



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۶ / شماره ۴ (پیاپی ۶۴) / زمستان ۱۴۰۶  
صفحه ۶۲۱ تا ۶۴۴

## پیش‌بینی توانگری مالی شرکت‌های بیمه تحت سناریوهای استرس اقتصادی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی

سهیل قاسمی

دانشجوی دکتری مالی، گروه حسابداری و مالی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
0559698941@iaui.ac.ir

علی باغانی

گروه حسابداری و مالی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)  
a\_baghani@iaui.ac.ir

بیژن صفوی

گروه اقتصاد، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
b.safavi@iaui.ac.ir

نوروز نوراله زاده

گروه حسابداری و مالی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
nour547@iaui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

### چکیده

هدف این پژوهش بررسی اثر سناریوهای استرس اقتصادی بر توانگری مالی شرکت‌های بیمه و ارائه یک مدل پیش‌بینی دقیق مبتنی بر یادگیری ماشینی است. در این راستا، داده‌های فصلی شاخص‌های کلان شامل نرخ تورم، نرخ ارز، قیمت نفت، شاخص بورس، رشد تولید ناخالص داخلی و نرخ بهره استخراج شد و در کنار مجموعه‌ای از شاخص‌های مالی شرکت‌های بیمه مورد استفاده قرار گرفت. برای سنجش توانگری مالی، یک شاخص ترکیبی مبتنی بر تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) ساخته شد و سپس عملکرد الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشینی ارزیابی گردید که در نهایت مدل Random Forest به‌عنوان مدل برتر انتخاب شد.

به‌منظور بررسی واکنش توانگری مالی به تغییرات اقتصادی، پنج سطح شوک شامل Low، Medium، High، Severe و Extreme تعریف و شبیه‌سازی مونت کارلو برای هر شوک اجرا شد. نتایج نشان داد که تورم و نرخ ارز بیشترین اثر منفی را بر شاخص توانگری دارند و با افزایش شدت شوک، میزان کاهش تاب‌آوری نیز تشدید می‌شود. در مقابل، اثر شاخص بورس غیرخطی بوده و بسته به سطح شوک متفاوت است؛ در حالی که قیمت نفت، رشد اقتصادی و نرخ بهره تأثیر محدود یا نزدیک به صفر دارند. یافته‌ها تأیید می‌کند که ساختار مالی شرکت‌های بیمه نسبت به نوسانات کلان بسیار حساس است و الگوریتم Random Forest ابزاری کارآمد برای تحلیل تنش و پیش‌بینی توانگری در شرایط اقتصادی نامطلوب به‌شمار می‌رود. این نتایج می‌تواند در طراحی چارچوب‌های نظارتی، ارزیابی تاب‌آوری مالی و تدوین سیاست‌های پوشش ریسک برای صنعت بیمه مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** یادگیری ماشینی، توانگری مالی، شرکت‌های بیمه، سناریوهای استرس اقتصادی.

## ۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای علم قابلیت پیش‌بینی بخشیدن به متغیرها و پدیده‌هاست. پژوهشگران علوم مالی نیز با استفاده از تئوریها و ابزارهای مختلف به دنبال طراحی مدل‌هایی هستند که به وسیله آن متغیرها و حوادث مد نظر در بازارهای مالی را پیش‌بینی کنند. پیش‌بینی سود (جوگ و مک‌کانومی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳)، پیش‌بینی ورشکستگی (وندا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴) و پیش‌بینی جریانات نقدی (براجت<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹) از این دست پژوهش‌هاست. بیمه نقش مهم و حساس در رشد و توسعه اقتصادی خصوصا در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران ایفا می‌کند بنابراین توجه به بیمه میتواند اثر چشمگیری بر بخش اقتصادی داشته باشد به طوری که رشد و توسعه صنعت بیمه در کشور به طور طبیعی تابعی از رشد و توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی کشور است که هر چه بر میزان توسعه اقتصادی کشور افزوده شود بر گسترش فعالیت‌های بیمه‌ای نیز افزوده می‌شود. (کومار و تنموژی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶)

صنعت بیمه به دلیل فعالیت گسترده‌ای که دارد میتواند در اقتصاد هر کشوری دارای نقش اساسی بوده و میتواند به عنوان ابزاری مطمئن جهت تجهیز و هدایت منابع پس‌اندازی و تحرک بازار سرمایه و همچنین کاهش ریسک به واسطه سرمایه‌گذاریهای کلان چه داخلی و چه خارجی در اقتصاد مطرح گشته و افزایش رشد اقتصادی را موجب شود که البته با توجه به روند جهانی شدن اقتصاد و افزایش حجم سرمایه‌گذاریهای خارجی و نیاز به افزایش توان رقابتی در بازارهای بین‌المللی توجه روزافزون به نقش و اهمیت این صنعت در اقتصاد لازم و ضروری است. (فرزین بیلندی، ۱۳۹۰)

صنعت بیمه در اقتصاد کنونی جهان یکی از بخشهای پیشرو در بازار سرمایه است. بیمه به عنوان یکی از ابزارهای کارای مدیریت ریسک و تأمین امنیت و آرامش خاطر از یک سو سبب گسترش رفاه اجتماعی شده و از سوی دیگر باعث رشد سرمایه‌گذاری و رونق اقتصاد می‌شود. در این میان طی دو دهه گذشته همه کشورها چالشهای قابل ملاحظه‌ای را در محدوده نظام بیمه‌ای تجربه داشته‌اند تأمل در همین تجربیات موجب شده تا نقش و جایگاه اهمیت سلامت و پایداری نظام بیمه‌ای و تأثیر انکارناپذیر آن در ثبات و پایداری اقتصاد کلان و همچنین اجرای اثر بخش برنامه‌های توسعه اقتصادی روشن شود (نباتو، ۲۰۰۴).

توانگری مالی، شاخصی است که نشان می‌دهد یک شرکت تا چه میزان با شرایط پریشانی مالی مواجه می‌شود و تا چه اندازه در معرض خطر ورشکستگی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر شرکت چقدر از تعهدات خود در قبال طلبکاران و سهامداران را میتواند ایفا نماید. دو تن از پژوهشگران به نامهای آلتمن و بی‌ور آن را به عنوان شاخص ورشکستگی<sup>۱</sup> نام‌گذاری کرده‌اند. در بانک‌ها به این شاخص ضریب کفایت سرمایه<sup>۲</sup> لقب داده‌اند.

ولی در صنعت بیمه از اصطلاح «حاشیه توانگری مالی» برای آن استفاده شده است (فرزین بیلندی، ۱۳۹۰) تحقیقات بسیاری در خصوص توانگری مالی انجام شده که نتایج آن در قالب مدلها و استانداردهای مختلف در بسیاری از کشورها منتشر و مورد استفاده قرار گرفته شده است. توانگری مالی II که از سال ۲۰۱۲ در کشورهای حوزه اتحادیه اروپا اجرا می‌شود. سیستم توانگری مالی جدیدی برای صنعت بیمه به شمار می‌رود. این سیستم حوزه گسترده‌تری از ریسک‌های صنعت بیمه را در نظر می‌گیرد. همچنین در این سیستم به هماهنگی روشهای

<sup>1</sup> Kumar, M., & Thenmozhi, M

ارزش‌یابی اقدامات نظارتی و شفاف‌سازی اطلاعات که در سیستم‌های پیشین تا حدودی نادیده گرفته شده‌اند توجه ویژه‌ای می‌شود (ماجدی و همکاران (۱۳۹۱)

مؤسسات بیمه موظفند نسبت توانگری مالی خود را به صورت سالانه محاسبه و گزارش تفصیلی محاسبات آنرا پس از حسابرسی صورتهای مالی با تایید در هیات مدیره با امضای مدیر عامل موسسه بیمه به همراه اظهار نظر حسابرس موسسه حداکثر تا چهار ماه پس از پایان سال مالی به بیمه مرکزی جهت تایید ارسال نمایند. لذا پرداختن به مباحث توانگری مالی در صنعت بیمه به عنوان یک نیاز امروزه بر عملکرد و بازدهی این صنعت و شرکت‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد بیشتر نظریه‌ها و تحقیقات به صورت تفکیکی و جزیره‌ای به بررسی این موضوع در ادبیات بازار سرمایه پرداخته‌اند و از اتخاذ رویکردی یکپارچه دور مانده‌اند. (آنا و سیریک ۲۰۰۹). از طرفی نیز شرکت‌های بیمه از جمله شرکت‌های بازار سرمایه‌ای بوده‌اند که عمدتاً مباحث توانگری مالی در آنها به عنوان به اصل مهم برای بقا و سودآوری شناخته شده است که وجود این مفهوم بقا و ادامه حیات آنها در خطر خواهد بود. همچنین تا به حال توجه به بحث قدرت پیش‌بینی توانگری مالی در این شرکت‌ها، بسیار کم بوده و عمدتاً نیز توجه به مدل‌ها و الگوریتم‌های منفرد بوده است.

### بیان مسئله

توانگری مالی شرکت‌های بیمه یکی از عناصر کلیدی پایداری نظام مالی و یکی از معیارهای اصلی اعتماد عمومی به صنعت بیمه است. با این حال، محیط اقتصادی امروز با نوسانات شدید در متغیرهای کلان همچون تورم، نرخ ارز، شاخص بورس و قیمت نفت مواجه است؛ عواملی که به‌طور بالقوه می‌توانند ساختار مالی شرکت‌های بیمه را با اختلال جدی روبه‌رو کنند. اگرچه در ادبیات مالی، پژوهش‌های متعدد درباره ورشکستگی، ریسک نقدینگی و کفایت سرمایه انجام شده است، اما شکاف مهمی در تحلیل جامع توانگری مالی تحت شرایط تنش اقتصادی همچنان وجود دارد. به‌ویژه، بسیاری از مطالعات گذشته یا رویکردهای سنتی را به کار گرفته‌اند یا تنها به بررسی یک یا چند متغیر محدود اکتفا کرده‌اند و اثر هم‌زمان شوک‌های کلان اقتصادی بر توانگری مالی با رویکردهای نوین داده‌محور کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

اهمیت پرداختن به این شکاف زمانی بیشتر آشکار می‌شود که بدانیم صنعت بیمه نقشی حیاتی در مدیریت ریسک، حمایت از ثبات مالی، و تخصیص بهینه منابع در اقتصاد دارد. آسیب‌پذیری بیمه‌گران در برابر شوک‌های اقتصادی نه تنها بر توانایی آنها در ایفای تعهدات تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند اثرات سرریزی قابل توجهی بر بازار سرمایه، سرمایه‌گذاران، بیمه‌گذاران و حتی امنیت اقتصادی خانوارها و بنگاه‌ها داشته باشد. از این رو، شناخت دقیق رفتار توانگری مالی تحت سناریوهای مختلف استرس اقتصادی ضرورتی انکارناپذیر است و می‌تواند به نهادهای ناظر و مدیران صنعت بیمه در اتخاذ راهبردهای پایدار کمک کند.

