‌لرزهٔ تهران در رشد اقتصادی ایران پیش‌بینی شده است.

۳. روش‌شناسی

پویایی‌شناسی سیستم بر مبنای نظریهٔ کنترل و تئوری مدرن پویایی غیرخطی بنا شده است؛ یعنی تئوری و مدل‌ها پایهٔ ریاضی دقیقی دارند. همچنین ابزاری روشمند است که تحلیل‌گران و سیاست‌گذاران می‌توانند با کمک آن مسائلِ جوامع را حل کنند. مدل‌های واقعی معمولاً پیچیدگی و ویژگی غیرخطی و بسیاری از ابزارهای ریاضیِ در دسترس محدودیت‌های کاربردی دارند. پویایی‌شناسی سیستم این امکان را به ما می‌دهد که زمینهٔ روشی قدرتمندی را برای توسعهٔ بینش و درک مفهومی از پیچیدگی و پویایی به‌کار بگیریم. البته برای تأثیرگذاری در دنیای واقعی و نحوهٔ اجرا و به‌کارگیری مدل‌ها، می‌بایست آن‌ها را با همهٔ ابهامات، فشارهای زمانی، خصوصیات اقتصادی و سیاسی بیامیزیم و این همان قدرتی است که پویایی‌شناسی سیستم به ما می‌دهد. مطابق نمودار ۱، در این روش پس از بیان مسئله و تعریف فرضیه‌های پویا، مدل فرموله می‌شود و پس از آزمون و اعتبارسنجی مدل، سیاست‌ها طراحی و ارزیابی می‌شوند.



نمودار۱. فرایند مدل‌سازی در پویایی‌شناسی سیستم (استرمن،[1] ۲۰۰۱)

خالد سعید (۲۰۱٤: ۲٤۸) به بررسی نظرات اقتصادی فورستر در زمینهٔ مدل‌سازی اقتصادی با روش سیستم داینامیک می‌پردازد و پویایی‌شناسی سیستم را مناسب‌ترین روش برای بررسی مشکلات اقتصادی می‌داند. در این راستا، برخی از مدل‌های رشد اقتصادی را نیز شبیه‌سازی می‌کند. همچنین فورستر[2] (۲۰۱۳: ۲۸) در مقاله‌ای با عنوان «تئوری‌های اقتصادی در هزارهٔ جدید» بیان می‌دارد که مدل‌های سنتی در توضیح رفتارهای اقتصادی چندان موفق عمل نکرده‌اند. او بیان می‌دارد که برای پاسخ به سؤالات اساسی اقتصادی بهتر است از مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم برای شبیه‌سازی رفتارهای اقتصادی استفاده کرد. کروتیلا و رونی[3] (۲۰۰۲: ۳٤) در مقاله‌ای با عنوان «کیفیت زندگی در پویایی توسعهٔ اقتصادی، اقتصاد محیط‌زیست و توسعه» مدل رشد اقتصادی رمزی را از طریق روش پویایی‌شناسی سیستم بررسی کرده‌اند. نتایج بر استفاده از روش سیستم داینامیک در بررسی مدل‌های رشد اقتصادی تأکید دارد.

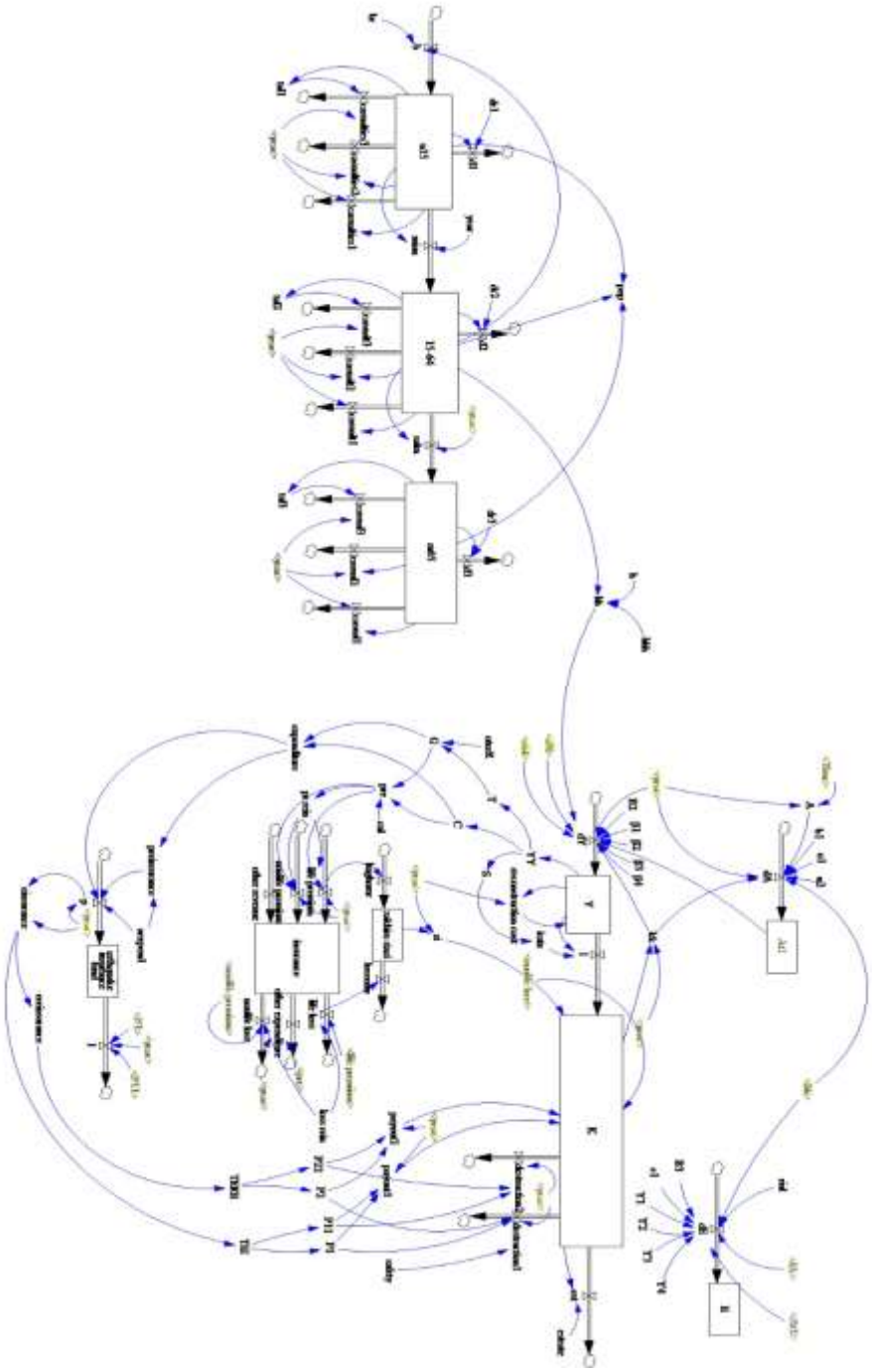
1. Sterman
2. Forrester
3. Krutilla & Reuveny

٤. الگوی تحقیق

برای تحلیل اثرگذاری زمین‌لرزهٔ تهران در رشد اقتصادی، مدل رشد اقتصادی درون‌زای رومر برای ایران شبیه‌سازی شده است و روابط بین متغیرها و معادلات تعریف شده‌اند. داده‌ها و اطلاعات به‌کاررفته در این مدل از روش کتابخانه‌ای و اسنادی به‌دست آمده‌اند که از مقالات یا داده‌های آماری بانک جهانی، بیمهٔ مرکزی ایران، بانک مرکزی ایران، مرکز آمار ایران و مطالعات آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن در ارتباط با وقوع زمین‌لرزهٔ احتمالی در تهران به‌دست آمده‌اند. شایان ذکر است که ارقام ریالی به قیمت ثابت پایهٔ سال ۱۳۸۳ و در مرحلهٔ بعد محدودیت‌ها و مقادیر، وارد مدل می‌شود. این پژوهش در جست‌وجوی پاسخ به این سؤال است که اگر روابط رشد اقتصادی را به‌صورت یک‌سری معادلات پویا در نظر بگیریم، چگونه استفاده از بیمهٔ زلزله، آثار وقوع زمین‌لرزه در تهران در رشد اقتصادی کشور ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند؟

در این راستا چهار معادلهٔ تولید کالا، تولید دانش و تولید انرژی و عملکرد بیمه شبیه‌سازی شده‌اند. برای دستیابی به تحلیل‌های بهینه، جمعیت به سه گروه تقسیم می‌شود: جمعیت کمتر از ۱۵ سال، جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال و جمعیت بیشتر از ٦٥ سال. جمعیت کمتر از ۱۵ سال براساس تفاوت میزان موالید با میزان مرگ مشخص می‌شود و میزان موالید متأثر از جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال است. تفاوت خروجی جمعیت کمتر از ۱۵ سال با مرگ‌ومیر جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال، تعداد جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال را مشخص می‌کند. همچنین تفاوت خروجی جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال با مرگ‌ومیر جمعیت بالاتر از ٦٥ سال، تعداد جمعیت بیشتر از ٦٥ سال را مشخص می‌کند. با توجه به درون‌زایی تولید دانش در مدل رشد درون‌زا، تابع تولید دانش متأثر از دانش اولیه، بخشی از سرمایهٔ فیزیکی، بخشی از سرمایهٔ انسانی و کشش‌های مربوط است. از طرفی، در تابع تولید کالا و تولید انرژی اثر می‌گذارد. تولید کالا متأثر از بخشی از سرمایهٔ انسانی، بخشی از سرمایهٔ فیزیکی، دانش و انرژی است و طبق مدل ارائه‌شده در بخش مبانی نظری طراحی شده است. تولید کالای واسطه‌ایِ انرژی متأثر از بخشی از سرمایهٔ

