Journal of
Intelligent Financial
Management Perspectives

ISSN: 3116-0964

Stress Testing and Scenario Generation of Banks' Systemic Risk Using Generative Artificial Intelligence Models

Hassan Tavakoli [1]*, Leila Moradi [2]

[1] *M.Sc. in Financial Management, Semnan University, Semnan, Iran (Coresponding autour), Email: h.tavakoli@semnan.ac.ir*
[2] *M.Sc. in Financial Management, Semnan University, Semnan, Iran*

ARTICLE INFO

Article history:
Received:31/12/2025
Received in revised form:12/01/2026
Accepted:27/01/2026
Available online:14/02/2026

Keywords:

Systemic Risk
Stress Testing
Scenario Generation
Deep Learning
Banking
Generative Artificial Intelligence

ABSTRACT

The increasing complexity of financial networks and the expansion of interconnections among banks have made systemic risk one of the most critical threats to financial stability in modern economies. The 2008 global financial crisis demonstrated that the failure to identify systemic vulnerabilities at an early stage can lead to severe consequences for both the banking system and the macroeconomy. In this context, stress testing, as one of the key risk management tools, has been widely used by central banks and supervisory authorities to assess banks' resilience to economic shocks. However, traditional stress testing approaches are largely based on predefined scenarios and exhibit limited flexibility when dealing with dynamic and nonlinear financial environments.

The emergence of generative artificial intelligence technologies, particularly large language models, generative adversarial networks, and diffusion models, has created new capabilities for generating complex scenarios, capturing nonlinear relationships, and simulating rare events. This study aims to propose a novel framework for stress testing and scenario generation of banks' systemic risk based on generative AI models. In this framework, macroeconomic data, banking stability indicators, financial market variables, and interbank network information are used as model inputs, enabling generative models to produce and evaluate a wide range of plausible crisis scenarios.

Theoretical analysis indicates that the application of generative artificial intelligence models can significantly improve the accuracy of banking crisis prediction, enhance the detection of hidden patterns, increase the capability to generate emerging scenarios, and improve the flexibility of the stress testing process. Furthermore, this technology enables the assessment of risk contagion effects within the banking network and the identification of systemically important banks. The findings suggest that integrating generative AI with existing regulatory frameworks can enhance financial stability, improve supervisory decision-making, and increase the resilience of the banking system against economic shocks.

Article Type: Research Paper

©Authors

Journal of Intelligent Financial Management, 2025, Vol. 1, No.4, pp. 16- 37

Publish by:
Tolou-e Binish-e Ayandeh Scientific Institute

https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563.21554

Cite: Tavakoli,H and Moradi,L. (2026). Stress Testing and Scenario Generation of Banks' Systemic Risk Using Generative Artificial Intelligence Models. *Journal of Intelligent Financial Management*,*1*(4), 16-37.

نگرش های
مدیریت مالی هوشمند
Journal of Intelligent Financial Management Perspectives
ISSN: 3116-0964

آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی بانک‌ها با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی مولد

حسن توکلی [۱ و*]، لیلا مرادی [۲]

۱ و *- کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول: h.tavakoli@semnan.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۱۰/۱۰
تاریخ بازنگری:۱۴۰۴/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۱۱/۰۷
تاریخ انتشار:۱۴۰۴/۱۱/۲۵