از سوی دیگر، پیشرفت‌های اخیر در هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی فرصت جدیدی برای تحلیل رفتار پیچیده شرکت‌های بیمه فراهم کرده است. این روش‌ها قادرند روابط غیرخطی، تعاملات پنهان میان متغیرها و الگوهای پیچیده داده‌ها را بهتر شناسایی کنند؛ موضوعی که روش‌های سنتی در آن محدودیت دارند. با این وجود،

استفاده نظام‌مند از یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی توانگری مالی و تحلیل اثر شوک‌های کلان اقتصادی هنوز در مرحله آغازین است و نیازمند پژوهش‌های منسجم و داده‌محور است. بنابراین مسئله اصلی این پژوهش آن است که:

توانگری مالی شرکت‌های بیمه در مواجهه با شوک‌های مختلف کلان اقتصادی چه رفتاری دارد، و آیا می‌توان با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی مدلی دقیق و قابل اتکا برای پیش‌بینی این رفتار ارائه کرد؟ پرداختن به این موضوع، علاوه بر کمک به توسعه ادبیات پژوهش، مسیر مطالعات آینده را در حوزه تحلیل ریسک بیمه‌ای، آزمون تنش، مدل‌های داده‌محور و مدیریت مالی باز می‌کند. همچنین این پژوهش تلاش می‌کند با ارائه تحلیل‌های مبتنی بر داده و رویکرد اخلاق‌مدار در استفاده از الگوریتم‌ها، به نهادهای نظارتی و بیمه‌ای کمک کند تصمیماتی اتخاذ کنند که ثبات مالی، حقوق بیمه‌گذاران و سلامت صنعت بیمه را به‌صورت پایدار ارتقا دهد. با وجود گسترش ادبیات مرتبط با ورشکستگی، ریسک نقدینگی، کفایت سرمایه و ارزیابی سلامت مالی نهادهای مالی، همچنان شکاف‌های معناداری در حوزه «توانگری مالی شرکت‌های بیمه در معرض شوک‌های کلان اقتصادی» مشاهده می‌شود. بخش قابل توجهی از مطالعات پیشین، توانگری مالی یا آسیب‌پذیری نهادهای مالی را در قالب شاخص‌های منفرد و ایستا بررسی کرده‌اند و از ترکیب هم‌زمان ابعاد مختلف عملکرد مالی (نقدینگی، سودآوری، ساختار ذخایر و نسبت خسارت) در قالب یک شاخص ترکیبی پویا غفلت شده است. این در حالی است که ماهیت چندبعدی توانگری مالی ایجاب می‌کند تحلیل آن در چارچوبی ادغام‌شده و مبتنی بر چندین شاخص هم‌زمان انجام گیرد.

از سوی دیگر، اکثر پژوهش‌ها در حوزه توانگری یا ریسک شکست بیمه‌گران، بر استفاده از مدل‌های کلاسیک آماری و اقتصادسنجی متمرکز بوده‌اند و به ظرفیت روش‌های نوین یادگیری ماشینی در مدل‌سازی روابط غیرخطی، تعاملات پیچیده میان متغیرها و شبیه‌سازی سناریوهای استرس کمتر توجه شده است. در ادبیات موجود، استفاده از الگوریتم‌هایی مانند Random Forest و سایر روش‌های داده‌محور، به‌ویژه در ترکیب با شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای سنجش واکنش توانگری مالی به سطوح مختلف شوک اقتصادی، بسیار محدود است. این خلأ سبب شده است تصویر دقیقی از رفتار تاب‌آوری مالی بیمه‌گران در شرایطی شدید اقتصادی ترسیم نشود.

علاوه بر این، در بخش قابل توجهی از مطالعات، تمرکز اصلی بر نظام بانکی یا بازار سرمایه بوده و صنعت بیمه کمتر به‌عنوان یک حلقه مستقل و در عین حال مکمل نظام مالی مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که ساختار تعهدات بلندمدت، نقش بیمه در مدیریت ریسک در سطح خانوار و بنگاه، و ماهیت ذخایر فنی، الگوی ویژه‌ای از آسیب‌پذیری و توانگری را در شرکت‌های بیمه ایجاد می‌کند که قابل تعمیم مستقیم از سایر نهادهای مالی نیست. بنابراین، نیاز به پژوهش‌هایی که به‌طور اختصاصی و با بهره‌گیری از داده‌های واقعی صنعت بیمه، این ویژگی‌های منحصربه‌فرد را در چارچوب سناریوهای استرس اقتصادی بررسی کنند، کاملاً محسوس است.

پژوهش حاضر در پاسخ به این خلأها، با طراحی شاخصی ترکیبی از توانگری مالی، به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشینی و شبیه‌سازی سناریوهای چندسطحی شوک‌های کلان اقتصادی، تلاش می‌کند تصویر دقیق‌تری

از رفتار تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه ارائه دهد. نتایج این رویکرد می‌تواند ضمن تکمیل ادبیات نظری، مسیر مطالعات آینده را در حوزه تلفیق روش‌های داده‌محور و آزمون‌های استرس در صنعت بیمه هموار سازد.

## مبانی نظری

### یادگیری ماشینی

با ظهور فناوریهای رایانشی جدید، یادگیری ماشینی امروز شبیه یادگیری ماشینی در گذشته نیست. این یادگیری از تشخیص الگو و این تئوری متولد شد که کامپیوترها بتوانند بدون برنامه ریزی شدن برای اجرای وظایف مشخص خودشان یادگیری را انجام دهند. یادگیری ماشینی یک روش آنالیز داده‌ها است که مدلسازی تحلیلی را اتوماتسازی می‌کند. یادگیری ماشینی شاخه‌های از هوش مصنوعی مبتنی بر این ایده است که سیستمها میتوانند از داده‌ها بیاموزند، الگوها را شناسایی نمایند و تصمیماتی با حداقل مداخله انسان اتخاذ نمایند. موج جدید ابراز علاقه به یادگیری ماشینی به علت همان عواملی است که داده‌کاوی را محبوبتر از همیشه کرده‌اند. چیزهایی مانند رشد حجم و تنوع داده‌های در دسترس، پردازش کامپیوتری که ارزانتر و قدرتمندتر است، و ذخیره‌سازی داده‌ها به شکلی مقرون به صرفه. همه این چیزها بدان معنا هستند که امکان تولید سریع و خودکار مدلهایی که میتوانند داده‌های بزرگتر و پیچیده‌تر را آنالیز نموده و نتایج سریعتر و دقیقتری را ارائه نمایند (حتی در یک مقیاس بسیار بزرگ) وجود دارد. و با ایجاد مدلهای دقیق، یک سازمان شانس بیشتری برای شناسایی فرصتهای سود ده (یا اجتناب از ریسکهای ناشناخته) خواهد داشت.

### استرس اقتصادی

استرس در ساختار مالی و اقتصادی یک کشور برای تحلیل و پیش‌بینی فعالیت‌های اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار است. به ویژه زمانی که با سرایت بحران به بخش واقعی، اقتصاد رشد اقتصادی کاهش و نرخ بیکاری افزایش می‌یابد. استرس مالی شرایطی است که به ناتوانی مؤسسه‌ها بنگاههای تولیدی و خانوارها در انجام تعهدات خود و از دست دادن توانایی تخصیص منابع مالی تحت اختیارشان منجر می‌شود. استرس مالی نیز به گسترش بی ثباتی مالی منجر شده و با اختلال در عملکرد سیستم مالی به رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی آسیب می‌رساند (کاردارلی، ال‌کدا و لال<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹).

### توانگری مالی

با توجه به نقش بنیادین صنعت بیمه در ثبات مالی، مفهوم توانگری مالی به‌عنوان یکی از محورهای اصلی تحلیل ریسک مطرح می‌شود. توانگری مالی عبارت است از توانایی‌ها، ظرفیت‌ها و راهبردهای یک نهاد مالی - از جمله شرکت‌های بیمه - که آن نهاد را قادر می‌سازد در برابر شوک‌های اقتصادی، نوسانات بازار و شرایط نامطلوب

<sup>1</sup> Cardarelli, Elekdag & Lall

بیرونی مقاومت کرده و بدون اختلال قابل توجه به فعالیت خود ادامه دهد. توانگری مالی بیانگر درجه‌ای است که یک شرکت می‌تواند فشارهای اقتصادی را جذب کرده، ریسک‌ها را مدیریت نماید و ثبات عملیاتی خود را در طول زمان حفظ کند. در واقع، این مفهوم نشان‌دهنده قدرت سازگاری و بازگشت شرکت از دوره‌های بحران به سطح عملکرد عادی یا حتی سطحی بالاتر است.

یکی از ابعاد اصلی توانگری مالی، **ساختار سرمایه و کیفیت ذخایر مالی** است. شرکتی که سرمایه کافی، نقدینگی مناسب و ذخایر فنی دقیق داشته باشد، بهتر می‌تواند تعهدات خود را در شرایط پرنوسان ایفا کند. به‌عنوان مثال، در صنعت بیمه، توانگری مالی به شرکت امکان می‌دهد تا در صورت وقوع خسارات غیرمنتظره یا افزایش نرخ خسارت، همچنان قدرت پرداخت تعهدات بیمه‌گذاران را حفظ کند. از این منظر، توانگری مالی نقش مهمی در اعتماد عمومی و سلامت کل صنعت بیمه دارد.

بعد دیگر توانگری مالی، **ظرفیت مدیریت ریسک** است. این شامل توانایی شرکت در شناسایی ریسک‌های اساسی، ارزیابی شدت و احتمال وقوع آنها، و اجرای راهبردهای کاهش ریسک در زمان مناسب است. شرکتی که ابزارهای تحلیلی و چارچوب‌های مدیریتی پیشرفته‌تری در اختیار دارد، معمولاً توانگری مالی بالاتری نشان می‌دهد. چنین شرکتی می‌تواند اثرات شوک‌هایی مانند تورم، نوسانات نرخ ارز، افت شاخص‌های بازار یا تغییرات نرخ بهره را بهتر جذب و کنترل کند.