انسانی، بخشی از سرمایهٔ فیزیکی، دانش، عرضهٔ انرژی اولیه و کشش‌های مربوط است. عملکرد صنعت بیمه متأثر از حق‌بیمه‌های دریافتی و خسارات پرداختی است. حق‌بیمه‌های دریافتی درصدی از مخارج مصرفی بخش خصوصی و دولتی‌اند و خسارات پرداختی غیرزندگی به جبران سرمایه‌های ازدست‌رفته می‌پردازد. همچنین ذخایر بیمه‌های زندگی منجر به بهبود سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی می‌شود. صندوق اتکایی زلزله براساس «لایحهٔ تأسیس صندوق بیمهٔ همگانی حوادث طبیعی» فعالیت دارد؛ بنابراین درصدی از مخارج مصرفی بخش خصوصی و دولتی وارد صندوق خواهد شد و درصورت وقوع زمین‌لرزه، خسارات واردشده به سرمایه‌های کشور از طریق منابع صندوق جبران می‌شود. پس در صورت کمبود ذخایر صندوق در سال‌های اولیه، منابع لازم برای جبران خسارات را دولت تهیه می‌کند. به این منظور، از بیمه‌های اتکایی خارجی نیز برای رعایت اصل پراکندگی ریسک و حفظ سرمایه‌های ملی استفاده می‌شود. با توجه به نمودار علّی ، نمودار انباشت و جریان، تشکیل شده است.



نمودار ۲. نمودار انباشت- جریان (منبع: یافته‌های تحقیق)

اطلاعات متغیرها به شرح جدول ۱ است. ضرایب تخریب‌ها و تلفات در این جدول برگرفته از سناریو اول (گسل ری) است.

جدول۱. معرفی متغیرهای به‌کاررفته در مدل

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
dA	رشد سطح دانش	جریان	میلیارد ریال/سال	$(\dot{A}(t)/year) = (B_1 A(t)[(1-\eta_1-\eta_2)K(t)]^{\alpha_1}[(1-\theta_1-\theta_2)H(t)]^{\alpha_2})/year)$	(استادزاد و هادیان، ۱۳۹۵)
At1	موجودی دانش	انباشت	میلیارد ریال	$A(t) = A(t-1) + \dot{A}(t)$ *2144*	(همان)
A	موجودی دانش اولیه	کمکی	میلیارد ریال	lookup	(همان)
α1	کشش رشد دانش به سرمایه	توان	–	0.042	(همان)
α2	کشش رشد دانش به نیروی انسانی	توان	–	0.049	(همان)
B1	ضریب تابع دانش	ضریب	–	0.0197	(همان)
B2	ضریب تابع تولید	ضریب	–	0.731	(همان)
β1	اثر سرمایه در تابع تولید	توان	–	0.301	(همان)
β2	اثر نیروی کار در تابع تولید	توان	–	0.246	(همان)
β3	اثر دانش در تابع تولید	توان	–	0.221	(همان)
β4	اثر انرژی در تابع تولید	توان	–	0.123	(همان)

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
dY	رشد تولید کل	جریان	میلیارد ریال/سال	$\left(\frac{Y(t)}{\frac{rial^2}{year}}\right) = B_2\left[(\eta_1)K(t)\right]^{\beta_1}[(\theta_1)H(t)]^{\beta_2}[E(t)]^{\beta_3}[A(t)]^{\beta_4})/(\frac{rial^2}{year})$	---
Y	تولید ناخالص داخلی	انباشت	میلیارد ریال	1605453	(بانک مرکزی ج. ا. ایران، ۱۳۹۰)
dE	تغییرات تابع انرژی	جریان	میلیارد ریال/سال	$(\frac{E(t)}{rial^2}) = (B_3\left[(\eta_2)K(t)\right]^{\gamma_1}[(\theta_2)H(t)]^{\gamma_2}[A(t)]^{\gamma_3}[IES(t)]^{\gamma_4}/rial\wedge2)$	---
E	تابع انرژی	انباشت	میلیارد ریال	550984	(تراز انرژی ایران، ۱۳۹۰)
B3	سایر متغیرهای مؤثر در تابع انرژی	ضریب	-	0.300	(استادزاد و هادیان، ۱۳۹۵)
E1	عرضهٔ انرژی اولیه	کمکی	میلیارد ریال	289467	(تراز انرژی ایران، ۱۳۹۰)
γ_1	کشش سرمایه‌ای تابع انرژی	توان	–	0.223	(استادزاد و هادیان، ۱۳۹۵)
γ_2	کشش نیروی کار در تابع انرژی	توان	–	0.037	(همان)
γ_3	کشش دانش در تابع انرژی	توان	–	0.0247	(همان)
γ_4	کشش عرضهٔ	توان	–	0.8589	(همان)

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
	انرژی اولیه در تابع انرژی				
irate	نرخ سرمایه‌گذاری	کمکی	–	0.25	(بانک جهانی،[1] ۲۰۱۱)
I	سرمایه‌گذاری	جریان	میلیارد ریال/سال	I(t)= irate*Y(t)	---
K	سرمایهٔ فیزیکی	انباشت	میلیارد ریال	PULSE(0, 8)*(I+nonlife loss+zi-est)+PULSE(8, 1)*(I+nonlife loss+zi-est-destruction1-destruction2-payout1)+PULSE(9, 1)*(I+nonlife loss+zi-est+payout2)+PULSE(10,31)*(I+nonlife loss+zi-est) 7770050	(امینی و حاجی‌محمد، ۱۳۸٤)
est	استهلاک	جریان	میلیارد ریال/سال	Estrate*k	(همان)
estrate	نرخ استهلاک	کمکی	–	0.05	(همان)
pop	جمعیت	کمکی	هزار نفر	U15+(15-65)+m65	---
b	موالید	جریان	هزار نفر/سال	br*pop	---
br	نرخ موالید	کمکی	–	0.016	(بانک جهانی، ۲۰۱۱)
d	مرگ‌ومیر	جریان	هزار نفر/سال	dr*pop	---
dr	نرخ مرگ‌ومیر	کمکی	–	0.005	(همان)
hh	نیروی کار	کمکی	1	H*15-65*hhh	(بانک مرکزی ج. ا. ایران،

1. World Bank

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
					(۱۳۹۰
h	جمعیت فعال به ۱۵ تا ٦٤ سال	کمکی	–	lookup	(همان)
U15	جمعیت زیر ۱۵ سال	انباشت	هزار نفر	PULSE(0, 8)*(b-d1-mian)+PULSE(8, 1)*(b-d1-mian-casualties1-casualties2-casualties3)+PULSE(9, 32)*(b-d1-mian) 17561000	(مرکز آمار ج. ا. ایران، ۱۳۹۰)
15-65	جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال	انباشت	هزار نفر	PULSE(0, 8)*(mian-d2-salm)+PULSE(8, 1)*(mian-d2-salm-casualt1-casualt2-casualt3)+PULSE(9, 32)*(mian-d2-salm) 53244000	(همان)
M65	جمعیت بیشتر از ٦٤ سال	انباشت	هزار نفر	PULSE(0, 8)*(salm-d3)+PULSE(8, 1)*(salm-d3-casual1-casual2-casual3)+PULSE(9, 32)*(salm-d3) 4343000	(همان)
salm	نرخ سالمندی	جریان	هزار نفر/سال	(15-65/64)/year	---
mian	نرخ میان‌سالی	جریان	هزار نفر/سال	(U15/15)/year	---
hhh	hhh	کمکی	۱/هزار نفر	1	---
year	سال	کمکی	سال	1	---
Kk	Kk	کمکی	میلیارد ریال/سال	k/year	---
rial	ریال	کمکی	میلیارد ریال	1	---
C	مصرف	کمکی	میلیارد ریال	Y*0.45	(همان)
G	مخارج دولتی	کمکی	میلیارد ریال	Y*0.11	(همان)
cul	درصد مخارج بیمه‌ای	کمکی	--	0.02	(داده‌های بیمهٔ مرکزی ج. ا. ایران، ۱۳۹۰)
pre	حق‌بیمه	کمکی	میلیارد ریال	cul*(C+G)	(همان)

