

## بهبودسازی سبببندی بیمه سوانح زلزله در ایران

همایون تاشک گلرودباری، هومن معتمد

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

**چکیده:** یکی از کاربردی‌ترین ابزارهای بشر امروز برای مواجهه با خسارات مالی ناشی از سوانح طبیعی، بیمه حوادث سوانح طبیعی است. در این راستا در پژوهش حاضر تلاش شده تا با ارائه مدلی مبتنی بر تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت سبببندی ریسک سوانح زلزله به کمک نرم‌افزار اپن کوپیک و متلب به کمک الگوریتم ژنتیک برای کشور ایران ارائه شود. یکی از کاربردی‌ترین ابزارهای بشر امروز برای مواجهه با خسارات مالی ناشی از سوانح طبیعی، بیمه حوادث سوانح طبیعی است. در این راستا در پژوهش حاضر تلاش شده تا با ارائه مدلی مبتنی بر تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت سبببندی ریسک سوانح زلزله به کمک نرم‌افزار اپن کوپیک و متلب به کمک الگوریتم ژنتیک برای کشور ایران ارائه شود.

**واژه‌های کلیدی:** بیمه، سوانح طبیعی، تحلیل خطر، تحلیل ریسک، سبببندی، الگوریتم ژنتیک، جبهه کارا  
کد موضوع بندی ریاضی (۲۰۱۰): 97M30, 62P30, 62M30

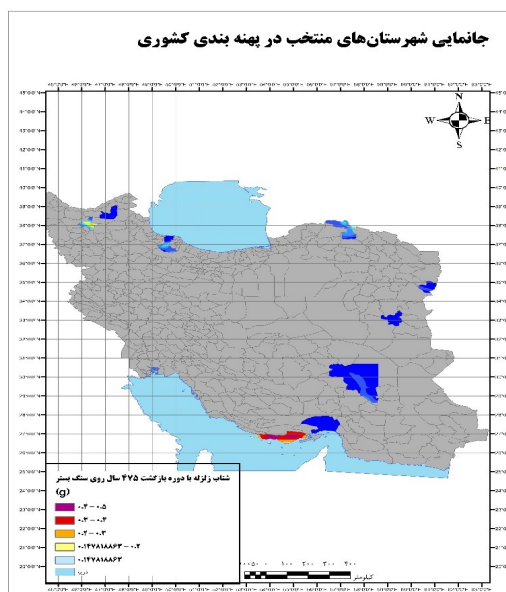
## ۱ مقدمه

انسان از دیرباز همواره جان و مال خود را در معرض خطر وقوع حوادث غیرمترقبه دیده است. یکی از این خطرات مخاطراتی که همواره وی را تهدید کرده است، خطر وقوع زلزله مخاطرات طبیعی است. یکی از کاربردی‌ترین ابزار بشر برای مدیریت مخاطرات طبیعی در این زمینه توسعه صنعت بیمه حوادث طبیعی بوده است. بیمه حوادث بلاخص به‌خصوص بیمه حوادث زلزله علاوه بر کارایی در راستای تامین جبران خسارات مالی پس از وقوع حادثه و جلوگیری از فلج شدن اختلال در اقتصاد، به‌عنوان یک منبع درآمد پس از وقوع حادثه در کشورهای توسعه‌یافته با کمک روش‌های تحلیلی و پیشرفته جهت بیمه‌نویسی، پوشش بیمه به‌عنوان یک روش سرمایه‌گذاری برای بیمه‌گران در اقتصادهای پیشرفته بیمه‌گر نیز مورد استفاده مد نظر قرار گرفته است. در سال‌های اخیر طی مصوبه کارگروه پوشش همگانی بیمه، تاسیس صندوق همگانی بیمه حوادث در دستور کار بیمه مرکزی قرار گرفت. با توجه به تازه تاسیس بودن این صندوق بیمه همگانی حوادث طبیعی کشور و میزان پوششی