در نهایت، توانگری مالی فقط یک وضعیت ثابت نیست، بلکه **یک فرآیند پویا و تکاملی** است. محیط اقتصادی دائماً تغییر می‌کند و شرکت‌ها باید با ایجاد ساختارهای انعطاف‌پذیر، تقویت سرمایه انسانی، اصلاح سیاست‌های سرمایه‌گذاری، و توسعه سیستم‌های هوشمند مدیریت ریسک، توانگری مالی خود را در بلندمدت پایدار کنند. یک شرکت بیمه توانگر، شرکتی است که نه تنها در برابر ریسک‌ها ایستادگی می‌کند، بلکه از بحران‌ها به‌عنوان فرصت یادگیری و بهبود استفاده می‌کند.

## پیشینه پژوهش

### پیشینه داخلی

عشایری و همکاران (۱۴۰۴) به مطالعه تحلیل مخاطره اخلاقی در بیمه‌های کشور با استفاده از رگرسیون کوانتایل و الگوریتم‌های یادگیری ماشین: گامی به سوی پایداری اقتصادی پرداختند. یافته‌ها نشان داد، رشته‌های بیمه آتش‌سوزی و بیمه زندگی به دلیل ویژگی‌های خاص خود، مانند پیچیدگی ارزیابی ریسک و انگیزه‌های مالی بیشترین احتمال بروز کژمنشی را ایجاد می‌کنند. اعتبارسنجی نتایج، نشان‌دهنده صحت تخمین‌ها و دقت بالای مدل‌های مورد استفاده می‌باشد. بنابراین ارتقاء اخلاق حرفه‌ای و مدیریت ریسک در این رشته‌ها ضرورت بیشتری دارد و پیشنهاد می‌شود. طراحی قراردادهای هوشمند، استفاده از سامانه‌های ارزیابی خسارت دیجیتال و بازنگری در ساختار تعرفه‌ها به‌صورت رشته‌محور در دستور کار نهادهای بیمه‌گر و سیاست‌گذاران در این رشته‌ها قرار گیرد. گل محمدی و همکاران (۱۴۰۳) به مطالعه پیش بینی حق بیمه با استفاده از یادگیری ماشین با رویکرد تطبیقی پرداختند.

گل محمدی، فائزه و گل محمدی، سعید، ۱۴۰۳، پیش‌بینی حق بیمه با استفاده از یادگیری ماشین با رویکرد تطبیقی، بیست و چهارمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بابل، <https://civilica.com/doc/2120437>

رضایی و همکاران (۱۴۰۳) به مطالعه تحلیل مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از یادگیری ماشین پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های پیچیده‌تری مانند شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های تقویتی در مواجهه با داده‌های پیچیده و چندبعدی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های ساده‌تری همچون درخت تصمیم دارند. با این حال، این مدل‌ها به دلیل پیچیدگی بالا و نیاز به داده‌های بزرگ، با چالش‌هایی همچون عدم تفسیرپذیری آسان و نیاز به تنظیمات دقیق مواجه هستند. استفاده از یادگیری ماشین در پیش‌بینی ورشکستگی می‌تواند دقت بالایی را ارائه دهد، اما نیاز به بهبودهایی همچون مقابله با چالش‌های نامتوازن داده‌ها، بهبود کیفیت داده‌ها و توسعه مدل‌های تفسیرپذیرتر دارد.

رشیدی و همکاران (۱۴۰۳) به مطالعه کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی ریسک‌های مالی و بهبود تصمیم‌گیری‌های حسابداری پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی و ML به طور قابل توجهی پیش‌بینی مالی را متحول کرده‌اند و دقت بهبود یافته‌ای را در تحلیل روند بازار و پیش‌بینی قیمت‌داری از طریق نوآوری در یادگیری عمیق، یادگیری تقویتی و مدل‌های ترکیبی ارائه می‌دهند. علیرغم این پیشرفت‌ها، چالش‌های مربوط به کیفیت داده‌ها، تفسیرپذیری مدل و ملاحظات اخلاقی همچنان ادامه دارد و بر نیاز به چارچوب‌های نظارتی قوی برای اطمینان از استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی در امور مالی تأکید می‌کند. این مطالعه نتیجه‌گیری می‌کند که در حالی که هوش مصنوعی و ML فرصت‌های قابل توجهی را برای تغییر فرآیندهای پیش‌بینی مالی و تصمیم‌گیری ارائه می‌دهند، پرداختن به چالش‌های مرتبط برای یکپارچگی اخلاقی و موثر آنها بسیار مهم است. توصیه‌های استراتژیک برای رهبران مالی و سیاست‌گذاران بر اهمیت تقویت نوآوری، افزایش سواد هوش مصنوعی و توسعه استانداردهای بین‌المللی برای استفاده از هوش مصنوعی در امور مالی تأکید می‌کند. جهت‌های تحقیقاتی آتی شامل بررسی تأثیر فناوری‌های نوظهور بر پیش‌بینی مالی و توسعه چارچوب‌های نظارتی تطبیقی برای تطبیق با پیشرفت‌های فناوری است.

توکلی و همکاران (۱۴۰۲) به مطالعه مقایسه کارایی مدل‌های یادگیری ماشین و مدل‌های آماری در پیش‌بینی ریسک مالی پرداختند. یافته‌های پژوهش با استفاده از آزمون مقایسه دقت ضرایب پیش‌بینی، بیانگر آن است که با اطمینان ۹۹ درصد، دقت پیش‌بینی مدل‌های یادگیری ماشین، بیشتر از مدل‌های آماری است. همچنین بهترین مدل یادگیری ماشین پس از بهینه‌سازی، مدل ماشین بردار پشتیبان تکاملی با دقت پیش‌بینی ۹۹.۸۶ درصد و مقدار سطح زیر منحنی برابر ۰.۹۹۸ بوده است. علاوه بر این، نسبت‌های مالی تعهدی با دقت پیش‌بینی ۹۹.۴۵ درصد و نسبت‌های مالی فعالیت با دقت پیش‌بینی ۹۸.۶۲ درصد توانستند در مقایسه با سایر نسبت‌های مالی در استفاده از ماشین بردار پشتیبان تکاملی به منظور پیش‌بینی ریسک مالی عملکرد بهتری داشته باشند. از سوی دیگر ریسک مالی پیش‌بینی شده بر اساس صنایع مختلف، متفاوت بوده است. بنابراین مشخص شد که مدل‌های یادگیری ماشین به دلیل عدم برخورداری از محدودیت‌هایی که مدل‌های آماری با آن مواجه هستند می‌توانند به عنوان ابزاری مهم، در پیش‌بینی ریسک مالی شرکت‌ها به کار روند.

عالی و همکاران (۱۴۰۱) به مطالعه ارائه مدل پیش بینی ریسک ورشکستگی مالی شرکت های بورسی و فرابورسی با بهره گیری از الگوریتم های یادگیری ماشین پرداختند. نتایج حاصل از انجام این پژوهش نشان داد که دقت پیش بینی مدل یادگیری ماشین به روش Stacking که یکی از قوی ترین تکنیک های یادگیری جمعی است، برای پیش بینی ریسک ورشکستگی مالی از روش های مشابه بالاتر است.

### پیشینه خارجی

سیما و همکاران (۲۰۲۵) به مطالعه کاربرد تکنیک های یادگیری ماشین و مصورسازی داده ها برای پشتیبانی تصمیم گیری در بخش بیمه پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تحلیل خسارت توسط شرکت های بیمه برای تمایز بین خسارت های جعلی و واقعی انجام می شود. جدا از آن، تحلیل خسارت همچنین می تواند برای درک بهتر اقبال مشتری و پیاده سازی نتایج در طول مرحله صدور بیمه نامه و پذیرش رد ثبت بیمه نامه مورد استفاده قرار گیرد. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی عوامل معنادار و تعیین کننده برای ثبت و پذیرش خسارت در یک زمینه یادگیری از طریق تحلیل داده های اکتشافی (EDA) و تکنیک های انتخاب ویژگی است. همچنین، الگوریتم های یادگیری ماشین بر روی مجموعه داده ها اعمال شده و با استفاده از معیارهای عملکرد ارزیابی می شوند.

### فرضیه پژوهش

آنگونه که آمار توصیفی نشان می دهد، شاخص های کلان اقتصادی، به ویژه تورم و نرخ ارز، طی دوره مورد بررسی با نوسانات شدیدی همراه بوده اند که می تواند به طور مستقیم بر وضعیت مالی شرکت های بیمه اثرگذار باشد. با توجه به ماهیت پویای شرایط اقتصادی، بررسی اثرپذیری توانگری مالی شرکت های بیمه از شوک های کلان اقتصادی ضرورتی اجتناب ناپذیر است. از این رو واکنش توانگری مالی شرکت های بیمه نسبت به این شوک ها می تواند تصویری روشن از میزان پایداری آن ها ارائه دهد. در این راستا فرضیه تحقیق به صورت زیر تعریف شده است «سناریوهای استرس اقتصادی بر توانگری مالی شرکت های بیمه اثر معنادار دارند.»

### روش تحقیق

#### روش شناسی

این پژوهش با هدف پیش بینی توانگری مالی شرکت های بیمه و تحلیل اثر شوک های کلان اقتصادی بر این توانگری، از ترکیب روش های اقتصادسنجی، یادگیری ماشینی و شبیه سازی مونت کارلو استفاده می کند. جامعه آماری شامل شرکت های بیمه فعال در دوره زمانی مورد مطالعه است که داده های فصلی آن ها در حوزه سودآوری، نقدینگی، هزینه ها و پوشش ذخایر استخراج و در کنار متغیرهای کلان اقتصادی شامل نرخ تورم، نرخ ارز، قیمت نفت و شاخص بورس مورد استفاده قرار گرفته است. این پژوهش بر مبنای یک رویکرد کمی و داده محور طراحی شده است و هدف آن توسعه و ارزیابی مدل های یادگیری ماشینی جهت پیش بینی توانگری مالی شرکت های بیمه در مواجهه با سناریوهای مختلف استرس اقتصادی است. از آنجا که نتایج این مطالعه قابلیت استفاده مستقیم در

تحلیل ریسک و مدیریت مالی شرکت‌های بیمه را دارد، تحقیق حاضر در زمره پژوهش‌های کاربردی - تحلیلی قرار می‌گیرد که طی مراحل زیر انجام شده است.