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
pr rein	حق‌بیمهٔ اتکایی	کمکی	میلیارد ریال	pre*0.24	(همان)
life premium	حق‌بیمهٔ زندگی	جریان	میلیارد ریال/سال	0.2*(pre-pr rein))/year	(همان)
nonlife premium	حق‌بیمهٔ غیرزندگی	جریان	میلیارد ریال/سال	0.8*(pre-pr rein))/year	(همان)
other revenue	سایر درآمدهای بیمه	جریان	میلیارد ریال/سال	1821	(همان)
insurance	عملکرد صنعت بیمه	انباشت	میلیارد ریال	life premium+nonlife premium+other revenue-life loss-nonlife loss-other expenditure 2112	(همان)
life loss	خسارت زندگی	جریان	میلیارد ریال	((0.69* life premium)-(0.69* life premium *loss rein))	(همان)
nonlife loss	خسارت غیرزندگی	جریان	میلیارد ریال	((0.84*nonlife premium)-(0.84* nonlife premium *loss rein))	(همان)
other expenditure	سایر هزینه‌های بیمه	جریان	میلیارد ریال/سال	(0.24*pre)/year	(همان)
loss rein	درصد خسارت اتکایی	کمکی	--	0.25	(همان)
haghomr	حق‌بیمهٔ عمر	جریان	میلیارد ریال/سال	life premium*0.12	(همان)
lossomr	خسارت عمر aa	جریان	میلیارد ریال/سال	life loss*0.11	(همان)
zakhire riazi	ذخایر ریاضی	انباشت	میلیارد ریال	haghomr-lossomr 1800	(همان)
zi	ذخایر ریاضی سال	کمکی	میلیارد ریال/سال	zakhire riazi/year	---
destruction1	تخریب زلزله	جریان	میلیارد ریال/سال	(safety-P1-P2)/year-796752)	(جایکا،[1] ۲۰۰۱)

1. Jica

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
Destruction 2	تخریب ناشی از آتش‌سوزی	جریان	میلیارد ریال/سال	(125.95-safety-P11-P22)/year	(صادقیان و همکاران، ۲۰۱۶)
Casual1	تلفات۱(بالای ٦٥ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.060006*(0.15*m65))/(year)	(همان؛ جایکا، ۲۰۰۱)
Casual2	تلفات جراحت (بالای ٦٥ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.16*(0.022522*(0.15*m65)))/year)	(امینی و همکاران، ۲۰۱۲)
Casual3	تلفات بیماری (بالای ٦٥ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.1*tal3)/year	(رمضان‌خانی و نجفی یزدی، ۲۰۰۸)
Tal3	تعداد بیماران (بالای ٦٥ سال)	کمکی	هزار نفر	0.45*0.11*0.15*m65	(همان)
casualt1	تلفات۱ (۱۵ تا ٦٤ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(.060006*(0.17*"15-64"))/(year)	(صادقیان و همکاران، ۲۰۱٦؛ جایکا، ۲۰۰۱)
casualt2	تلفات جراحت (۱۵ تا ٦٤ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.16*(0.022522*(0.17*"15-64") /year	(امینی و همکاران، ۲۰۱۲)
casualt3	تلفات بیماری (۱۵ تا ٦٤ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.1*(tal2))/(year)	(رمضان‌خانی و نجفی یزدی، ۲۰۰۸)
Tal2	تعداد بیماران	کمکی	هزار نفر	0.45*0.11*0.17*"15-64"	(همان)

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
	(۱۵ تا ٦٤ سال)				
casualties1	تلفات۱ (کمتر از ۱۵ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(.060006*(0.12*u14))/(year)	(صادقیان و همکاران، ۲۰۱٦؛ جایکا، ۲۰۰۱)
casualties2	تلفات جراحت (کمتر از ۱۵ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.16*(0.022522*(0.12*"u14") /year	(امینی و همکاران، ۲۰۱۲)
casualties3	تلفات بیماری (کمتر از ۱۵ سال)	جریان	هزار نفر/سال	(0.1*(tal1))/(year)	(رمضان‌خانی و نجفی یزدی، ۲۰۰۸)
Tal1	(کمتر از ۱۵ سال) تعداد بیماران	کمکی	هزار نفر	0.45*0.11*0.12*"u14"	(همان)
expenditure	کل مخارج	کمکی	میلیارد ریال	C+G	---
preinsurance	حق‌بیمهٔ اتکایی E	کمکی	میلیارد ریال	(aexpend*expenditure)*0.5	---
expend	درصد حق‌بیمهٔ زلزله از کل مخارج	کمکی	---	0.0135	
p	حق‌بیمهٔ صندوق بیمهٔ همگانی زلزله	جریان	میلیارد ریال/سال	aexpend*expenditure)-)) ((preinsurance)/year	---
earthquake insurance fund	صندوق بیمهٔ همگانی زلزله	انباشت	میلیارد ریال	PULSE(0, 8)*(p-0)+PULSE(8, 1)*(p-(l)+PULSE(9, 32)*(p-0 500	---
L	خسارات	جریان	میلیارد	(P1+P11)/year)	---

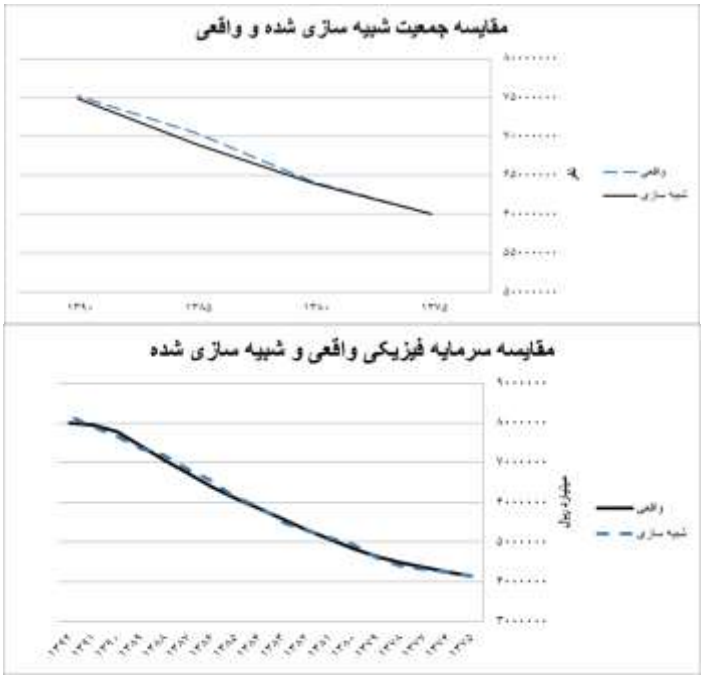
متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
	صندوق بیمهٔ همگانی زلزله		ریال/سال		
Einsurance	سرمایهٔ صندوق بیمهٔ همگانی زلزله	کمکی	میلیارد ریال	(0.5*(p/0.003))*year)	---
ereinsurance	سرمایهٔ بیمه‌گر اتکایی از بیمهٔ زلزله	کمکی	میلیارد ریال	einsurance	----
TERE	سرمایه بیمه‌گر اتکایی از بیمهٔ زلزلهٔ تهران	کمکی	میلیارد ریال	ereinsurance*0.2038	----
TEI	سرمایهٔ بیمهٔ زلزلهٔ تهران	کمکی	میلیارد ریال	0.2038*einsurance	-----
P1	خسارت پرداختی صندوق ۱	کمکی	میلیارد ریال	0.503*TEI	---
P11	خسارت پرداختی صندوق ۲	کمکی	میلیارد ریال	0.00016*TEI	---
P2	خسارت پرداختی اتکایی ۱	کمکی	میلیارد ریال	0.503*TERE	---
P22	خسارت پرداختی اتکایی ۲	کمکی	میلیارد ریال	0.00016*TERE	---
payout1	کل خسارت پرداختی صندوق	کمکی	میلیارد ریال/سال	(P1+P11)/year)	---
Payout2	کل خسارت	کمکی	میلیارد	(P2+P22)/year)	---

متغیر/پارامتر	توضیح متغیر/پارامتر	نوع متغیر/ پارامتر	واحد	فرمول / مقدار	منبع
	پرداختی اتکایی		ریال/سال		
safety	افزایش ایمنی	کمکی	میلیارد ریال	316800	---

منبع: یافته‌های تحقیق

برای سنجش روایی مدل، این آزمون‌ها انجام شده‌اند:

۱) آزمون بازتولید رفتار:[1] برای سنجش اعتبار، مدل را با مبدأ سال ۱۳۷۵، با داده‌های واقعی مستخرج از بانک مرکزی و مرکز آمار ایران تا سال ۱۳۹۲، مقایسه کردیم و به نتایج ذیل رسیدیم که با تقریب خوبی نزدیک به واقعیت است. و در نمودار ۳ نشان داده شده اند.