که این صندوق برای ساختمان‌های مسکونی کشور ارائه می‌دهد، مشارکت شرکت‌های بیمه خصوصی به منظور تامین شکاف بین خسارات اقتصادی و پوشش بیمه حوادث علاوه بر کاهش اثرات مالی سوانح در کشور، فرصتی را برای توسعه صنعت بیمه و ارتقاء توان فنی آن ایجاد کرده است. عدم کارایی بهینه تا افزایش ذخایر مالی، و همچنین پوشش حداقلی این صندوق، جوابگوی نقدینگی لازم جهت جبران خسارات محتمل در صورت وقوع سوانح طبیعی نخواهد بود. از دیگر چالش‌های پیش‌روی صنعت بیمه کشور، استفاده از روش‌های غیرتحلیلی و غیرمحاسباتی جهت تخمین خسارت و به تبع آن تعیین حق بیمه است. در تحقیق انجام شده، ابتدا بر اساس ارزیابی احتمالاتی ریسک ساختمان‌های مسکونی کشور در برابر زلزله، میزان میانگین خسارات سالانه برای سبدهای از چند شهرستان کشور با تنوع جغرافیایی، لرزه‌زمین‌ساختی و تمرکز سرمایه محاسبه شده است. سپس مدلی برای بیشینه‌سازی سود شرکت‌های بیمه ارائه‌دهنده پوشش زلزله بر اساس روش‌های بهینه‌سازی مهندسی ارائه گردیده است.

## ۲ مروری بر ادبیات فنی

در این پژوهش از معادلات ارائه شده روش‌شناسی ارائه شده در رژیم توانگری مالی بیمه اروپا سالیونسی دو، تئوری مارکوویتز، تئوری کاهانه و همچنین مدل سویمون استفاده شده است. در بر اساس تئوری مارکوویتز، ارائه شده است که میزان سود حاصل از یک سرمایه‌گذاری با ریسک مورد پذیرش در آن سرمایه‌گذاری ارتباط مستقیم دارد داشته و تقابل این دو فاکتور عامل روی به شکل محدوده‌ای خطی به نام جبهه کارا در بهینه‌ترین مقدار خود قرار می‌گیرند نمایش داده می‌شود. شکل ۱ جبهه کارای ماکوویتس را نشان می‌دهد: همچنین بازار سرمایه را از دو دیدگاه تکنیکال و بنیادین می‌توان ارزیابی نمود.



شکل ۱: کروموزوم برتر مدل چهارم

در تئوری کاهانه (۱۹۷۹) نقطه بهینه عملکردی برای جبهه کارا را معرفی می‌کند. این مطالعات توسط دانگ و فلیکس (۲۰۰۰) با بیان همبستگی میان زیان‌ها تکمیل شده است. هایک و قانم (۲۰۰۴) با به‌کارگیری داده‌هایی با حساسیت مختلف، تاثیر دقت داده‌ها در نتایج را مورد سنجش قرار داد. با شکل‌گیری بستر مناسب جهت ارائه مدل سرمایه‌گذاری بیمه، سویمون (۲۰۱۳) مدلی مبتنی بر تکنیک هوش مصنوعی جهت سبدبندی بهینه سرمایه‌گذاری ارائه نموده است.