#### ۱) آماده‌سازی داده‌ها و ساخت شاخص توانگری مالی

به‌منظور ایجاد یک شاخص تجمیعی از توانگری مالی شرکت‌ها، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. متغیرهایی شامل ROA، ROE، نسبت نقدینگی عملیاتی، نسبت خسارت، نسبت پوشش ذخایر و نسبت هزینه عملیاتی به درآمد به‌عنوان ورودی‌های PCA انتخاب شدند. بر اساس معیار ریشه ویژه و نمودار اسکری، تنها مؤلفه اول به دلیل قدرت تبیین بالاتر، به‌عنوان شاخص نهایی انتخاب شد. این مؤلفه توانست بخش عمده‌ای از واریانس مشترک بین متغیرها را توضیح دهد و نماینده‌ای معتبر برای توانگری مالی باشد.

در این پژوهش به‌منظور کاهش اثر مقادیر پرت، از روش «Winsorization» در صدک‌های ۵ و ۹۵ استفاده شد. همچنین، با توجه به استفاده از الگوریتم Random Forest که نسبت به داده‌های پرت مقاوم است، اثر ناهنجاری‌های باقی‌مانده بر نتایج محدود شده است.

#### ۲) مدل‌سازی با الگوریتم‌های یادگیری ماشینی

برای پیش‌بینی شاخص توانگری، الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشینی شامل Random Forest و XGBoost مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمون تقسیم شدند و برای جلوگیری از بیش‌برازش، از روش Cross-Validation استفاده شد. مدل Random Forest با توجه به خطای پیش‌بینی کمتر، پایداری بیشتر و توانایی بهتر در مدل‌سازی روابط غیرخطی، به‌عنوان مدل مناسب انتخاب شد.

پارامترهای اصلی مدل شامل تعداد درخت‌ها، عمق درخت‌ها و معیار تقسیم بندی از طریق تنظیم ابرپارامترها (Hyperparameter Tuning) تعیین شدند. اهمیت ویژگی‌ها نیز محاسبه شد تا سهم هر متغیر مالی و کلان در پیش‌بینی توانگری مشخص گردد.

#### ۳) طراحی سناریوهای شوک اقتصادی

به‌منظور بررسی اثر تغییرات شرایط اقتصادی بر توانگری مالی شرکت‌های بیمه، برای هر یک از متغیرهای کلان اقتصادی (تورم، نرخ ارز، شاخص بورس، قیمت نفت، رشد تولید ناخالص داخلی و نرخ بهره) مجموعه‌ای از پنج سطح شوک تعریف شد که در جدول ۴ نتایج آن گزارش شده است. این سطوح شامل Low، Medium، High، Severe و Extreme است و به‌صورت افزایشی شدت می‌یابند؛ به‌طوری‌که هرچه از سطح Low به سمت Extreme حرکت می‌کنیم، دامنه تغییر متغیر کلان و در نتیجه فشار وارد بر شاخص توانگری مالی بیشتر می‌شود. مبنای تعیین شدت شوک‌ها، انحراف معیار تاریخی ( $\sigma$ ) هر متغیر کلان در دوره مورد بررسی است. در چارچوب این پژوهش، شوک‌ها به‌صورت زیر کالیبره شده‌اند: شوک Low نمایانگر نوسانی نسبتاً خفیف و در حدود نیم انحراف معیار (تقریباً  $+0.5\sigma$ ) است که می‌تواند در شرایط عادی بازار نیز رخ دهد. سطح Medium معادل حدود یک انحراف معیار ( $+1\sigma$ ) و بیانگر وضعیتی است که اقتصاد با نوسانات قابل‌ملاحظه اما هنوز غیر بحرانی مواجه است. سطح High شدت بیشتری داشته و بین شوک متوسط و شدید قرار می‌گیرد (حدود  $+1.25\sigma$ ) و سناریویی را منعکس می‌کند که در آن فشار اقتصادی چشمگیر اما هنوز کنترل‌پذیر است. شوک Severe تقریباً معادل  $+1.5\sigma$  در نظر

گرفته شده و شرایط سخت و پرتنش اقتصادی را بازنمایی می‌کند. در نهایت، سطح Extreme معادل حدود  $\sigma + 2$  بوده و سناریویی بحرانی را نمایش می‌دهد که در آن اقتصاد با شوک‌های غیرعادی و کم‌احتمال اما بسیار مخرب مواجه است.

(۴) شبیه‌سازی مونت‌کارلو

به‌منظور افزایش دقت نتایج و برآورد توزیع احتمالی واکنش شاخص توانگری به شوک‌های اقتصادی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو با هزاران تکرار برای هر سطح شوک اجرا شد. در این فرآیند، برای هر متغیر کلان و در هر سطح از شدت شوک، مقدار متغیر مورد نظر بر اساس این ضرایب انحراف از روند تاریخی تعدیل شد. در حالی که سایر متغیرها در سطح پایه نگه داشته شدند. سپس با استفاده از مدل Random Forest، شاخص توانگری مالی در هر سناریو پیش‌بینی و تفاوت آن با حالت بدون شوک محاسبه شد. جدول ۴ خلاصه این نتایج را در قالب شاخص‌هایی نظیر میانگین تغییرات (mean\_delta)، انحراف معیار (std\_delta)، کمینه (min\_delta) و بیشینه (max\_delta) تغییر شاخص توانگری برای هر متغیر و هر سطح شوک ارائه می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه با حرکت از سطح Low به Extreme، اثرات منفی شوک‌های تورم و نرخ ارز بر توانگری تشدید می‌شود، در حالی که اثر سایر متغیرها عمدتاً محدود یا غیرخطی است.

### جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت‌های بیمه فعال در صنعت بیمه ایران است. با توجه به هدف پژوهش که بررسی رفتار توانگری مالی شرکت‌های بیمه در مواجهه با شوک‌های اقتصادی است، به‌منظور افزایش همگنی نمونه و تمرکز بر شرکت‌هایی با وضعیت مالی پایدار، نمونه آماری به‌صورت هدفمند انتخاب شد. بر این اساس، از میان شرکت‌های بیمه مختلط، تنها شرکت‌هایی در نمونه نهایی قرار گرفتند که طی دوره زمانی ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۲ در تمامی سال‌ها دارای نسبت توانگری مالی حداقل ۱۰۰ درصد بوده و همواره در سطح یک توانگری مالی بر اساس اعلام بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران قرار داشته‌اند. اطلاعات مربوط به نسبت توانگری مالی شرکت‌ها از گزارش‌های رسمی بیمه مرکزی استخراج شد. در نتیجه این فرآیند غربالگری، تعداد ۱۴ شرکت بیمه مختلط شامل بیمه ملت، البرز، پاسارگاد، سامان، کارآفرین، کوثر، ما، امید، تعاون، نوین، پارسیان، دانا، تجارت نو و آسیا به‌عنوان نمونه نهایی پژوهش انتخاب شدند. این رویکرد انتخاب نمونه، ضمن حذف شرکت‌هایی با نوسانات شدید یا ضعف ساختاری در توانگری مالی، امکان تحلیل دقیق‌تر واکنش شرکت‌های دارای وضعیت مالی مطلوب نسبت به سناریوهای استرس اقتصادی را فراهم می‌کند.

البته تمرکز بر شرکت‌های دارای سطح یک توانگری مالی به این معنا نیست که شرکت‌های ضعیف‌تر فاقد اهمیت تحلیلی هستند، بلکه هدف پژوهش، بررسی پایداری و رفتار تاب‌آوری مالی شرکت‌های برخوردار از وضعیت مطلوب در مواجهه با شوک‌های اقتصادی است.

## داده‌ها و متغیرهای پژوهش

### متغیر مستقل

### داده‌های مالی شرکت‌های بیمه

اطلاعات مالی شامل نسبت‌های کلیدی عملکرد و ریسک، از جمله نسبت خسارت، نسبت ترکیبی، نسبت کفایت سرمایه، شاخص‌های نقدینگی، نسبت ریسک اتکایی و ساختار سرمایه، از گزارش‌های رسمی شرکت‌ها، سامانه‌های نظارتی و منابع انتشار داده استخراج می‌شود.

### متغیرهای کلان اقتصادی و سناریوهای استرس

برای شبیه‌سازی شرایط استرس اقتصادی، مجموعه‌ای از متغیرهای کلان شامل نرخ تورم، نرخ بهره، رشد تولید ناخالص داخلی، نوسانات نرخ ارز و شاخص‌های ریسک سیستماتیک بازار مورد استفاده قرار می‌گیرد. سناریوهای استرس بر مبنای روش‌هایی نظیر تحلیل حساسیت، شبیه‌سازی مونت کارلو، سناریوهای سیاست‌گذار و شوک‌های ساختاری تدوین می‌شود تا رفتار سیستم مالی در شرایط بحرانی به صورت واقع‌بینانه بازنمایی گردد.

### متغیر وابسته

متغیر وابسته پژوهش «توانگری مالی شرکت بیمه» است که با استفاده از یک یا ترکیبی از شاخص‌های معتبر سنجش ریسک محاسبه می‌شود.

## یافته‌های پژوهش

### آمار توصیفی

به منظور بررسی وضعیت مالی و عملیاتی شرکت‌های بیمه و تحلیل نقش هر یک از شاخص‌های مالی در شکل‌گیری توانگری مالی، آمار توصیفی متغیرهای کلیدی برای دوره مورد بررسی محاسبه شد. این شاخص‌ها شامل نسبت پوشش ذخایر، نسبت نقدینگی عملیاتی، بازده دارایی‌ها (ROA)، بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، نسبت خسارت به حق بیمه دریافتی و نسبت هزینه‌های عملیاتی به درآمد است. آنگونه که در جدول ۱ آورده شده است نتایج آمار توصیفی بیانگر ناهمگنی قابل توجه در عملکرد شرکت‌ها و تفاوت زیاد ساختار مالی آن‌هاست؛ موضوعی که می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در واکنش شرکت‌ها به شوک‌های اقتصادی داشته باشد.