1. Reproduction Test

نمودار ۳. مقایسهٔ مقادیر محاسبه‌شده در مدل (^) با مقادیر واقعی (منبع: یافته‌های تحقیق)

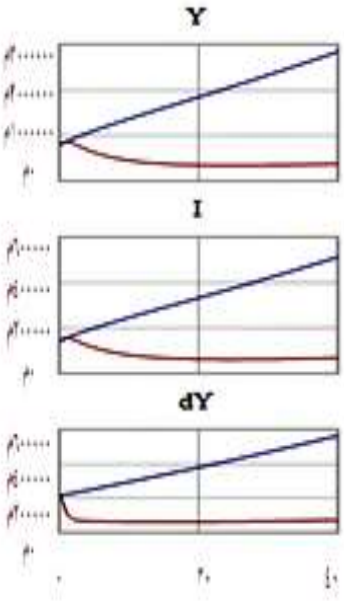
۲) آزمون کفایت مرزهای مدل:[1] در این مدل، همهٔ متغیرهای لازم برای بررسی رشد اقتصادی درون‌زا، ازجمله سرمایهٔ فیزیکی و سرمایهٔ انسانی و تابع تولید کالا و تولید دانش ارائه‌شده و باتوجه‌به مبانی نظری و پیشینهٔ موجود فرموله گردیده‌اند. مقادیر تعیین‌شده برای متغیرها براساس مقادیر آن‌ها در واقعیت تعیین شده است و می‌توانند تقریب مناسبی از رفتار تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی کشور ایران را ارائه دهند.

۳) آزمون ساختار:[2] بررسی تطابق مدل با واقعیت در مراحل تصمیم‌گیری نشان می‌دهد که رفتار متغیرهای تعریف‌شده و تأثیر آن‌ها در رفتار مدل در مراحل بحرانی با واقعیت تطبیق داشته است و این موضوع از رفتار مدل در این مواقع و نیز با نظرسنجی از خبرگان تأیید شده است.

٤) آزمون تناسب ابعاد:[3] این آزمون به‌منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آن‌ها با واقعیت انجام می‌شود که در ارتباط با متغیرهای مدل انجام شده است و نشانگر تطابق واحد متغیرها با واقعیت است.

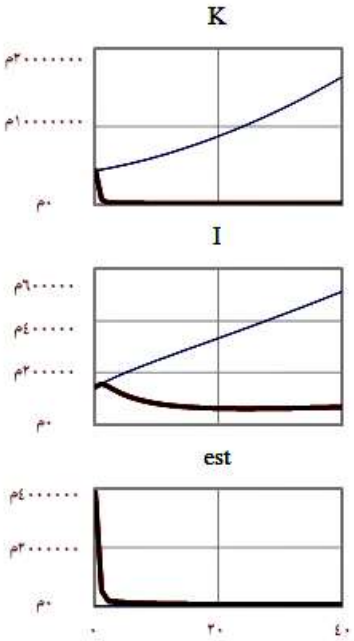
1. Boundary Adequacy Test
2. Structure Assessment Test
3. Dimensional Consistency Test

۵) آزمون حالت حدی:[1] در این بخش، رفتار متغیرها در حالت حدی بررسی شده است. منفی‌نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت اطلاعات و مواد براساس مفروضات مدل نیز از جملهٔ موارد بررسی‌شده در این بخش است و رفتار متغیرها این وضعیت را تأیید می‌کند. همچنین برای جلوگیری از رفتار غیرمنطقی متغیرها در حالت‌های حدی بی‌نهایت، ظرفیت‌ها برای متغیرهای حالت و نرخ تعریف شده‌اند. برای نمونه، رفتار متغیر تولید کالا و سرمایه درصورت افزایش نرخ استهلاک تا ۹۰٪ در نمودار٤ و ۵، نمایش داده شده است. متغیر سرمایه طی دو سال، نزدیک به صفر خواهد شد و تولید کالا نیز پس از دو سال، کاهش چشمگیری دارد. در نمودار ٦ و ۷، رفتار متغیر تولید و جمعیت درصورت کاهش نرخ موالید، تا ۰/۰۰۱ نمایش داده شده‌اند. چنانکه مشاهده می‌شود، جمعیت کمتر از ۱۵ سال به‌سرعت کاهش می‌یابد و پس از مدتی، این کاهش به جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال منتقل خواهد شد. متعاقب کاهش جمعیت ۱۵ تا ٦٤ سال، نیروی کار و درنتیجه مقدار تولید، نیز کاهش می‌یابد.

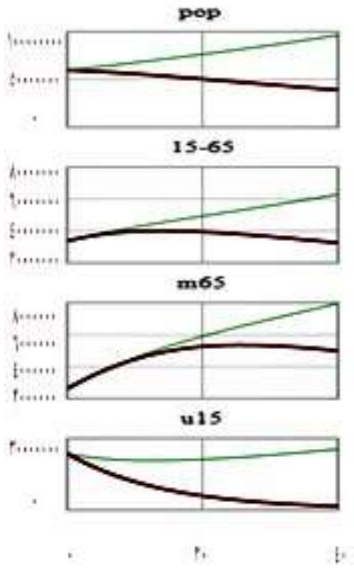


1. Extreme Conditions Test

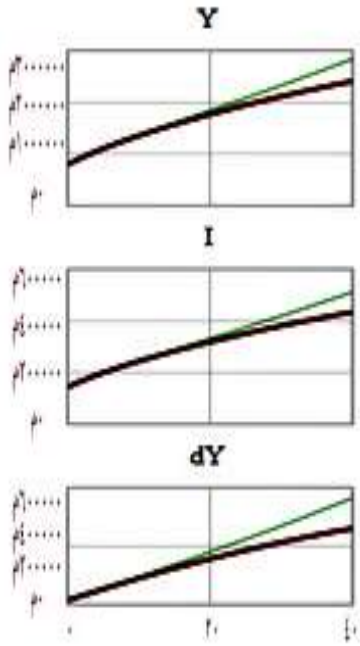
نمودار ٤. رفتار متغیر تولید (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار۵. رفتار متغیر سرمایه (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ٦. رفتار متغیر جمعیت (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۷. رفتار متغیر تولید (منبع: یافته‌های تحقیق)

در ادامه، به بررسی پاسخ این پرسش خواهیم پرداخت: آیا به‌کارگیری بیمهٔ زلزله می‌تواند آثار منفی زلزلهٔ احتمالی در تهران در رشد اقتصادی کشور ایران را کاهش دهد؟

برای یافتن پاسخ، وقوع زمین‌لرزهٔ احتمالی در شهر تهران در گسل شمال تهران و در گسل ری بررسی شده است. که سال مبدأ ۱۳۹۰ و وقوع زلزلهٔ احتمالی در ۱۳۹۸ شبیه‌سازی شده است. اطلاعات لازم در زمینهٔ شدت و میزان تلفات و خسارات احتمالی زمین‌لرزه در هر حالت از مطالعهٔ جایکا (۲۰۰۱) استخراج شده است. شایان ذکر است که در همهٔ سناریوها، تلفات براساس میزان تلفات در شب در نظر گرفته شده است. آثار وقوع زمین‌لرزه در هر گسل براساس دو حالت وجود و نبود بیمه‌نامهٔ زلزله، با فرض بهبود ۱۰ و ۲۰ درصدی در اجرای آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز و مقاومت بناها در برابر زلزله، به‌سبب نظارت و سیاست‌های تشویقی بیمه‌ای در قالب چهار سناریو

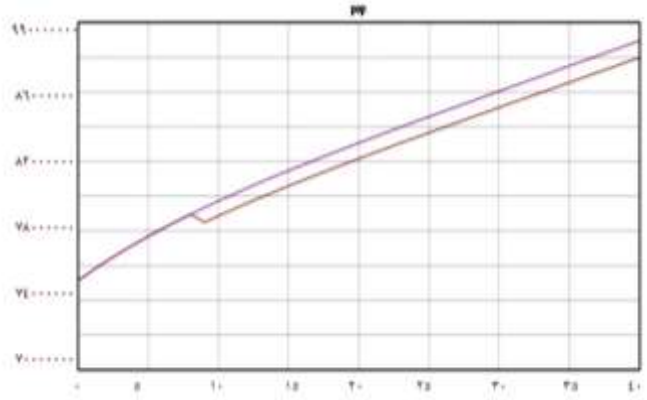
بررسی شده‌اند. بیمه‌نامهٔ زلزله براساس لایحهٔ «تأسیس صندوق بیمهٔ همگانی حوادث طبیعی» و با فرض تأسیس این صندوق در سال ۱۳۹۰ طراحی شده است. در این لایحه، بحث اجرای بیمهٔ اجباری حوادث طبیعی ساختمان با نرخ حق‌بیمه سه در هزار مطرح شده است که ادارهٔ صندوق زیر نظر شرکت سهامی بیمه ایران است و کسری ذخایر برای جبران خسارات ایجادشده در سال‌های اولیه از سوی دولت جبران می‌شود. در این تحقیق مفروض است که ۸۵٪ سرمایه‌های ساختمانی تحت پوشش این بیمه‌نامه قرار می‌گیرند و صندوق قرارداد اتکایی مشارکت ۵۰درصدی با بیمه‌گران خارجی دارد. کاهش ریسک ریزش ساختمان‌ها در تهران از طریق بهبود اجرای آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز کشور ایران در دو سناریو ۱۰٪ و ۲۰٪ فرض شده‌اند. براساس جدول ۲، بیشترین تلفات جانی و خسارات مالی در صورت وقوع زمین‌لرزه در گسل ری اتفاق خواهد افتاد.