### ۳ روش تحقیق

در این راستا در پژوهش حاضر، ابتدا توسعه با هدف معرفی روشی تحلیلی برای بیمه‌نویسی کشور ایران، ابتدا به بررسی روش‌های سبببندی بهینه بیمه حوادث زلزله پرداخته شد و پس از تهیه کاتالوگ جامع اطلاعات مدل مکانی دارایی‌های ساختمانی با توجه به موقعیت مکانی برای طراحی سبببندی بهینه بیمه حوادث زلزله با ریزنمایی شهرستان مد نظر قرار گرفته و بر این اساس اطلاعات مکانی و سازه‌ای ساختمان‌های مسکونی واقع در تعداد ۱۱ شهر/شهرستان کشور با در نظر گرفتن تنوع جغرافیایی و لرزه‌زمین‌ساختی جمع‌آوری و سازمان‌دهی شده است. و بیست و سه دسته ساختمانی جهت تحلیل خطر و تحلیل ریسک بر اساس جانمایی در نواحی فعال لرزه‌ای ایران و پراکنندگی بیشینه در سطح کشور انتخاب شدند. سپس به کمک نرم‌افزار اوپن کوئیک، OpenQuake تحلیل خطر به سه دو روش کلاسیک روی سطح خاک، کلاسیک روی سنگ بستر و رویدادپایه رخداد- پایه بر روی سنگ بستر و سطح خاک با استفاده از روابط کاهندگی متناسب به منطقه لرزه‌ای روی سطح خاک به کمک نمودارهای شکنندگی ارائه‌شده انجام شده است. پس از راستی‌آزمایی نتایج تحلیل خطر با مطالعات قبلی و همچنین تطابق نتایج تحلیل رخداد- پایه با روش متداول، نتایج تحلیل خطر در فرآیند تحلیل ریسک وارد شده است. در مدل **منصوری (۲۰۱۳)** انجام شد و نتایج حاصل با گزارش EMME2014 صحت‌سنجی شد. به این منظور، از منحنی‌های آسیب‌پذیری **منصوری (۲۰۱۳)** برای تخمین خسارات رخداد- پایه زلزله استفاده شده و نتایج با مطالعات قبلی (**معتمد و همکاران، ۲۰۱۴؛ معتمد و غفوری آشتیانی، ۲۰۲۰**) صحت‌سنجی گردیده است. در ادامه با در نظر گرفتن نرخ رایج بیمه زلزله برای انواع ساختمان و نتایج تحلیل ریسک و همچنین در نظر گرفتن سایر مخارج شرکتی‌های بیمه، سود بیمه‌نویسی تعیین شده است. آنگاه با استفاده از روش بهینه‌سازی فراابتکاری سپس از پارامترهای حاصل تحلیل ریسک مناطق صورت گرفت. پس از حصول نرخ سود حاصل از بیمه‌نویسی از نرخ بازار سرمایه، خسارت‌های وارده حاصل از تحلیل ریسک دسته‌های ساختمانی مناطق که جهت تعیین زیان‌های محتمل در بیمه‌نویسی دارایی‌های مناطق مورد بررسی است، به کمک هوش مصنوعی روش الگوریتم ژنتیکی با ابزار نرم‌افزار MATLAB و برنامه‌نویسی در محیط متلب چهار مدل با پیچیدگی فنی مختلف برای تعیین سبب بهینه بیمه‌نویسی پوشش زلزله برای شرکتی‌های خصوصی توسعه یافته است. سبببندی بهینه بیمه حوادث زلزله با ریزنمایی شهرستان در چهار سطح انجام شد. مدل ارائه شده در سطح اول با فرض تامین پوشش برای تمام یک شهرستان فارغ از دسته ساختمانی، در سطح دوم با فرض پوشش درصدی از هر شهرستان که درصد منتخب توسط مدل مشخص می‌شود، در سطح سوم انتخاب بین دسته‌های ساختمانی هر شهرستان به صورت کامل و در سطح چهارم انتخاب بخشی از هر دسته ساختمانی در هر شهرستان ارائه و مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی نحوه رفتار مدلی‌های و اطمینان از درستی نتایج، تحلیلی‌های حساسیت برای تعیین نحوه واکنش مدلی‌های به تغییر پارامترها و داده‌های ورودی استفاده شده است.

### ۴ نتایج عددی و جمع‌بندی

همان‌گونه که در جدول زیر مشاهده می‌شود در تعیین سبب بهینه ریسک زلزله که منجر به بیشترین سود برای شرکت می‌گردد، دسته‌های ساختمانی چوبی، نامشخص و خشتی ارای بیشترین فراوانی می‌باشند که دلیل آن بالا بودن نرخ حق بیمه موجود برای این دسته‌های ساختمانی نسبت به ریسک واقعی آنها در برابر زلزله است. در فراوانی ساختمانی‌های بتنی و فولادی در سبب بهینه بسیار کم است که به دلیل غیراقتصادی بودن نرخ موجود این نوع پوششی‌ها در مقایسه با ریسک این دسته‌های ساختمانی است. شکل ۲ یک نمونه از رشته ژنتیکی منتخب در مدل چهارم را ارائه می‌دهد:

سود (میلیون ریال)