نخست، نسبت پوشش ذخایر (Reserve Coverage Ratio) نشان می‌دهد که توانایی شرکت‌ها در ایفای تعهدات بیمه‌ای بسیار متفاوت است. برای نمونه، این نسبت در شرکت شماره ۶ دارای نوسان شدید بوده و مقدار بیشینه آن به ۲۲.۱۶ رسیده است که نشان‌دهنده وجود دوره‌هایی با مازاد ذخایر غیرعادی یا رفتار داده‌ای پرت است. در مقابل، شرکت‌های ۱ و ۲ مقادیر نسبتاً باثبات‌تری داشته‌اند و این موضوع بیانگر مدیریت منسجم‌تر ذخایر در این شرکت‌هاست.

در مورد نقدینگی عملیاتی، اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین شرکت‌ها مشاهده می‌شود. در حالی که شرکت ۱ میانگین نقدینگی ۰.۰۹ را ثبت کرده است، شرکت ۶ با میانگین ۰.۶۵ وضعیت نقدینگی بسیار مطلوب‌تری دارد. این تفاوت‌ها بیانگر تفاوت در سیاست‌های سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت و مدیریت تعهدات جاری است و می‌تواند در میزان انعطاف‌پذیری شرکت‌ها هنگام مواجهه با شوک‌های اقتصادی نقش‌آفرین باشد.

شاخص‌های سودآوری (ROA) و (ROE) نیز نوسانات معنی‌داری را نشان می‌دهند. به‌ویژه در شرکت شماره ۳ دامنه تغییرات ROE و ROA بسیار گسترده است؛ به‌طوری‌که ROE این شرکت از مقدار منفی تا بیشینه ۰.۷۹۵ تغییر کرده است. این نوسان بالا نشان‌دهنده بی‌ثباتی در عملکرد عملیاتی شرکت بوده و احتمال ریسک بالاتر در ساختار مالی آن را تقویت می‌کند.

یکی از شاخص‌های بسیار مهم، نسبت خسارت به حق‌بیمه دریافتی است. در شرکت شماره ۶، این نسبت میانگین ۱.۳۳ و بیشینه ۱۶.۰۴ را نشان می‌دهد که بیانگر وضعیت غیرعادی در نرخ خسارت و احتمال وجود رخدادهای شدید یا خطای داده‌ای است. نسبت خسارت بالاتر از یک به این معناست که شرکت بیش از حق بیمه دریافتی خسارت پرداخت کرده و این وضعیت، توانگری مالی آن را به‌شدت تحت فشار قرار می‌دهد. همچنین، نسبت هزینه‌های عملیاتی به درآمد در شرکت ۳ و ۶ دارای مقادیر غیرمعمول بالا بوده است؛ به‌طوری‌که در شرکت ۳ این نسبت تا ۶.۳۱ افزایش یافته. چنین ارقامی نشان‌دهنده ناکارایی عملیاتی قابل توجه هستند و می‌توانند در کاهش میزان توانگری نقش اساسی داشته باشند.

در نهایت، مقایسه شاخص تاب‌آوری مالی (Resilience Index) بین شرکت‌ها نشان می‌دهد که شرکت‌های ۱ و ۲ بالاترین سطح تاب‌آوری را دارند؛ در حالی که شرکت ۶ پایین‌ترین مقدار شاخص را ثبت کرده است. این نتیجه با شاخص‌های مالی پیش‌گفته هم‌خوانی دارد و تأیید می‌کند که نوسانات شدید در ذخایر، سودآوری و هزینه‌های عملیاتی، قدرت مقاومت شرکت در برابر شوک‌های اقتصادی را کاهش می‌دهد.

به‌طور کلی، آمار توصیفی بیانگر آن است که ساختار مالی شرکت‌های بیمه کاملاً ناهمگن بوده و تفاوت قابل توجه در نقدینگی، سودآوری، هزینه‌ها و میزان خسارت، عامل اصلی تفاوت در توانگری مالی آنهاست. این ناهمگنی زمینه‌ساز آن است که شرکت‌ها در برابر شوک‌های اقتصادی واکنش متفاوتی نشان دهند و میزان آسیب‌پذیری یا تاب‌آوری آنان به‌طور محسوسی متغیر باشد، موضوعی که در بخش شبیه‌سازی نیز تأیید می‌شود.

جدول (۱) آمار توصیفی

company_id	Variable	mean	median	std	min	max	Shapiro_p
1	lag_inflation	0.282	0.335	0.145	0.068	0.475	0.000
1	lag_stock_index	0.032	0.008	0.091	-0.081	0.464	0.000
1	lag_oil	0.005	0.007	0.088	-0.350	0.227	0.000
1	lag_dollar	0.037	0.029	0.056	-0.064	0.193	0.103
1	lag_gdp_growth	0.025	0.031	0.060	-0.115	0.203	0.055
1	lag_interest_rate	0.237	0.230	0.041	0.163	0.335	0.233
1	reserve_coverage_ratio	4.670	3.170	3.177	1.625	13.941	0.000
1	operating_liquidity_ratio	0.092	0.085	0.046	0.031	0.208	0.005

company_id	Variable	mean	median	std	min	max	Shapiro_p
1	roe	0.051	0.039	0.068	-0.054	0.387	0.000
1	roa	0.006	0.004	0.007	-0.005	0.030	0.000
1	ratioclaims_premiumsreceived	0.803	0.803	0.101	0.592	1.077	0.049
1	operatingcost_income	0.091	0.087	0.042	0.009	0.199	0.313
1	resilience_index	0.919	0.922	0.015	0.873	0.938	0.001
2	lag_inflation	0.282	0.335	0.145	0.068	0.475	0.000
2	lag_stock_index	0.032	0.008	0.091	-0.081	0.464	0.000
2	lag_oil	0.005	0.007	0.088	-0.350	0.227	0.000
2	lag_dollar	0.037	0.029	0.056	-0.064	0.193	0.103
2	lag_gdp_growth	0.025	0.031	0.060	-0.115	0.203	0.055
2	lag_interest_rate	0.237	0.230	0.041	0.163	0.335	0.233
2	reserve_coverage_ratio	1.978	1.770	0.750	1.200	4.672	0.000
2	operating_liquidity_ratio	0.083	0.066	0.054	0.024	0.240	0.001
2	roe	0.068	0.042	0.058	0.019	0.291	0.000
2	roa	0.021	0.016	0.020	0.004	0.095	0.000
2	ratioclaims_premiumsreceived	0.782	0.778	0.138	0.514	1.235	0.003
2	operatingcost_income	0.087	0.085	0.084	0.002	0.557	0.000
2	resilience_index	0.925	0.930	0.014	0.860	0.937	0.000
3	lag_inflation	0.282	0.335	0.145	0.068	0.475	0.000
3	lag_stock_index	0.032	0.008	0.091	-0.081	0.464	0.000
3	lag_oil	0.005	0.007	0.088	-0.350	0.227	0.000
3	lag_dollar	0.037	0.029	0.056	-0.064	0.193	0.103
3	lag_gdp_growth	0.025	0.031	0.060	-0.115	0.203	0.055
3	lag_interest_rate	0.237	0.230	0.041	0.163	0.335	0.233
3	reserve_coverage_ratio	1.809	1.804	0.478	1.036	2.619	0.038
3	operating_liquidity_ratio	0.130	0.119	0.045	0.056	0.203	0.011
3	roe	0.064	0.042	0.140	-0.159	0.795	0.000
3	roa	0.012	0.006	0.037	-0.017	0.227	0.000
3	ratioclaims_premiumsreceived	0.812	0.734	0.394	0.355	3.096	0.000
3	operatingcost_income	0.297	0.108	0.993	0.026	6.314	0.000
3	resilience_index	0.909	0.923	0.087	0.380	0.943	0.000
4	lag_inflation	0.282	0.335	0.145	0.068	0.475	0.000
4	lag_stock_index	0.032	0.008	0.091	-0.081	0.464	0.000
4	lag_oil	0.005	0.007	0.088	-0.350	0.227	0.000
4	lag_dollar	0.037	0.029	0.056	-0.064	0.193	0.103
4	lag_gdp_growth	0.025	0.031	0.060	-0.115	0.203	0.055
4	lag_interest_rate	0.237	0.230	0.041	0.163	0.335	0.233
4	reserve_coverage_ratio	0.909	0.943	0.675	0.163	2.050	0.000
4	operating_liquidity_ratio	0.237	0.257	0.197	0.020	0.615	0.000
4	roe	0.107	0.084	0.083	0.000	0.329	0.000
4	roa	0.023	0.015	0.018	0.000	0.064	0.000
4	ratioclaims_premiumsreceived	0.734	0.712	0.195	0.345	1.275	0.016

company_id	Variable	mean	median	std	min	max	Shapiro_p
4	operatingcost_income	0.372	0.238	0.320	0.116	1.530	0.000
4	resilience_index	0.897	0.904	0.027	0.789	0.936	0.000
6	lag_inflation	0.282	0.335	0.145	0.068	0.475	0.000
6	lag_stock_index	0.032	0.008	0.091	-0.081	0.464	0.000
6	lag_oil	0.005	0.007	0.088	-0.350	0.227	0.000
6	lag_dollar	0.037	0.029	0.056	-0.064	0.193	0.103
6	lag_gdp_growth	0.025	0.031	0.060	-0.115	0.203	0.055
6	lag_interest_rate	0.237	0.230	0.041	0.163	0.335	0.233
6	reserve_coverage_ratio	5.293	3.106	4.952	0.285	22.161	0.000
6	operating_liquidity_ratio	0.652	0.691	0.203	0.111	0.933	0.018
6	roe	0.132	0.130	0.100	-0.084	0.475	0.029
6	roa	0.014	0.009	0.019	-0.014	0.109	0.000
6	ratioclaims_premiumsreceived	1.335	0.840	2.451	0.316	16.040	0.000
6	operatingcost_income	0.362	0.128	0.882	0.035	5.073	0.000
6	resilience_index	0.829	0.846	0.143	0.000	0.930	0.000

جدول (۲) آزمون مانایی

Variable	ADF Statistic	p-value	Stationary (p<0.05)
reserve_coverage_ratio	-4.02	0.001	مانا
operating_liquidity_ratio	-2.90	0.046	مانا
roe	-7.57	0.000	مانا
roa	-4.32	0.000	مانا
ratioclaims_premiumsreceived	-10.94	0.000	مانا
operatingcost_income	-4.87	0.000	مانا
inflation	-7.75	0.000	مانا
stock_index	-5.72	0.000	مانا
oil	-10.88	0.000	مانا
dollar	-8.04	0.000	مانا
gdp_growth	-6.47	0.000	مانا
interest_rate	-6.36	0.000	مانا

## تخمین مدل و شبیه‌سازی شوک مونت کارلو

در این بخش، به تخمین مدل‌های پیش‌بینی شاخص تاب‌آوری و شبیه‌سازی شوک‌های مونت کارلو پرداخته می‌شود. ابتدا شاخص تاب‌آوری با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) ساخته شده و سپس مدل‌های

رگرسیون برای پیش‌بینی آن برآورد می‌گردند. در نهایت، با استفاده از مدل برتر، شبیه‌سازی شوک‌های اقتصادی انجام می‌شود تا حساسیت شاخص تاب‌آوری ارزیابی گردد.