کلیدواژه‌ها:
ریسک سیستمی
آزمون بحران
سناریوسازی
بانکداری
هوش مصنوعی مولد

چکیده

افزایش پیچیدگی شبکه‌های مالی و گسترش ارتباطات متقابل میان بانک‌ها موجب شده است که ریسک سیستمی به یکی از مهم‌ترین تهدیدهای ثبات مالی در اقتصادهای مدرن تبدیل شود. بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ نشان داد که ناتوانی در شناسایی زودهنگام آسیب‌پذیری‌های سیستمی می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای برای نظام بانکی و اقتصاد کلان به همراه داشته باشد. در این راستا، آزمون بحران به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی مدیریت ریسک، توسط بانک‌های مرکزی و نهادهای ناظر برای ارزیابی تاب‌آوری بانک‌ها در برابر شوک‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، روش‌های سنتی آزمون بحران عمدتاً مبتنی بر سناریوهای از پیش تعریف‌شده بوده و در مواجهه با محیط‌های پویا و غیرخطی مالی از انعطاف‌پذیری محدودی برخوردار هستند.ظهور فناوری‌های هوش مصنوعی مولد، به‌ویژه مدل‌های زبانی بزرگ، شبکه‌های مولد تخاصمی و مدل‌های انتشار، ظرفیت‌های جدیدی را برای تولید سناریوهای پیچیده، تحلیل روابط غیرخطی و شبیه‌سازی رویدادهای نادر فراهم ساخته است. این پژوهش با هدف ارائه چارچوبی نوین برای آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی بانک‌ها بر پایه مدل‌های هوش مصنوعی مولد انجام شده است. در این چارچوب، داده‌های کلان اقتصادی، شاخص‌های سلامت بانکی، متغیرهای بازار مالی و اطلاعات شبکه ارتباطات بین‌بانکی به عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند و مدل‌های مولد قادر خواهند بود مجموعه گسترده‌ای از سناریوهای بحرانی محتمل را تولید و ارزیابی نمایند.

نتایج تحلیل‌های نظری نشان می‌دهد که به‌کارگیری مدل‌های هوش مصنوعی مولد می‌تواند دقت پیش‌بینی بحران‌های بانکی، قابلیت کشف الگوهای پنهان، توانایی تولید سناریوهای نوظهور و انعطاف‌پذیری فرآیند آزمون بحران را به طور قابل توجهی افزایش دهد. همچنین این فناوری امکان ارزیابی اثرات سرایتی ریسک در شبکه بانکی و شناسایی بانک‌های دارای اهمیت سیستمی را فراهم می‌آورد. یافته‌ها حاکی از آن است که ادغام هوش مصنوعی مولد با چارچوب‌های نظارتی موجود می‌تواند به ارتقای ثبات مالی، بهبود تصمیم‌گیری نهادهای ناظر و افزایش تاب‌آوری نظام بانکی در برابر شوک‌های اقتصادی منجر شود.

نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۴، دوره ۱، شماره ٤، صفحه ۱٦-۳۷.

ناشر: موسسه علمی طلوع بینش آینده

https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563. 21554

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان

استناد: توکلی،حسن و مرادی،لیلا . (۱۴۰۴). آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی بانک‌ها با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی مولد. *مدیریت مالی هوشمند، ۱(۴)*, ۱۶-۳۷ .

ISSN: 3116-0964

۱-مقدمه

نظام بانکی به عنوان هسته مرکزی نظام مالی هر کشور، نقش تعیین‌کننده‌ای در تجهیز منابع، تخصیص بهینه سرمایه، تسهیل مبادلات اقتصادی و انتقال سیاست‌های پولی ایفا می‌کند. کارایی و ثبات این نظام تأثیر مستقیمی بر رشد اقتصادی، اشتغال، سرمایه‌گذاری و رفاه اجتماعی دارد. ازاین‌رو، حفظ سلامت و پایداری بانک‌ها همواره یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاران پولی، نهادهای نظارتی و دولت‌ها بوده است. با این حال، تحولات چند دهه اخیر نشان داده است که توسعه بازارهای مالی، گسترش نوآوری‌های مالی، افزایش وابستگی متقابل مؤسسات مالی و جهانی‌شدن جریان‌های سرمایه، در کنار ایجاد فرصت‌های جدید، آسیب‌پذیری نظام‌های بانکی را نیز افزایش داده است(Borio, 2022 ؛ Financial Stability Board, 2023).در ادبیات مالی، یکی از مهم‌ترین تهدیدهای ثبات مالی، ریسک سیستمی است. ریسک سیستمی مفهومی فراتر از ریسک یک مؤسسه منفرد بوده و به احتمال اختلال در عملکرد کل نظام مالی اشاره دارد؛ اختلالی که می‌تواند توانایی بانک‌ها و سایر نهادهای مالی را در ارائه خدمات اساسی به اقتصاد مختل سازد و پیامدهای گسترده‌ای برای رشد اقتصادی و ثبات اجتماعی به همراه داشته باشد (Acharya et al., 2024) .برخلاف ریسک‌های سنتی نظیر ریسک اعتباری، ریسک بازار یا ریسک نقدینگی که معمولاً در سطح یک سازمان مورد بررسی قرار می‌گیرند، ریسک سیستمی ماهیتی شبکه‌ای داشته و از طریق روابط متقابل میان مؤسسات مالی، بازارهای سرمایه و بخش واقعی اقتصاد گسترش می‌یابد(Allen & Gale, 2023) .