جدول۲. اطلاعات گسل‌ها و شاخص‌های مربوط

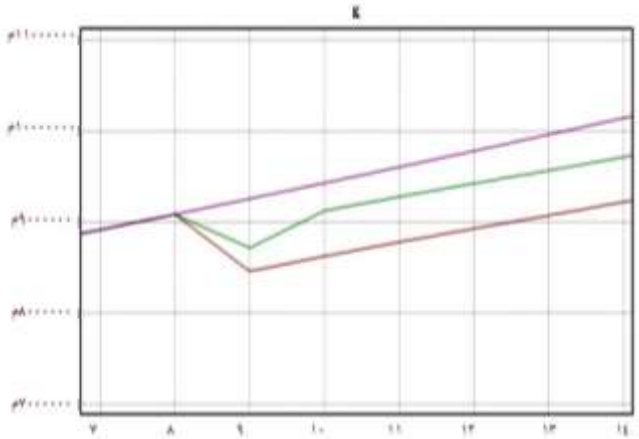
مشخصات گسل	گسل ری	گسل شمال تهران
طول (km)	۲۶	۵۸
عرض(km)	۱۶	۲۷
بزرگای گشتاوری(mw)	۶/۷	۷/۲
مبدأ: شمال (درجه)	۳۵/۸۲۵۵	۳۵/۶۸۱۵
مبدأ: شرق (درجه)	۵۱/۷۳۹۲	۵۲/۴۹۵۵
سمت (در جهت عقربه‌های ساعت از شمال) (درجه)	۲۶۳	۲۶۳
زاویهٔ شیب (درجه)	۷۵	۷۵
عمق بالایی لبه(km)	۵	۰

منبع: (جایکا، ۲۰۰۱)

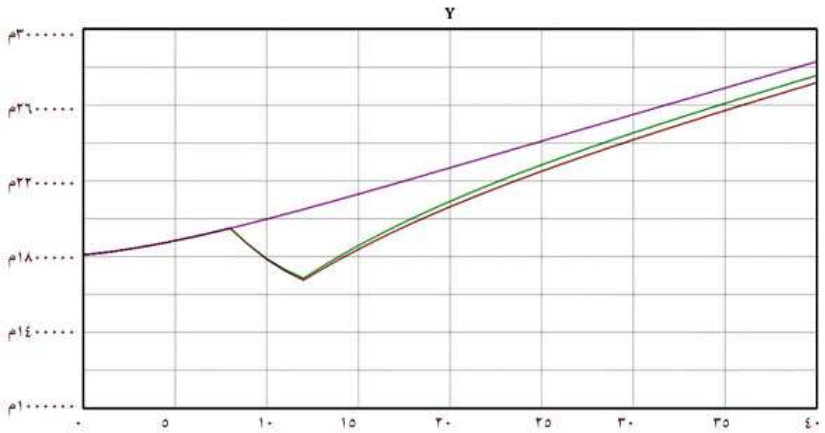
در نمودار ۸، اثر وقوع زلزله در گسل ری در جمعیت کشور و رفتار متغییر جمعیت در گروه‌های مختلف سنی طی یک دورهٔ ۴۰ساله نمایش داده شده است. در نمودار ۹، میزان خسارات فیزیکی درصورت بروز زلزله در گسل ری نشان داده شده است. در صورت استفاده از بیمهٔ زلزله، صندوق خسارات را جبران می‌کند و طی مدت فرضی حدود یک سال، سهم بیمه‌گر اتکایی از خسارات گرفته می‌شود. شکست اولیه در منحنی، نشانگر خسارات زلزله و شکست دوم بیانگر تأمین مالی خسارات از خارج از سوی بیمه‌گران اتکایی خارجی است. در نمودار ۱۰، کاهش رشد اقتصادی ایران به‌سبب وقوع زمین‌لرزه در گسل ری طی دورهٔ زمانی ۱۳۹۸ تا ۱۴۳۰ نشان داده شده است. همچنین بهبود رشد اقتصادی در اثر انتقال ریسک به صندوق بیمهٔ همگانی زلزله و بیمه‌گران اتکایی خارجی نمایش داده شده است.



نمودار ۸ رفتار جمعیت(گسل ری) (منبع: یافته‌های تحقیق)

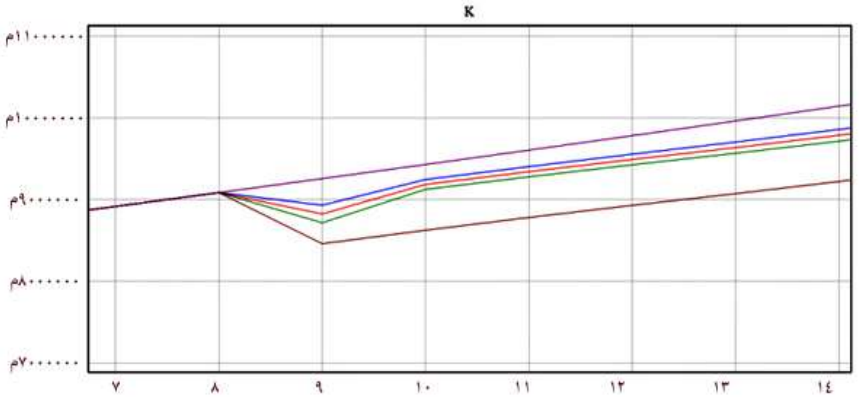


نمودار۹. رفتار متغیر سرمایه با وجود بیمه(گسل ری) (منبع: یافته‌های تحقیق)



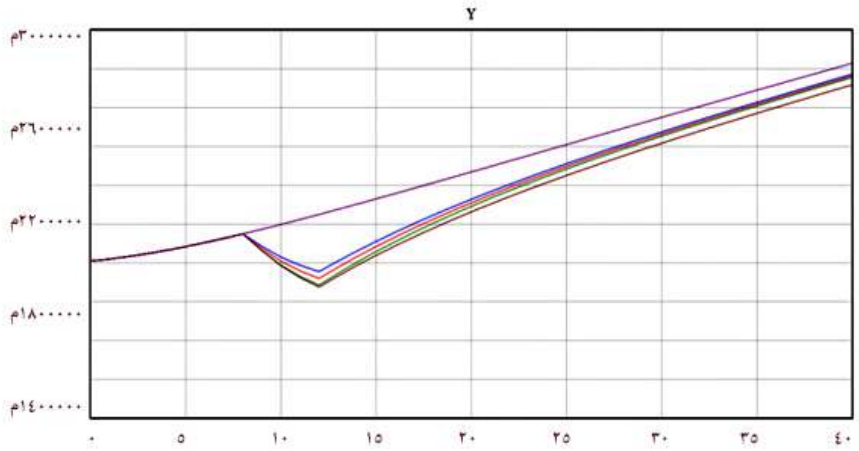
نمودار ۱۰. رفتار متغیر تولید با وجود بیمهٔ زلزله (گسل ری) (منبع: یافته‌های تحقیق)

بیمه‌گران می‌توانند از طریق نرخ‌گذاری در بیمه‌های زلزله متناسب با میزان ریسک فروریزش بنا و مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله، زمینه را برای بهبود اجرا و یا ارتقای آیین‌نامهٔ طراحی لرزه‌ای ساختمان فراهم آورند. کاهش ریسک فروریزش ساختمان‌ها در تهران از طریق بهبود اجرای آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز کشور ایران در دو سناریو، ۱۰٪ و ۲۰٪ فرض شده‌اند. این اعداد براساس تحقیق پیری‌زاده (۲۰۱۸) و قنبری و امیدوار (۲۰۱٤) در نظر گرفته شده‌اند. پیری‌زاد با بررسی روش‌های مدیریت ریسک لرزه‌ای بر سرمایه‌گذاری بخش ساختمان در شهرهای لرزه‌خیز به این نتیجه رسیده است که با رویکرد اطمینان در مهندسی زلزلهٔ عملکردی در ساختمان‌ها، با اعمال شرط دستیابی به اطمینان ۸۰درصدی، برای تأمین هدف عملکردی موردانتظار از سازه، مطابق آیین‌نامهٔ لرزه‌ای کشور، میزان خطرپذیری سرمایهٔ کارفرما، بین ۲ تا ۲۰٪ برای سطوح مختلف خسارات محتمل، کاهش یافته است. همچنین استفادهٔ هم‌زمان از دو راهبرد کاهش و انتقال خطرپذیری به بیمه‌گر، به کاهش ۵ تا ۲۰درصدی احتمال به خطرافتادن سرمایه در سطوح مختلف خسارات، و هم به کاهش دورهٔ زمانی توقف در فعالیت اقتصادی ساختمان موردنظر در زمان بروز زلزلهٔ محتمل می‌انجامد. قنبری و امیدوار ریسک فروریزش ساختمان‌ها در منطقهٔ یک تهران بر اثر زلزله را ارزیابی کرده‌اند و میزان کاهش این ریسک را بر اثر ارتقای آیین‌نامهٔ طراحی لرزه‌ای بررسی کرده‌اند. نمودار ۱۱ نشان‌دهندهٔ کاهش خسارات و نمودار ۱۲ نشان‌دهندهٔ بهبود رشد اقتصادی پس از زلزله در ۳ سناریو است. سناریوی اول اثر استفاده از بیمهٔ زلزله را نشان می‌دهد؛ سناریوی دوم اثر استفاده از بیمهٔ زلزله و نرخ‌گذاری متناسب با ریسک برای بهبود شرایط ساخت‌وساز به میزان ۱۰٪ و سناریوی سوم اثر وجود بیمهٔ زلزله و بهبود اجرا و ارتقای آیین‌نامهٔ لرزه‌ای به میزان ۲۰٪ را نشان می‌دهد.