### ساخت شاخص تاب‌آوری

شاخص تاب‌آوری با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر اساس شش متغیر مالی کلیدی شامل نسبت پوشش ذخایر، نسبت نقدینگی عملیاتی، بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، بازده دارایی‌ها (ROA)، نسبت خسارت به حق بیمه و نسبت هزینه عملیاتی به درآمد ساخته شد. این شاخص نرمال‌سازی شده و به عنوان متغیر وابسته در مدل‌های پیش‌بینی استفاده شد.

ویژگی‌های انتخاب‌شده شامل متغیرهای کلان اقتصادی با یک دوره تأخیر (تورم، شاخص بورس، قیمت نفت، نرخ ارز، رشد GDP، نرخ بهره) و متغیرهای مالی داخلی بود.

### مدل‌های پیش‌بینی

دو مدل رگرسیونی شامل Random Forest (RF) و XGBoost (XGB) برآورد شده است. بر مبنای نتایج عملکرد مدل‌ها، با وجود عملکرد قابل قبول XGBoost، به دلیل دقت و پایداری بیشتر، مدل Random Forest برای شبیه‌سازی انتخاب شد.

مدل Random Forest دقیق‌ترین پیش‌بینی شاخص تاب‌آوری را ارائه داد و برای شبیه‌سازی شوک‌های مونت کارلو انتخاب شد. نتایج عملکرد مدل‌ها در جدول زیر آورده شده است:

جدول (۳) نتایج عملکرد مدل‌ها

مدل	RMSE	MAE	R <sup>2</sup>
RF	0.069348	0.023744	0.704144
XGB	0.071009	0.02354	0.689803

### اهمیت متغیرها (Feature Importance)

به منظور افزایش تفسیرپذیری مدل Random Forest، اهمیت نسبی متغیرها (Feature Importance) در فرآیند پیش‌بینی شاخص تاب‌آوری محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای کلان اقتصادی به ویژه نرخ تورم و نرخ ارز بیشترین سهم را در توضیح تغییرات شاخص تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه دارند. این یافته با نتایج شبیه‌سازی سناریوهای استرس اقتصادی نیز هم‌راستا است و نشان می‌دهد شوک‌های تورمی و ارزی، کانال اصلی انتقال فشار به توانگری مالی هستند. در مقابل، متغیرهایی نظیر نرخ بهره و رشد تولید ناخالص داخلی از اهمیت کمتری برخوردار بوده‌اند که بیانگر نقش محدود آن‌ها در تعیین تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه طی دوره مورد بررسی

است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل Random Forest عمدتاً بر متغیرهایی تمرکز دارد که نوسانات آن‌ها می‌تواند اثرات سیستماتیک و پایداری بر وضعیت مالی شرکت‌های بیمه ایجاد کند.

### شبیه‌سازی شوک‌های اقتصادی با رویکرد مونت کارلو

برای تحلیل میزان حساسیت توانگری مالی شرکت‌های بیمه نسبت به نوسانات اقتصادی، شبیه‌سازی مونت کارلو با استفاده از پنج سطح شوک اقتصادی شامل Low، Medium، High، Severe و Extreme انجام شد. این پنج سطح مطابق جدول ۴ بوده و شدت آن‌ها بر اساس انحراف معیار تاریخی ( $\sigma$ ) هر متغیر کلان تعریف شده است؛ به طوری که شوک Low معادل حدود ۰.۵، شوک Medium برابر ۱، شوک High حدود ۱.۲۵، شوک Severe معادل ۱.۵ و شوک Extreme برابر ۲ در نظر گرفته شدند. این طبقه‌بندی امکان تحلیل واکنش توانگری مالی را در شرایطی از نوسانات خفیف تا بحران‌های شدید اقتصادی فراهم می‌کند.

در اجرای شبیه‌سازی، هر بار تنها یکی از متغیرهای کلان (نرخ تورم، نرخ ارز، شاخص بورس، قیمت نفت، نرخ بهره و رشد تولید ناخالص داخلی) تحت یک سطح از شوک قرار گرفت و سایر متغیرها ثابت نگه داشته شدند. سپس با استفاده از مدل Random Forest که در بخش مدل‌سازی به‌عنوان مدل منتخب معرفی شد، مقدار شاخص توانگری مالی در هر سناریو پیش‌بینی گردید. تفاوت مقدار پیش‌بینی شده با مقدار پایه (بدون شوک)، به‌عنوان تغییر توانگری یا Resilience ثبت شد.

این فرآیند برای هر متغیر و هر سطح شوک در قالب هزاران تکرار مونت کارلو اجرا شد تا پایداری نتایج و توزیع احتمالات تغییرات توانگری مشخص شود. خروجی نهایی در جدول ۴ ارائه شده و شامل شاخص‌های  $\text{mean\_delta}$ ،  $\text{std\_delta}$  و  $\text{gmin\_delta}$  است.

نتایج نشان می‌دهد که با حرکت از شوک Low به Extreme، شدت کاهش توانگری مالی افزایش می‌یابد؛ به‌ویژه در مورد تورم و نرخ ارز که بیشترین اثر منفی را دارند و میانگین تغییرات آن‌ها در سطوح High، Severe و Extreme به‌طور معناداری منفی است. در مقابل، اثر شاخص بورس غیرخطی بوده و در شوک‌های خفیف گاهی اثر مثبت دارد اما در سطوح شدیدتر اثر منفی پیدا می‌کند. اثر قیمت نفت، رشد اقتصادی و نرخ بهره نیز ضعیف‌تر بوده و در بیشتر موارد تغییرات بسیار کوچک و نزدیک به صفر ایجاد کرده‌اند.

به‌طور کلی، شبیه‌سازی مونت کارلو نشان می‌دهد که ساختار مالی شرکت‌های بیمه در برابر شوک‌های شدید اقتصادی به‌ویژه تورمی و ارزی آسیب‌پذیرتر است و شدت شوک‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان تغییر توانگری دارد. نتایج شبیه‌سازی در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول (۴) نتایج شبیه‌سازی

shock_var	shock_level	mean_delta	std_delta	min_delta	max_delta
lag_dollar	Extreme	-0.00018984	0.00025414	-0.00000988	-0.0006877
lag_dollar	High	-0.00011939	0.00025252	-0.00002587	-0.0006233
lag_dollar	Low	-0.00003373	0.00009139	-0.00002052	-0.0002157
lag_dollar	Medium	-0.00009939	0.00022917	-0.00002656	-0.0005567
lag_dollar	Severe	-0.00013433	0.00024520	-0.00000089	-0.0006233
lag_gdp_growth	Extreme	0.00003004	0.00005877	0.00000000	0.00014740
lag_gdp_growth	High	0.00003004	0.00005877	0.00000000	0.00014740
lag_gdp_growth	Low	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_gdp_growth	Medium	0.00000400	0.00000801	0.00000000	0.00002001
lag_gdp_growth	Severe	0.00003004	0.00005877	0.00000000	0.00014740
lag_inflation	Extreme	-0.00091180	0.00090509	-0.00029226	-0.0025060
lag_inflation	High	-0.00091180	0.00090509	-0.00029226	-0.0025060
lag_inflation	Low	-0.00002259	0.00002897	-0.00006986	0.00000000
lag_inflation	Medium	-0.00043859	0.00103472	-0.00016126	-0.0025021
lag_inflation	Severe	-0.00091180	0.00090509	-0.00029226	-0.0025060
lag_interest_rate	Extreme	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_interest_rate	High	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_interest_rate	Low	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_interest_rate	Medium	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_interest_rate	Severe	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
lag_oil	Extreme	-0.00006226	0.00005977	-0.00014659	0.00001091
lag_oil	High	-0.00004769	0.00004580	-0.00011424	0.00000417
lag_oil	Low	-0.00000267	0.00001760	-0.00003398	0.00002065
lag_oil	Medium	-0.00001882	0.00003122	-0.00007498	0.00001698
lag_oil	Severe	-0.00006383	0.00005789	-0.00014659	0.00000305
lag_stock_index	Extreme	-0.00029762	0.00104068	-0.00236767	0.00037227
lag_stock_index	High	0.00014768	0.00017213	-0.00013368	0.00037471
lag_stock_index	Low	0.00005500	0.00006605	0.00000000	0.00018307
lag_stock_index	Medium	0.00005147	0.00010972	-0.00006201	0.00026131
lag_stock_index	Severe	-0.00021420	0.00087964	-0.00196088	0.00037416

با توجه به نرمال‌سازی شاخص تاب‌آوری در بازه [0,1]، مقدار mean\_delta برابر با -0.00091 در شوک Extreme تورمی به معنای کاهش حدود 0.1 درصدی شاخص تاب‌آوری نسبت به مقدار پایه است. اگرچه این عدد در ظاهر کوچک به نظر می‌رسد، اما در مقیاس سیستماتیک صنعت بیمه و با توجه به انباشت اثر شوک‌ها در طول زمان، کاهش معنادار و اقتصادی محسوب می‌شود.