اهمیت ریسک سیستمی پس از وقوع بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ بیش از هر زمان دیگری مورد توجه قرار گرفت. پیش از این بحران، بسیاری از مدل‌های نظارتی بر مبنای این فرض طراحی شده بودند که مشکلات یک بانک یا مؤسسه مالی الزاماً به سایر بخش‌های نظام مالی سرایت نخواهد کرد. اما فروپاشی برخی نهادهای بزرگ مالی و گسترش سریع آثار آن در سطح جهانی نشان داد که در شرایط پیچیده و به‌شدت به‌هم‌پیوسته اقتصاد مدرن، شکست یک بازیگر کلیدی می‌تواند کل شبکه مالی را تحت تأثیر قرار دهد (Brunnermeier, 2023) .در نتیجه، نگاه نظارتی از رویکرد خرداحتیاطی به سمت رویکرد کلان‌احتیاطی تغییر یافت و موضوع مدیریت ریسک سیستمی به یکی از محورهای اصلی سیاست‌گذاری مالی تبدیل شد(Adrian & Brunnermeier, 2016) .

در سال‌های پس از بحران، نهادهای بین‌المللی از جمله کمیته نظارت بانکی بال، صندوق بین‌المللی پول، بانک تسویه حساب‌های بین‌المللی و هیئت ثبات مالی تلاش گسترده‌ای برای توسعه ابزارهای ارزیابی و کنترل ریسک سیستمی انجام دادند .یکی از مهم‌ترین نتایج این تلاش‌ها، توسعه و نهادینه‌سازی آزمون‌های بحران یا استرس تست در نظام‌های بانکی جهان بود.آزمون بحران به مجموعه‌ای از روش‌ها و مدل‌های تحلیلی اطلاق می‌شود که با هدف ارزیابی مقاومت بانک‌ها در برابر شوک‌های شدید اقتصادی و مالی طراحی می‌شوند. در این فرآیند، سناریوهای نامطلوب اما محتمل بر متغیرهای کلان اقتصادی، بازارهای مالی و شاخص‌های بانکی اعمال شده و آثار احتمالی آن‌ها بر سرمایه، نقدینگی و سودآوری بانک‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (ECB, 2024) .آزمون بحران نه‌تنها ابزاری برای ارزیابی وضعیت فعلی بانک‌ها محسوب می‌شود، بلکه امکان شناسایی نقاط ضعف بالقوه و تدوین اقدامات اصلاحی پیشگیرانه را نیز فراهم می‌سازد(Borio et al., 2023) .

اگرچه آزمون‌های بحران طی دو دهه گذشته به یکی از مهم‌ترین ابزارهای نظارت مالی تبدیل شده‌اند، اما مطالعات مختلف نشان داده‌اند که روش‌های سنتی آزمون بحران با محدودیت‌های قابل توجهی مواجه هستند. نخست آنکه طراحی سناریوهای بحران در بسیاری از موارد مبتنی بر قضاوت کارشناسی و تجربیات تاریخی است. این موضوع موجب می‌شود بسیاری از سناریوهای نوظهور و رویدادهای بی‌سابقه در فرآیند تحلیل مورد توجه قرار نگیرند (Glasserman & Xu, 2023) .دوم آنکه اغلب مدل‌های مورد استفاده در آزمون‌های بحران بر پایه فروض خطی و روابط نسبتاً ساده میان متغیرها طراحی شده‌اند؛ در حالی که تعاملات موجود در نظام‌های مالی ماهیتی پیچیده، پویا و غیرخطی دارند(Battiston et al., 2023).علاوه بر این، تحولات سال‌های اخیر نشان داده است که منشأ بحران‌های مالی می‌تواند بسیار متنوع‌تر از گذشته باشد. بحران ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، افزایش تنش‌های ژئوپلیتیکی، شوک‌های انرژی، تغییرات اقلیمی، حملات سایبری گسترده و حتی انتشار اطلاعات نادرست در شبکه‌های اجتماعی، همگی نمونه‌هایی از ریسک‌های نوظهور هستند که می‌توانند ثبات مالی را تهدید کنند (World Bank, 2024) بسیاری از این تهدیدها دارای ویژگی‌هایی هستند که در داده‌های تاریخی سابقه محدودی داشته و بنابراین مدل‌های سنتی در مواجهه با آن‌ها عملکرد مطلوبی ندارند.