نمودار ۱۱. رفتار متغیر سرمایه با وجود بیمهٔ زلزله و بهبود ساخت‌وساز (گسل ری)

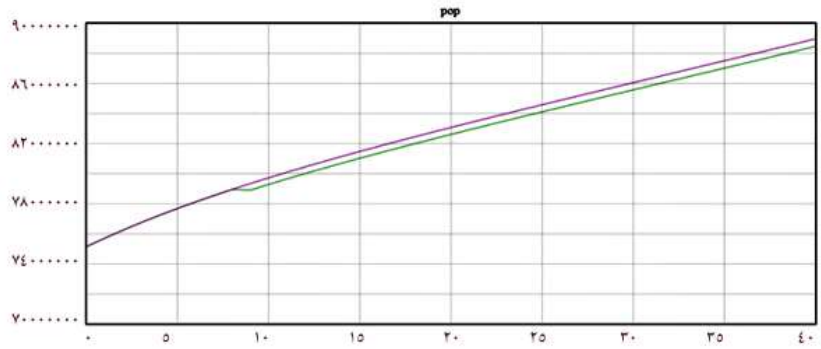
(منبع: یافته‌های تحقیق)



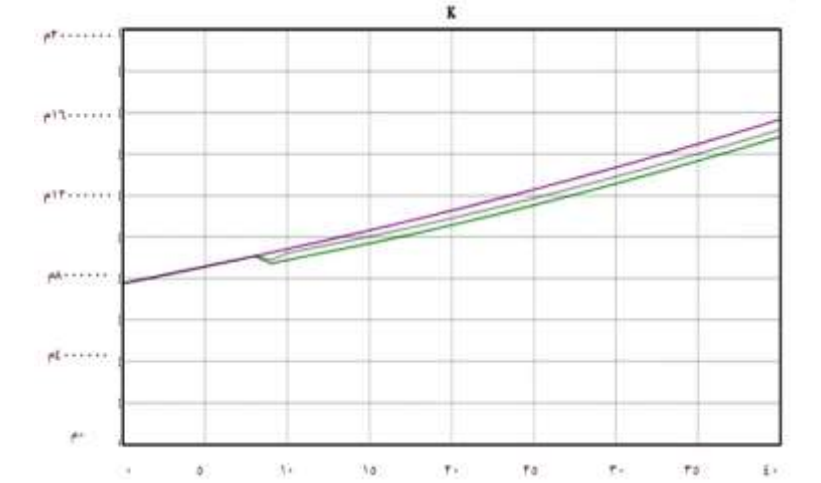
نمودار ۱۲. رفتار متغیر تولید با وجود بیمهٔ زلزله و بهبود ساخت‌وساز (گسل ری)

(منبع: یافته‌های تحقیق)

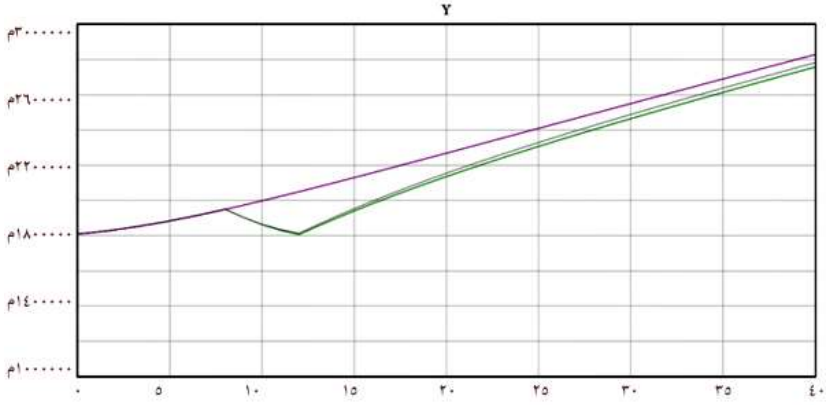
در نمودار ۱۳، رفتار متغیر جمعیت درصورت بروز زلزله مشاهده می‌شود. نمودار ۱٤ تغییرات سرمایهٔ فیزیکی و نمودار ۱۵ رشد اقتصادی ایران را در دو سناریوی وقوع زمین‌لرزه در گسل شمال تهران، با نبود و وجود بیمه‌نامهٔ زلزله نشان می‌دهند.



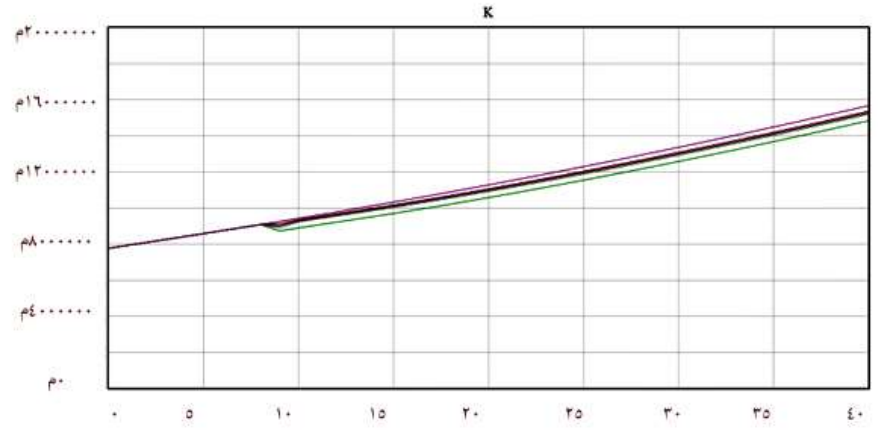
نمودار ۱۳. رفتار متغیر جمعیت (شمال) (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۱۴. رفتار متغیر سرمایه با وجود بیمه (شمال) (منبع: یافته‌های تحقیق)

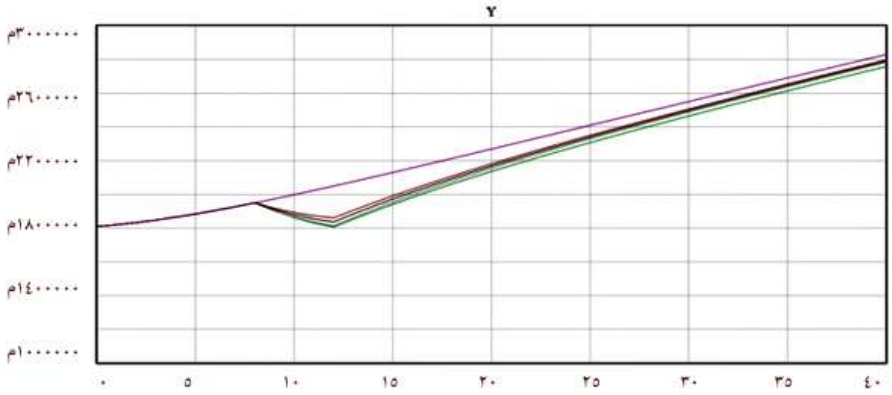


نمودار ۱۵. رفتار متغیر تولید با وجود بیمهٔ زلزله (گسل شمال تهران) (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۱۶. رفتار متغیر سرمایه با وجود بیمهٔ زلزله و بهبود ساخت‌وساز (گسل شمال)

(منبع: یافته‌های تحقیق)

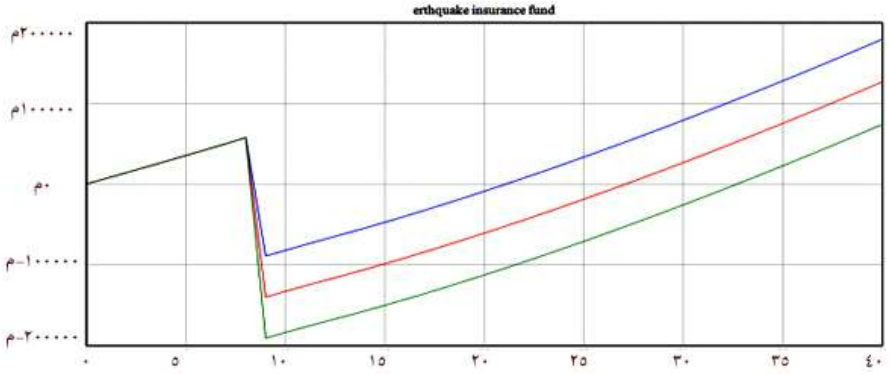


نمودار ۱۷. رفتار متغیر تولید با وجود بیمهٔ زلزله و بهبود ساخت‌وساز (گسل شمال)