## نتایج اثر شوک‌ها بر شاخص تاب‌آوری (mean\_delta)

- تورم بیشترین اثر منفی بر شاخص تاب‌آوری دارد و با افزایش شدت شوک، میزان کاهش تاب‌آوری به‌طور محسوسی تشدید می‌شود. حتی شوک شدید (Extreme) میانگین تغییر حدود  $-0.00091$  است. این نشان می‌دهد که تغییرات تورم بیشترین اثر را در افزایش یا کاهش تاب‌آوری شرکت‌ها دارد.
- نرخ ارز اثر منفی دارد، با افزایش شدت شوک از Low تا Extreme، میانگین تغییر به تدریج افزایش می‌یابد.
- شاخص سهام اثر شوک‌ها متغیر است، برخی شوک‌ها منفی (Extreme) و (Severe و برخی مثبت (High)، Low، Medium، که نشان‌دهنده واکنش غیرخطی تاب‌آوری نسبت به تغییرات شاخص سهام است.
- نفت اثر منفی خفیف دارد و در اکثر سطوح mean\_delta منفی است.
- رشد تولید ناخالص داخلی اثر بسیار کم و نزدیک به صفر دارد و تقریباً بی‌تأثیر است.
- نرخ بهره هیچ تأثیر قابل توجهی ندارد ( $mean\_delta = 0$  در همه سطوح) و برابری مقادیر mean\_delta و std\_delta نرخ بهره در تمام سطوح شوک نشان می‌دهد که مدل Random Forest نسبت به این متغیر حساسیتی ثبت نکرده و نقش نرخ بهره در تعیین تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه طی دوره مورد بررسی ناچیز بوده است.
- پراکندگی اثرات (std\_delta, min\_delta, max\_delta)
- تورم و شاخص سهام: بیشترین پراکندگی اثرات را دارند (std\_delta بالا) یعنی شرکت‌ها نسبت به این شوک‌ها حساسیت متفاوت دارند.
- نرخ ارز و نفت: پراکندگی متوسط دارند. اثرات تقریباً همگن است ولی با افزایش شدت شوک، دامنه تغییرات بزرگ‌تر می‌شود.
- رشد اقتصادی و نرخ بهره std\_delta: نزدیک صفر است، یعنی اثر شوک‌ها تقریباً یکسان یا ناچیز برای تمام شرکت‌ها.
- حداقل و حداکثر تغییرات (min\_delta, max\_delta)
- تورم: بیشترین دامنه تغییرات، از  $-0.00292$  تا  $0.00025$ .
- شاخص سهام: دامنه منفی قابل توجهی در Extreme و Severe ( $-0.00236$  تا  $0.00037$ )، نشان‌دهنده واکنش شدید برخی شرکت‌ها به نوسانات بازار سهام است.
- نفت و دلار: دامنه تغییرات کوچک و محدود است.
- رشد اقتصادی و نرخ بهره: تغییرات تقریباً صفر، اثر شوک قابل اندازه‌گیری نیست.

## نتیجه‌گیری

(۱) بزرگ‌ترین حساسیت شرکت‌ها به:

- تورم
- شاخص سهام

۲) حساسیت متوسط:

- نرخ دلار
- قیمت نفت

۳) کمترین حساسیت / تقریباً هیچ تأثیر:

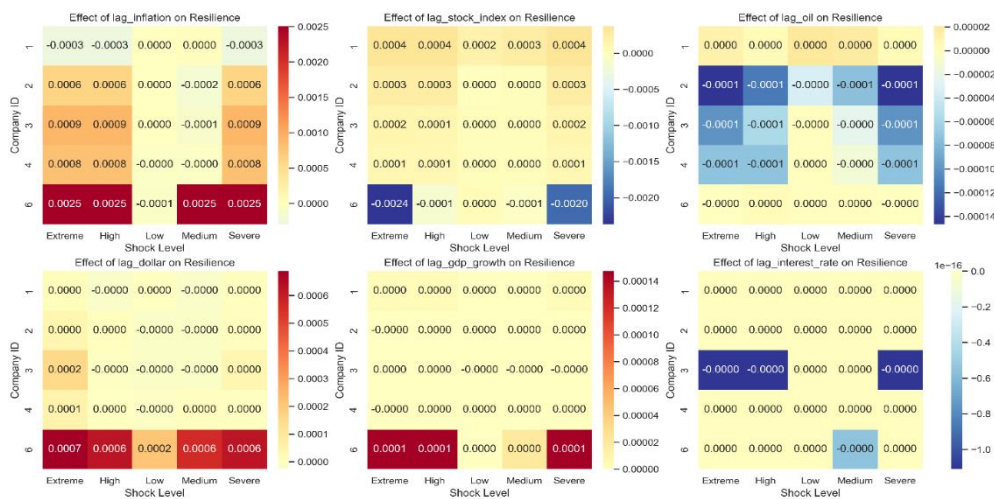
- رشد تولید ناخالص داخلی
- نرخ بهره

۴) الگوی اثر:

- اثر متغیرهای اقتصادی کوتاه‌مدت و قابل پیش‌بینی است.
- برخی متغیرها مثل شاخص سهام اثر غیرخطی دارند (برخی شوک‌ها مثبت و برخی منفی).
- متغیرهایی با delta نزدیک صفر، نشان‌دهنده پایداری نسبی تاب‌آوری شرکت‌ها نسبت به آن شوک‌ها هستند.

### تحلیل حساسیت

برای ارزیابی حساسیت، از Heatmap تغییرات شاخص تاب‌آوری ( $\Delta$  Resilience Index) پس از اعمال شوک‌ها استفاده شد. در این تحلیل، متغیرهای کلان شامل نرخ ارز، تورم، رشد GDP، نرخ بهره، قیمت نفت و شاخص بورس و سطوح شوک از Low تا Extreme بررسی شدند که نتایج به شرح شکل زیر می‌باشد:



شکل ۱ تحلیل حساسیت با Heatmap

نتایج شکل فوق نشان می‌دهد که:

- (۱) تورم، نرخ ارز: بیشترین تأثیر منفی را بر شاخص تاب‌آوری دارند و افزایش سطح شوک منجر به کاهش محسوس  $\Delta$  می‌شود.
  - (۲) رشد GDP و نرخ بهره: اثرات بسیار کم یا نزدیک به صفر دارند، نشان‌دهنده حساسیت پایین شاخص تاب‌آوری به تغییرات کوتاه‌مدت این متغیرها است. توضیح اینکه یکسان بودن مقادیر در چند سطح نشان می‌دهد که مدل نسبت به تغییرات GDP حساسیتی ثبت نکرده و این متغیر در پیش‌بینی تاب‌آوری نقش ناچیز دارد. از طرف دیگر اثر نرخ بهره در تمام سطوح شوک برابر صفر ثبت شده است که نشان می‌دهد این متغیر در مدل انتخابی تأثیر معناداری بر تاب‌آوری شرکت‌های بیمه ندارد.
  - (۳) نفت و شاخص بورس: قیمت نفت اثر عمدتاً منفی و کوچک دارد، اما شاخص بورس رفتار غیرخطی داشته و در شوک‌های خفیف اثر مثبت و در شوک‌های شدید اثر منفی نشان می‌دهد.
- این نتایج نشان می‌دهد که شوک‌های کلان اقتصادی، به‌ویژه در حوزه نرخ ارز و تورم، عوامل بحرانی تأثیرگذار بر تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه هستند و مدل Random Forest ابزار مناسبی برای آزمون تنش و تحلیل سناریو تحت شرایط اقتصادی نامطلوب فراهم می‌کند.
- نتایج نشان می‌دهد که شرکت‌های بیمه‌ای بیشترین آسیب‌پذیری را در مقابل نوسانات نرخ ارز و تورم دارند و اقدامات پیشگیرانه در این حوزه می‌تواند تاب‌آوری مالی آنها را بهبود دهد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که توانگری مالی شرکت‌های بیمه به‌طور معناداری تحت تأثیر شرایط کلان اقتصادی قرار دارد و سناریوهای استرس اقتصادی می‌توانند موجب تغییرات قابل توجهی در شاخص تاب‌آوری مالی شوند. شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر اساس پنج سطح شوک اقتصادی نشان داد که با افزایش شدت شوک‌ها از سطح Low به Extreme، میانگین تغییرات شاخص توانگری در مواجهه با تورم و نرخ ارز بیش از سایر متغیرها منفی می‌شود و این دو متغیر، اصلی‌ترین منابع فشار بر تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه هستند. در مقابل، اثر شاخص بورس رفتاری غیرخطی دارد؛ به‌گونه‌ای که در شوک‌های خفیف می‌تواند همراه با بهبود نسبی تاب‌آوری باشد، اما در سطوح شدید شوک، اثر آن بیشتر به سمت کاهش توانگری متمایل می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که تغییرات قیمت نفت، رشد تولید ناخالص داخلی و نرخ بهره، اثر محدود و در بسیاری از موارد ناچیز بر شاخص توانگری دارند و مدل حساسیت معناداری نسبت به آنها ثبت نکرده است.

به‌کارگیری الگوریتم Random Forest در کنار ساخت شاخص ترکیبی توانگری مالی مبتنی بر PCA نشان داد که استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی می‌تواند رویکردی کارآمد برای مدل‌سازی رفتار پیچیده و چندبعدی توانگری مالی باشد. این مدل قادر است اثر هم‌زمان مجموعه‌ای از شاخص‌های مالی شرکت و متغیرهای کلان اقتصادی را بر تاب‌آوری برآورد کند و واکنش شرکت‌ها را در سناریوهای مختلف استرس به‌صورت کمی نشان دهد. به این ترتیب، پژوهش حاضر علاوه بر ارائه شواهد تجربی درباره حساسیت توانگری مالی نسبت به شوک‌های

تورمی و ارزی، بر این نکته تأکید می‌کند که استفاده از ابزارهای داده‌محور می‌تواند مکمل ارزشمندی برای رویکردهای سنتی ارزیابی ریسک در صنعت بیمه باشد.

«یافته‌های این پژوهش با نتایج دانیلی و جاکوبیک (۲۰۲۲) همسو است که نشان می‌دهند شوک‌های تورمی بیشترین اثر منفی را بر سلامت مالی نهادهای بیمه‌ای دارند. با این حال، برخلاف برخی مطالعات که اثر نرخ بهره را معنادار گزارش کرده‌اند، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد نرخ بهره در دوره مورد بررسی اثر قابل‌توجهی بر تاب‌آوری مالی شرکت‌های بیمه نداشته است که می‌تواند ناشی از ساختار خاص بازار بیمه ایران باشد.»

یافته‌های این مطالعه چند پیام مهم برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعت بیمه به همراه دارد. نخست آن‌که، تمرکز بر مدیریت ریسک ناشی از تورم و نوسانات نرخ ارز باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی در راهبردهای توانگری مالی شرکت‌های بیمه در نظر گرفته شود. طراحی سیاست‌های پوشش ریسک ارزی، تقویت ذخایر فنی در دوره‌های افزایش تورم، بازنگری در ساختار سرمایه‌گذاری و کاهش وابستگی پرتفوی به دارایی‌های آسیب‌پذیر در برابر شوک‌های قیمتی، می‌تواند تاب‌آوری مالی شرکت‌ها را ارتقا دهد. دوم آن‌که، نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد همه شرکت‌ها به یک اندازه نسبت به شوک‌های اقتصادی حساس نیستند و ناهمگنی قابل توجهی در رفتار آن‌ها وجود دارد؛ بنابراین اتخاذ سیاست‌های نظارتی یکسان برای همه شرکت‌ها ممکن است کارایی لازم را نداشته باشد و حرکت به سمت چارچوب‌های نظارت مبتنی بر ریسک (Risk-Based Supervision) ضروری به نظر می‌رسد.