از سوی دیگر، تحول دیجیتال در صنعت بانکداری موجب تولید حجم بی‌سابقه‌ای از داده‌ها شده است. داده‌های تراکنشی، اطلاعات اعتباری، گزارش‌های مالی، داده‌های بازار سرمایه، داده‌های رفتاری مشتریان، اخبار اقتصادی و اطلاعات حاصل از شبکه‌های اجتماعی، منابع ارزشمندی

برای تحلیل ریسک محسوب می‌شوند (Arner et al., 2023) .با این حال، استخراج دانش از چنین حجم عظیمی از داده‌ها نیازمند بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته یادگیری ماشین و هوش مصنوعی است.

در دهه اخیر، هوش مصنوعی به یکی از مهم‌ترین فناوری‌های تحول‌آفرین در صنعت مالی تبدیل شده است. بانک‌ها و مؤسسات مالی از الگوریتم‌های هوشمند برای ارزیابی اعتبار مشتریان، مدیریت ریسک، کشف تقلب، پیش‌بینی قیمت دارایی‌ها و بهینه‌سازی تصمیمات سرمایه‌گذاری استفاده می‌کنند (Kou et al., 2024) .پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های یادگیری ماشین در بسیاری از موارد دقت بالاتری نسبت به مدل‌های آماری سنتی ارائه می‌دهد و قادر است الگوهای پیچیده و غیرخطی را شناسایی کند(Goodell et al., 2024) .

تحول بزرگ‌تر در سال‌های اخیر با ظهور هوش مصنوعی مولدرخ داده است. برخلاف الگوریتم‌های سنتی که عمدتاً بر طبقه‌بندی یا پیش‌بینی متمرکز هستند، مدل‌های مولد قادرند ساختار توزیع داده‌ها را یاد گرفته و داده‌های جدیدی با ویژگی‌های مشابه تولید کنند. این ویژگی امکان شبیه‌سازی سناریوهای پیچیده، مدل‌سازی عدم قطعیت و تولید وضعیت‌هایی را فراهم می‌کند که ممکن است در داده‌های تاریخی وجود نداشته باشند اما از نظر اقتصادی قابل وقوع باشند.

هوش مصنوعی مولد شامل طیف متنوعی از فناوری‌ها نظیر مدل‌های زبانی بزرگ، شبکه‌های مولد تخاصمی ، رمزگذارهای خودکار متغیر و مدل‌های انتشار است. هر یک از این فناوری‌ها ظرفیت‌های منحصربه‌فردی برای تحلیل و مدیریت ریسک در اختیار مؤسسات مالی قرار می‌دهند (Croitoru et al., 2024).برای مثال، مدل‌های زبانی بزرگ می‌توانند حجم عظیمی از اخبار، گزارش‌های مالی، متون سیاستی و اطلاعات اقتصادی را تحلیل کرده و سیگنال‌های هشداردهنده مرتبط با بحران‌های احتمالی را استخراج کنند(OpenAI Research, 2024) .همچنین شبکه‌های مولد تخاصمی قادرند داده‌های مالی مصنوعی با ویژگی‌های آماری بسیار نزدیک به داده‌های واقعی تولید کنند. این قابلیت در شرایطی که داده‌های مربوط به بحران‌های شدید محدود هستند، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند؛ زیرا امکان توسعه سناریوهای تنش و آموزش مدل‌های پیش‌بینی‌کننده را فراهم می‌سازد (Yoon et al., 2023) .پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که داده‌های مصنوعی تولیدشده توسطGAN ها می‌توانند کیفیت مدل‌های مدیریت ریسک را به طور قابل توجهی افزایش دهند.