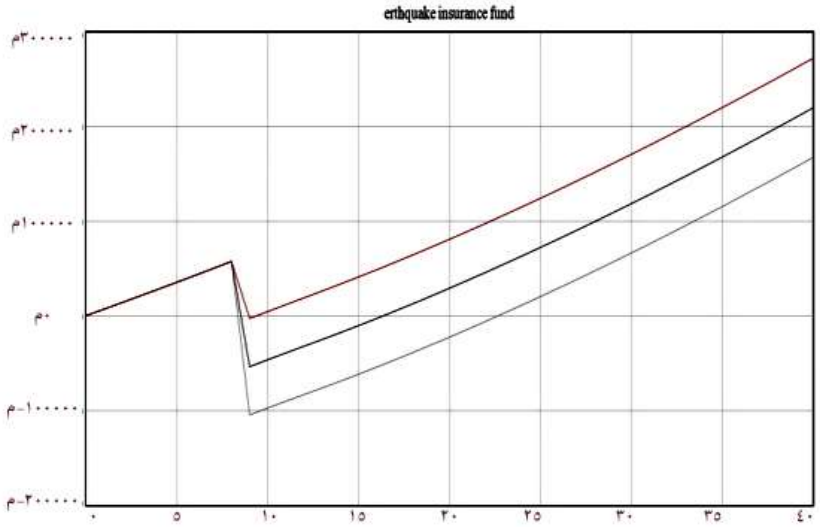
(منبع: یافته‌های تحقیق)

در نمودار ۱۶ و ۱۷، تغییرات رفتار متغیر سرمایه و رشد اقتصادی در چهار سناریو قابل‌مشاهده است. سناریوها عبارت‌اند از: ۱) وقوع زلزله در گسل شمال تهران بدون بیمه‌نامهٔ زلزله، ۲) وقوع زلزله در گسل شمال تهران با وجود بیمه‌نامهٔ زلزله، ۳) وقوع زلزله در گسل شمال تهران با وجود بیمه‌نامه و کاهش ریسک فروریزش ساختمان‌ها به‌میزان ۱۰٪، و ٤) وقوع زلزله در گسل شمال تهران با وجود بیمه‌نامه و کاهش ریسک فروریزش به میزان ۲۰٪ با به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی و نرخ‌گذاری متناسب با

میزان ریسک. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در صورت وجود بیمه‌نامه و با بهبود شرایط ساخت‌وساز، آثار منفی اقتصادی زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.



نمودار ۱۸. متغیر صندوق بیمه (گسل ری) (منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۱۹. متغیر صندوق بیمه (گسل شمال) (منبع: یافته‌های تحقیق)

با توجه به نمودار ۱۸، ذخیرهٔ موجود در صندوق بیمهٔ همگانی طی ۸ سال، جوابگوی خسارات ایجادشده در زلزلهٔ گسل ری نخواهند بود و این‌چنین برای جبران خسارات فشار زیادی به دولت وارد خواهد آمد و جبران کسری صندوق نیازمند حدود ۲۴ سال

زمان خواهد بود. اما در صورت بیشتربودن سابقهٔ فعالیت صندوق و یا ارتقاء و بهبود اجرای آیین‌نامهٔ لرزه‌ای، کسری صندوق کاهش می‌یابد؛ چنانکه ریسک فروریزش تا ۲۰٪ کاهش یابد و زلزلهٔ گسل شمال تهران ۸ سال پس از تأسیس صندوق رخ دهد، مطابق نمودار ۱۹، موجودی صندوق برای جبران خسارات کافی خواهد بود.

۵. جمع‌بندی و پیشنهادها

شهر تهران، پایتخت کشور ایران، موقعیت سیاسی و تجاری و اقتصادی ویژه‌ای دارد. براساس نمودارهای ارائه‌شده در متن، بروز زمین‌لرزهٔ احتمالی در گسل ری و یا گسل شمال تهران، آثار مخربی در تولید ناخالص داخلی ایران خواهد داشت که ناشی از کاهش سرمایهٔ فیزیکی و نیروی انسانی است که اثر مخرب زلزله در آن‌ها تا مدتی طولانی ادامه خواهد یافت. همچنین هزینه‌های بازسازی منجر به کاهش تولید ناخالص داخلی می‌شوند، اما آثار آن در بلندمدت کاهش می‌یابد. چنان‌که در صورت بروز زلزله در گسل ری، تا سال ۱٤۳۰، سرمایه‌های فیزیکی ۲٤۰۰۱۰۰ میلیارد ریال، نیروی انسانی ٦٤۷۸۰۰ نفر و تولید ناخالص داخلی ۲۰۳٤۸۰ میلیارد ریال کاهش خواهند یافت. دراین‌صورت مدیریت ریسک زلزله برای کاهش این آثار الزامی است. یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت ریسک انتقال ریسک به بیمه‌گران است. اما از آنجا که زمین‌لرزه در زمرهٔ ریسک‌های عام است، بیمه‌کردن آن چندان مطلوب بیمه‌گران نیست. پس لایحهٔ ارائه‌شده به مجلس شورای اسلامی در ۱۳۹۰، در راستای تأسیس صندوق بیمهٔ اجباری بلایای طبیعی با سرمایهٔ اولیه دولتی و تحت نظارت دولت، راهکار بسیار مناسبی برای مدیریت ریسک زمین‌لرزه در ایران خواهد بود.

در صورت نبود این بیمه‌نامه، تنها بخشی از خسارات ناشی از زلزلهٔ احتمالی از طریق دولت و کمک‌های مردمی و سازمانهای بین‌المللی جبران خواهند شد. بنابراین بودجهٔ عمرانی دولت صرف بازسازی‌های پس از زلزله می‌گردد و به اقتصاد کشور ضربه خواهد زد. اما در صورت وجود صندوق بیمهٔ زلزله، عمدهٔ خسارات‌ها از محل وجوه

دریافتی از بیمه‌گذاران جبران خواهد شد و بیمه‌گران اتکایی خارجی ملزم به پرداخت خسارت خواهند بود. بنابراین سرعت بازسازی و جبران خسارت نیز افزایش خواهد یافت. از آنجا که رعایت اصل پراکندگی ریسک برای بیمه‌گذاران حائز اهمیت است، پیشنهاد می‌شود که صندوق بخشی از سرمایه‌های خود را تحت پوشش بیمهٔ اتکایی خارجی قرار دهد. بنابراین بخشی از خسارات احتمالی ایجادشده در ایران از طریق بیمه‌گران خارجی، جبران و سرمایه‌ها بازسازی خواهند شد و رشد اقتصادی کشور بهبود خواهد یافت.

مزیت دیگر استفاده از بیمه‌نامهٔ زلزله ایجاد شرایط لازم برای کاهش دامنهٔ خسارات از سوی بیمه‌گذاران است. پیشنهاد می‌شود که بیمه‌گر با به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی و نرخ‌گذاری متناسب با ریسک، بیمه‌گذاران را ملزم به رعایت آیین‌نامه‌های لرزه‌ای ساختمان کند. بنابراین ریسک فروریزش ساختمان‌ها کاهش و میزان خسارات ناشی از زلزله کاهش می‌یابد. دراین‌صورت، با به‌کارگیری بیمهٔ زلزله و الزام بیمه‌گذاران به رعایت آیین‌نامهٔ لرزه‌ای کشور آثار مخرب زلزله در سرمایه‌های فیزیکی به‌میزان ۵۲۵۶۰۰ میلیارد ریال کاهش می‌یابد و رشد اقتصادی به میزان ۶۲۱۰۰ میلیارد ریال بهبود پیدا می‌کند.

براساس نتایج فوق، پیشنهاد می‌شود که صندوق بیمهٔ همگانی زلزله ایجاد شود و بخشی از ریسک به بیمه‌گران اتکایی خارجی انتقال یابد. همچنین در تعیین مبلغ حق‌بیمه، میزان ریسک فروریزش ساختمان‌ها و میزان رعایت آیین‌نامه لرزه‌ای کشور در نظر گرفته شود.

منابع:

استادزاد، علی و هادیان، حسین (۱۳۹۵). برآورد سری زمانی ارزش سطح دانش در اقتصاد ایران (۱۳۵۳-۱۳۹۲). *تحقیقات اقتصادی*، ۵۱(۳)، ۷۰۹-۷۳٤.

امینی، علیرضا و حاجی‌محمد، نشاط (۱۳۸٤). برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دورهٔ زمانی ۱۳۳۸-۱۳۸۱. *فصلنامهٔ برنامه‌ریزی و بودجه*، ۱۰(۱)، ۵۳-۸٦.

پیری‌زاده، محبوبه (۱۳۹٦). بررسی روش‌های مدیریت ریسک لرزه‌ای سرمایه‌گذاری بخش ساختمان در شهرهای لرزه‌خیز با استفاده از رویکرد قابلیت اطمینان در مهندسی زلزلهٔ عملکردی. *فصلنامهٔ دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۷(٤)، ۳٤۰-۳۵۱.