از منظر نظارتی، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر یادگیری ماشینی و سناریوهای استرس می‌تواند به بیمه‌گر ناظر کمک کند تا ارزیابی پویاتری از توانگری مالی شرکت‌ها در افق‌های زمانی مختلف به دست آورد. اجرای دوره‌ای آزمون‌های استرس استاندارد و مقایسه نتایج آن میان شرکت‌ها، علاوه بر شناسایی نقاط آسیب‌پذیر، می‌تواند مبنایی برای تدوین حداقل الزامات سرمایه‌ای، اصلاح مقررات ذخایر و طراحی ابزارهای هشدار زودهنگام باشد. در سطح بنگاه، به‌کارگیری چنین مدلی در واحدهای مدیریت ریسک و برنامه‌ریزی مالی، می‌تواند تصمیم‌گیری درباره ترکیب دارایی‌ها، ساختار بدهی و سیاست‌های قیمت‌گذاری محصول را بهبود دهد.

با وجود نتایج قابل توجه، این پژوهش با چند محدودیت مواجه است که باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. نخست آن‌که، دامنه زمانی و تعداد شرکت‌های بیمه تحت بررسی محدود بوده و تعمیم نتایج به کل صنعت نیازمند احتیاط است. دوم، داده‌ها در سطح فصلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و امکان بررسی واکنش‌های کوتاه‌مدت‌تر (ماهانه یا هفتگی) فراهم نبوده است. سوم، در این مطالعه تمرکز اصلی بر متغیرهای کلان منتخب و مجموعه‌ای از شاخص‌های مالی در دسترس بوده و برخی عوامل ساختاری و رفتاری، مانند کیفیت حاکمیت شرکتی، ساختار مالکیت و سیاست‌های داخلی مدیریت ریسک، در مدل لحاظ نشده‌اند.

بر این اساس، انجام پژوهش‌های آتی در چند مسیر می‌تواند به غنای بیشتر ادبیات کمک کند. در گام نخست، پیشنهاد می‌شود مطالعات بعدی با بهره‌گیری از دوره زمانی طولانی‌تر، تعداد بیشتری از شرکت‌های بیمه و داده‌های با تواتر بالاتر، پایداری نتایج و الگوهای رفتاری توانگری مالی را در افق‌های زمانی مختلف بررسی کنند. همچنین ترکیب رویکردهای یادگیری ماشینی با مدل‌های ساختاری ریسک، نظیر مدل‌های رژیم سوئیچینگ، شبکه‌های

عصبی عمیق یا مدل‌های هیبریدی، می‌تواند تصویر دقیق‌تری از رفتار غیرخطی و ناپایستای توانگری مالی ارائه دهد.

از سوی دیگر، گسترش دامنه متغیرهای توضیحی به حوزه حاکمیت شرکتی، ریسک عملیاتی، ریسک‌های اقلیمی و نوآوری‌های مالی، می‌تواند به شناسایی عوامل جدید مؤثر بر تاب‌آوری کمک کند. مقایسه نتایج بین کشورها یا میان نظام‌های بیمه‌ای با ساختارهای مقرراتی متفاوت نیز از دیگر مسیرهای مهمی است که می‌تواند در تحقیقات آینده دنبال شود و به درک بهتر نقش محیط نهادی و تنظیم‌گری در شکل‌گیری توانگری مالی بینجامد.

اگرچه تمرکز اصلی این پژوهش بر دقت پیش‌بینی و تحلیل سناریوهای استرس اقتصادی بوده است، استفاده از ابزارهای پیشرفته تفسیرپذیری مدل‌های یادگیری ماشینی، نظیر روش SHAP، می‌تواند در پژوهش‌های آتی برای بررسی دقیق‌تر اثرات تعاملی متغیرها، سهم هر متغیر در پیش‌بینی و مسیرهای غیرخطی تصمیم‌گیری مدل مورد استفاده قرار گیرد. به‌کارگیری این رویکردها می‌تواند به درک عمیق‌تر سازوکارهای اثرگذاری متغیرهای کلان اقتصادی بر توانگری مالی شرکت‌های بیمه کمک کند.

#### فهرست منابع

- بیلندی، علی‌فرزین. (۱۳۹۰). مدل محاسباتی حد توانگری مالی مؤسسه‌های بیمه با رویکرد حسابداری. تازه‌های جهان بیمه، ۱۶۲، ۱۹-۲۶.
- ماجدی، زهرا عزیزنصیری؛ نصیری، سمیرا؛ و نصیری، فاطمه. (۱۳۹۱). معرفی مدل توانگری مالی ۲: استاندارد مدیریت در صنعت بیمه. همایش مدیریت ریسک در صنعت بیمه، اسفندماه.
- حمدی‌لنگری، سید حسین؛ خوزین، علی؛ معطوفی، علیرضا؛ و گرکز، منصور. (۱۴۰۳). تأثیر آسیب‌پذیری مالی بر به‌موقع‌بودن گزارش‌های مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بازار سرمایه ایران. پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری، ۱(۶)، ۱-۲۲.
- عشایری، سمیه؛ مرادی، مهدی؛ اسکندری‌سبزی، سیمای؛ و حسن‌زاده، رقیه. (۱۴۰۴). تحلیل مخاطره اخلاقی در بیمه‌های کشور با استفاده از رگرسیون کوانتایل و الگوریتم‌های یادگیری ماشین: گامی به سوی پایداری اقتصادی. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، (مقالات آماده انتشار، پذیرفته شده، انتشار آنلاین از ۰۱ اسفند ۱۴۰۴). <https://www.srds.ir/article.html%۲۲۸۸۴۶>
- رضایی، مهدی؛ و احمدی، علی. (۱۴۰۳). تحلیل مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از یادگیری ماشین. حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی، ۲(۳)، ۱۳-۲۴. <https://jafci.com/index.php/jafci/article/view/۱۵>

رشیدی، بهزاد؛ و غریبی، ابراهیم. (۱۴۰۳). کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی ریسک‌های مالی و بهبود تصمیم‌گیری‌های حسابداری. یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مطالعات نوین مدیریت و حسابداری در ایران، تهران. <https://civilica.com/doc/2108009>

توکلی، سامان؛ و آشتاب، علی. (۱۴۰۲). مقایسه کارایی مدل‌های یادگیری ماشین و مدل‌های آماری در پیش‌بینی ریسک مالی. راهبرد مدیریت مالی، (۱)۱۱، ۵۳-۷۶. <https://doi.org/10.22051/jfm.1402.35240.2512>

عالی، محسن؛ میرعرب‌بایگی، سید علیرضا؛ و فرجیان، نیما. (۱۴۰۱). ارائه مدل پیش‌بینی ریسک ورشکستگی مالی شرکت‌های بورسی و فرابورسی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین. فصلنامه تحلیل بازار سرمایه، (۲)۲، ۷۹-۹۹.

Cardarelli, R., Elekdag, S., & Lall, S. (۲۰۰۹). Financial stress, downturns, and recoveries. IMF Working Paper No. WP/۱۰/۰۹.

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2009/wp09100.pdf>

Kumar, M., & Thenmozhi, M. (۲۰۰۶). Forecasting stock index movement: A comparison of support vector machines and random forest. SSRN Electronic Journal.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.876544>

Rawat, S., Rawat, A., Kumar, D., & Sabitha, A. S. (۲۰۲۱). Application of machine learning and data visualization techniques for decision support in the insurance sector. \*International Journal of Information Management Data Insights\*, ۱(۲), ۱۰۰-۱۲.

<https://doi.org/10.1016/j.zjime.2021.100012>

## **Predicting the Financial Solvency of Insurance Companies under Economic Stress Scenarios Using Machine Learning Algorithms**

**Soheil Ghasemi**

PhD Candidate in Finance, Department of Accounting & Finance, ST. C., Islamic Azad university, Tehran, Iran.  
[0559698941@iau.ir](mailto:0559698941@iau.ir)

**Ali Baghani**

Department of Accounting & Finance, ST. C., Islamic Azad university, Tehran, Iran.  
(Corresponding Author)  
[a\\_baghani@iau.ac.ir](mailto:a_baghani@iau.ac.ir)

**Bijan Safavi**

Department of Economic, ST. C., Islamic Azad university, Tehran, Iran.  
[b.safavi@iau.ac.ir](mailto:b.safavi@iau.ac.ir)

**Nowruz Noorollahzadeh**

Department of Accounting & Finance, ST. C., Islamic Azad university, Tehran, Iran.  
[nour547@iau.ac.ir](mailto:nour547@iau.ac.ir)

### **Abstract**

This study aims to examine the impact of economic stress scenarios on the financial solvency of insurance companies and to develop an accurate machine-learning-based predictive model. To this end, quarterly data on key macroeconomic indicators including inflation rate, exchange rate, oil price, stock market index, gross domestic product (GDP) growth, and interest rate were collected and combined with a set of financial indicators of insurance companies. To measure financial solvency, a composite index was constructed using Principal Component Analysis (PCA), and the performance of several machine learning algorithms was evaluated. The Random Forest model was ultimately selected as the superior predictive model.

To analyze the response of financial solvency to economic fluctuations, five levels of economic shocks (Low, Medium, High, Severe, and Extreme) were defined, and Monte Carlo simulations were conducted for each shock level. The results indicate that inflation and exchange rate shocks exert the strongest negative effects on the solvency index, with the magnitude of solvency deterioration increasing as shock intensity rises. In contrast, the effect of the stock market index is nonlinear and varies across shock levels, while oil price, economic growth, and interest rate exhibit limited or near-zero impacts. The findings confirm that the financial structure of insurance companies is highly sensitive to macroeconomic fluctuations, and that the Random Forest algorithm serves as an effective tool for stress analysis and solvency prediction under adverse economic conditions.

These results can be utilized in the design of regulatory frameworks, assessment of financial resilience, and formulation of risk-hedging policies within the insurance industry.

**Keywords:** Machine Learning; Financial Solvency; Insurance Companies; Economic Stress Scenarios