نام شهر	MPU-114	RLU-115	RMU	RPU	RUU	SLU	SMU	SPU	SUU	ULU	UMU	UPU	UUU	WMU	WPU	wuu	MMU	ALU	AMU	APU	AUU	MLU	MUU
اهر	۱۶۴۲۲	۴۴۰	۵۲۰۷۶	۲۹۲	۱۹۰	۲۸۸۶۰	۵۲۸۰۱	۶۶۸۲	۲۴۶	۳	۲۵۷	۱	۱۱۲۰	۴۵۹	۲۱۶۹	۲۲۵۴	۵۱۱۰۶	۲۰۴۰۶	۵۵۱۵	۴۰۹۰	۸۴۴	۹۶۷۷۲	۵۲۴۶
بندر عباس	۴۴۰۳۵	۱۲۰۹۵۷	۲۵۵۰۶۲	۶۲۴۴۷	۳۷۵۲	۵۰۰۷۵	۴۲۴۴۷	۱۲۶۳۸	۱۲۵۲	-	۵۲۸۶	-	۲۲۸۸	۲۶۱	۷۸۲	۸۳۵	۲۱۲۸۰۷	۲۳۳۵	۱۱۳۳۸	۳۱۰۸۵	۴۰۱	۲۹۵۶۱۲	۱۶۹۳۰
بندر لنگه	۶۶۴۹۴	۲۲۱۶۱	۲۴۰۸۲	۳۵۴۲	۱۲۱	۶۲۴۶	۱۶۴۹۴	۴۶	۳۵	۵۱۰	۲۵۴۹	۱۰۴	۴۵۲۴	۴۲۲	-	۵	۱۲۲۴۲۷	۱۶۱۶۴	۲۷۵۵۲	۳۱۰۸۵	۵۰۰	۱۱۸۳۴۹	۲۴۴۶
بیرجند	۸۱۲۷۸	۲۰۸۴۰	۱۱۴۴۶	۲۹۰	۹۱	۲۸۲۸۲	۱۴۵۷۴۷	۱۲۸۸	۴۷۷	-	۲۹۱	-	۷۹۶	۴	۷۴	-	۸۰۱۴۱	۳۷۷۱۵	۳۱۰۱	۱۰۲۵۲۶	۱۰۹۴	۲۲۰۸۷۹	۲۰۰۲
بوخهرود	۱۵۹۰۰	۳۰۶۲۰	۱۱۵۳۸۷	۵۵۱	۴۱۳	۲۶۲۰۴	۶۲۷۶۰	۲۳۲۲	۶۱۹	-	۵۰۳	-	۱۹۶۷	۱	۶۴۱	۱۰۷	۷۹۵۷۸	۴۰۷۱۹	۱۳۳۷۵	۶۲۷۸۸	۷۲۹	۲۴۶۰۷۶	۳۵۷۰
کرمان	۲۳۳۲۲۲	۶۹۵۷۷	۱۱۴۴۵۴	۲۸۳۵۷	۷۰۶	۱۴۶۲۳۲	۳۹۲۹۹۱	۱۶۴۵۱	۲۲۸۳	۱۸۸۳	۲۲۹۶۹	۵۲۸	۹۶۷۹	۶۵۵	-	-	۲۱۹۲۱۷	۳۳۱۸۲	۶۶۲۱	۳۱۰۸۱۵	۵۲۳۵	۷۶۹۱۴۲	۱۷۱۲۰
رشت	۲۳۳۲۰۸	۲۵۰۰۱۹	۴۰۸۰۱۷	۲۲۱۳۰	۲۶۶۹	۶۹۷۷۴	۲۴۴۵۱	۱۲۸۵۲	۶۴۹	۱۱۴	۱۹۴۰	-	۴۴۲۲	۴۱۱	۵۹	۸	۱۶۶۹۰	۶۰۸۷	۶۷۳	۲۲۳۰۰	۱۵۲	۷۷۵۶۰	۱۳۰۵۱
راز و جرجان	۷۲۲۲	۶۰۹	۲۲۹۲	۱۱	۸	۷۶۶	۱۲۲۴	۶۶	۱۲	-	۱	-	۳	-	۴۸	۸	۱۳۰۵۷	۲۴۴۶۷	۱۷۸۸۲	۴۱۱۱۶	۵۱۸	۴۴۰۵	۵۷۷
روانپل	۳۰۱۸	۱۰۸۴۹	۱۴۵۱۸	۶۵۸	۷۵	۶۹۷۷۷	۹۳۸۰	۱۵۴۴	۲۲۲	۴۴۹	۱۵۰	-	۱۰۵	۱۱۷۷	۸	۴	۵۲۸۶	۴۱۹۴۳	۷۸۱۱	۶۲۳	۳۲۱	۲۹۵۹۲	۱۸۰
تبریز	۲۱۸۲۵۴	۲۰۰۲۷۷	۷۸۸۱۸	۴۴۵۵	۶۴۰۸	۷۱۲۲۲۰	۲۲۴۶۸۲	۲۲۲۱۵	۷۳۵	۱	۸۳۷۸	-	۱۲	۲۲۲	۵۸۹۹۲	۴۸۷۵	۱۵۰۲۹۸	۱۶۴۱۵	۱۱۱۱۸	۶۸۳۲۹	۲۶۰۶	۶۰۷۶۸۲	۱۹۵۸۸
تایباد	۳۳۱۸۵	۹۸۸	۴۷۶	۱۵۶۲	۶۲	۲۸۵۶	۱۵۸۱۲	۱۷۵	۴۴	۱	۱۲	-	۱۵۷	۲۷	-	-	۹۹۷۱۰	۱۰۷۱۷	۶۷۱	۱۷۵۴۴	۳۱۷	۱۱۹۱۱۸	۷۲۲