قنبری، محمدعلی و امیدوار، بابک (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک فروریزش ساختمان‌ها در مناطق شهری پس از زلزله. *نشریهٔ مدیریت بحران*، ۳(۱)، ۲۱-۳۵.

معاونت طرح و توسعهٔ دفتر برنامه‌ریزی و امور فنی ادارهٔ تحلیل‌های آماری. بیمهٔ مرکزی ج. ا. ایران (۱۳۹۰). سالنامهٔ آماری ۱۳۹۰ صنعت بیمه تهران: بیمهٔ مرکزی ج. ا. ا. برگرفته از:

https://eghtesaad24.ir/wp-content/uploads/2019/10/%D8%B3%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%A8%DB%8C%D9%85%D9%87-%D9%85%D8%B1%DA%A9%D8%B2%DB%8C.pdf

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی مرکز آمار ایران. نتایج آمارگیری نیروی کار ۱۳۹۰. مرکز آمار ج. ا. ایران. برگرفته از:

www.amar.org.ir.

معاونت اقتصادی بانک مرکزی ج. ا. ایران. حساب‌های ملی ۱۳۳۸-۱۳۹۱. بانک مرکزی ج. ا. ایران. برگرفته از:

www.cbi.ir

هراتی، جواد، اسلاملوئیان، کریم، قطمیری، محمدعلی و هادیان، ابراهیم (۱۳۹۱). تجزیه‌وتحلیل خسارت‌های رفاهی ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی در ایران (با

رویکرد دینامیک سیستم). *پژوهش‌های رشد و توسعهٔ پایدار (پژوهش‌های اقتصادی)*، ۱٤(٤): ۱۱۳-۱٤۷.

Akinbola O. E.. & Tsowa, I. L. (2010). Ethical issue: A problem in Nigeria insurance companies. Independent thesis Advanced level (degree of Master (One Year)

Amini, J., Karami, J., Alimohammadi S. A., & Safarrad, T. (2012). An Evaluation of the RADIUS Model in Assessing the Damages caused by Earthquake via GIS (Case Study Region1 Tehran). *Urban - Regional Studies and Research*, 3(11), 23-40.

Antzoulatos, A. A., Tsoumas, C., & Kyriazis, D. (2008). Financial development and asymmetric information. Retrieved from https://ssrn.com/abstract=981725 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.981725

Arena, M. (2008). Does insurance market activity promote economic growth? A cross country study for industrialized and developing countries. *Journal of Risk and Insurance*, 75 (4), 921-946.

Bagheri, A., Darijani, M., Asgary, A., & Morid, S. (2010). Crisis in urban water systems during the reconstruction period: a system dynamics analysis of alternative policies after the 2003 earthquake in Bam-Iran. *Water Resources Management*, 24 (11), 2567-2596.

Benfield, A. (2010). Reinsurance market outlook. *Technical report*, Aon Benfield.

Benson, C. & Clay, E. (2004). *Understanding the Economic And Financial Impacts Of Natural Disasters*. The World Bank.

Berg, H. V. D. & Schmidt, J. R. (1994). Foreign trade and economic growth: time series evidence from Latin America. *Journal of International Trade & Economic Development*, 3(3), 249-268.

Cavallo, E. & Noy, I. (2010). Natural disasters and the economy-a survey. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 5(1), 63-102.

Chang-Richards, A., Brown, C., & Smith, N. (2017). *A System Dynamic Model of Post-Earthquake Reconstruction pathways.* QuakeCoRE

project: Effects of alternative reconstruction pathways on earthquake recovery.

Deniz, A. & Yucemen, M. S. (2009). Assessment of earthquake insurance rates for the Turkish Catastrophe Insurance Pool. *Georisk*, 3(2), 67-74.

Forrester, J. W. (2013). Economic theory for the new millennium (2003). *System Dynamics Review*, 29(1), 26-41.

Goda, K., Wenzel, F., & Daniell, J. E. (2015). Insurance and reinsurance models for earthquake. *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, 1184 - 1206.

Haiss, P. & Sümegi, K. (2008). The relationship between insurance and economic growth in Europe: a theoretical and empirical analysis. *Empirica*, 35(4), 405-431.

Hicks, J. (1969). *A Theory of Economic History (vol. 9)*. Oxford: Oxford University Press.

Keating, A., Mechler, R., Mochizuki, J., Kunreuther, H., Bayer, J., Hanger, S., McCallum, I., See, L., Williges, K., & Hochrainer-Stigler, S. (2014). Operationalizing resilience against natural disaster risk: opportunities, barriers, and a way forward. *Zurich Flood Resilience Alliance*.

Kellenberg, D. & Mobarak, A. M. (2011). The economics of natural disasters. *Annu Rev Resour Econ*, 3(1), 297-312.

Khan, M. S. & Senhadji, A. S. (2003). Financial development and economic growth: A review and new evidence. *Journal of African Economies*, 12 (suppl_2): 89-110.

King, R. G. & Levine, R. (1993). Finance and growth: Schumpeter might be right. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 717-737.

Krutilla, K. & Reuveny, R. (2002). The quality of life in the dynamics of economic development. *Environment and Development Economics*, 7(1), 23-45.

Loyds (2012). loyds golobal unerinsurance report. Retrieved from https://www.lloyds.com/news-and-nsight/risk–insight/library/underestanding-risk/global-underinsurance-report

Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, 22(1), 3-42.

Melecky, M. & Raddatz, C. (2011). *How do governments respond after catastrophes? Natural-disaster shocks and the fiscal stance*. The World Bank.

Noy, I., Kusuma, A., & Nguyen, C. (2017). *Insuring disasters: A survey of the economics of insurance programs for earthquakes and droughts*. Working Papers from the School of Economics and Finance.

Petseti, A. & 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.

Pietrovito, F. (2009). Financial development and economic growth: A theoretical and empirical overview. Retrieved from https://ssrn.com/abstract=1439665 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1439665

Potirakis, S. M., Zitis, P. I., & Eftaxias, K. (2013). Dynamical analogy between economic crisis and earthquake dynamics within the nonextensive statistical mechanics framework. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(13), 2940-2954.

Ramezankhani, A. & Najafi Yazdi, M. (2008). A system dynamics approach on post-disaster management: a case study of Bam earthquake, December 2003. 26, 20-24.

Randers, J. (2000). From limits to growth to sustainable development or SD (sustainable development) in a SD (system dynamics) perspective. System Dynamics Review. *The Journal of the System Dynamics Society*, 16(3), 213-224.

Ranghieri, F. & Ishiwatari, M. (2014). *Learning from megadisasters: lessons from the Great East Japan Earthquake*. The World Bank.

Robinson, J. (1952). *The Generalization of the General Theory, in: The Rate of Interest and Other Essays*. MacMillan

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), 71-102.

Rusiawan, W., Tjiptoherijanto, P., Suganda, E. & Darmajanti, L. (2015). System dynamics modeling for urban economic growth and CO2

emission: a case study of Jakarta. Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 330-340.

Sadeghian, A., Omidvar, B. & Salehi, E. (2016). Fire Following Earthquake Hazard Analysis of Gas Pipeline Using Monte Carlo Simulation (Case Study: District No. 20 of Tehran Metropolitan).

Saeed, K. (2014). Jay Forrester's operational approach to economics. *System Dynamics Review*, 30(4), 233-261.

Schwarze, R. (2002). Environmental liability and accident prevention: preliminary experiences in Germany. *European Environment*, 11(6), 314-323.

Skipper, H. D. (1997). *Foreign Insurers in Emerging Markets: Issues and Concerns*. vol 1. International Insurance Foundation Washington.

Solow, R. M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *The Review of Economic Studies*, 41, 29-45.

Soo, H. H. (1996). *Life insurance and economic growth: Theoretical and empirical investigation*. ETD collection for University of Nebraska - Lincoln. AAI9712527.

Sterman, J. (2002). *System Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Massachusetts Institute of Technology. Engineering Systems Division.

Sterman, J. D. (2001). System dynamics modeling: tools for learning in a complex world. *California Management Review*, 43(4), 8-25.

Stern, D. I. (2010). The role of energy in economic growth. *USAEE-IAEE Working Paper*, (10-055).

Tao, Z., Wu, D. D., Zheng, Z., & Tao, X. (2010). Earthquake insurance and earthquake risk management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 16(3), 524-535.

Von Peter, G., Von Dahlen, S., & Saxena, S. C. (2012). Unmitigated disasters? New evidence on the macroeconomic cost of natural catastrophes. Retrieved from: https://ssrn.com/abstract=2195975.

Wang, Z., Lin, T., & Walker, G. (2009). Earthquake risk and earthquake catastrophe insurance for the People's Republic of China. Asian Development Bank. *Working Paper Series*.

Warr, B. & Ayres, R. U. (2003). *An introduction to REXS a simple system dynamics model of long-run endogenous technological progress, resource consumption and economic growth*. INSEAD.

Wrigley, E. A. (1990). *Continuity, chance and change: The character of the industrial revolution in England*. Cambridge University Press.

Zou, H. & Adams, M. B. (2006). The corporate purchase of property insurance: Chinese evidence. *Journal of Financial Intermediation*, 15(2), 165-196.