شکل ۲: کروموزوم برتر مدل چهارم

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در این پژوهش، ادامه روند فروش ارائه سبدبندی بیمه حوادث بلاخص بیمه حوادث زلزله، با روند فعلی، مشخصاً به دلیل استفاده از روشی‌های غیرفنی در قیمت‌گذاری محصول موجب افزایش ریسک بیمه‌نویسی در شرکتی‌های خصوصی خواهد شد. این مساله غیر از تاثیر منفی بر میزان سوددهی شرکتی‌های بیمه، توانگری این شرکتی‌ها را در هنگام رخداد زلزله‌های شهری را با خطر مواجه خواهد نمود. همچنین، رویه موجود به علت ناعادلانه بودن قیمت‌گذاری (نرخ کم برای ساختمانی‌های آسیب‌پذیر و نرخ بالا برای ساختمانی‌های مهندسی‌ساز) اقبال عمومی به استفاده از سازوکار بیمه به منظور انتقال ریسک سوانح طبیعی را مخدوش نموده و چالشی‌های موجود مدیریت ریسک سوانح در کشور را پیچیده‌تر می‌نماید. استفاده از روش‌های غیر تحلیلی علاوه بر تحت تاثیر قرارداد سود و عدم کارایی سود شرکت بیمه‌گر، در حفظ سرمایه بیمه‌گذار نیز در صورت وقوع حادثه، در تامین خسارات ناشی از حوادث به دلیل برآورد استباه و غیر تحلیلی بر پایه روش سنتی دچار مشکل خواهد شد.

## مراجع

Dong, W. and Felix, S. W. (2000), Portfolio Theory For Earthquake Insurance Risk Assessment, 12WCEE2000, 3-8.

Hayek C and Ghanem G (2004), Portfolio Optimization and Value of Information on Catastrophe Insurance, 13 WCEE, 1416.

Kahane, Y. (1979), The Theory Of Insurance Risk Premiums – A RE-EXAMINATION IN THE LIGHT OF RECENT DEVELOPMENTS IN CAPITAL MARKET THEORY.

Mansouri, B. and Amini-Hosseini, K. (2013), Earthquake Model for Middle East Region (EMME), WP4: Seismic Risk Assessment, IIEES, Tehran.

Markowitz و H. (1952) Portfolio selection, *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.

Motamed, H. Hutcheson, H. D. and Dickinson C. (2014), A Decision-Support Model for Selecting Optimal Catastrophe Property Portfolios, MSC Thesis, Cass Business School, London.

Motamed, H., and Ghafory-Ashtiany, M. (2020), Development of an Insurance Solvency Model for Earthquake Risk in Iran, Iran National Science Fund.

Ha, S. M. (2013), Optimal insurance risk allocation with steepest ascent and genetic algorithms, *The Journal of Risk Finance*, **14**(2), 129-139.