ادبیات نوظهور حوزه هوش مصنوعی مالی نشان می‌دهد که مدل‌های مولد می‌توانند نقش مهمی در بازطراحی فرآیندهای آزمون بحران ایفا کنند. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این مدل‌ها، توانایی تولید سناریوهای پویا و چندبعدی است. در روش‌های سنتی، تعداد سناریوهای مورد بررسی معمولاً محدود بوده و بر اساس قضاوت کارشناسی یا تجربیات تاریخی طراحی می‌شود. این در حالی است که مدل‌های مولد قادرند هزاران سناریوی متفاوت را با در نظر گرفتن تعاملات پیچیده میان متغیرهای اقتصاد کلان، بازارهای مالی و شاخص‌های بانکی تولید کنند (Aldasoro et al., 2024).در نتیجه، طیف گسترده‌تری از وضعیت‌های بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفته و احتمال شناسایی آسیب‌پذیری‌های پنهان افزایش می‌یابد.یکی دیگر از مزایای مهم مدل‌های مولد، توانایی شبیه‌سازی رویدادهای نادر یا اصطلاحاً «دم‌کلفت» است. بسیاری از بحران‌های مالی در اثر رویدادهایی شکل می‌گیرند که احتمال وقوع پایینی دارند اما در صورت وقوع، خسارت‌های بسیار گسترده‌ای ایجاد می‌کنند. از آنجا که چنین رویدادهایی در داده‌های تاریخی به تعداد محدود وجود دارند، مدل‌های آماری سنتی معمولاً در برآورد آن‌ها با خطا مواجه می‌شوند (Danielsson et al., 2023)در مقابل، مدل‌های مولد می‌توانند با یادگیری ساختار داده‌ها، نمونه‌های جدیدی از شرایط بحرانی تولید کرده و امکان تحلیل دقیق‌تر ریسک‌های شدید را فراهم آورند.موضوع مهم دیگر، ماهیت شبکه‌ای ریسک سیستمی است. پژوهشگران معتقدند که بخش قابل توجهی از آسیب‌پذیری نظام بانکی ناشی از ارتباطات متقابل میان بانک‌ها، بازارهای سرمایه، شرکت‌های بیمه و سایر نهادهای مالی است(Battiston et al., 2023)در چنین ساختاری، شوک واردشده به یک مؤسسه می‌تواند از طریق کانال‌های مختلف به سایر اجزای شبکه منتقل شود و در نهایت کل نظام مالی را تحت تأثیر قرار دهد. تحلیل این پدیده با استفاده از مدل‌های سنتی بسیار دشوار است؛ زیرا روابط میان بازیگران مالی غالباً غیرخطی، پویا و چندلایه هستند.پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و تحلیل شبکه‌های پیچیده نشان داده است که مدل‌های مولد می‌توانند ساختارهای شبکه‌ای را نیز یاد گرفته و فرآیند انتقال شوک در شبکه‌های مالی را شبیه‌سازی کنند (Barigozzi & Brownlees, 2024)این قابلیت به نهادهای ناظر اجازه می‌دهد تا مسیرهای احتمالی سرایت بحران، گره‌های حساس شبکه و بانک‌های دارای اهمیت سیستمی را با دقت بیشتری شناسایی کنند. چنین اطلاعاتی برای طراحی سیاست‌های احتیاطی کلان و مدیریت بحران از اهمیت بالایی برخوردار است.

از منظر بانکداری مرکزی نیز توسعه آزمون‌های بحران مبتنی بر هوش مصنوعی مولد می‌تواند افق‌های جدیدی را در حوزه نظارت مالی ایجاد کند. بانک‌های مرکزی در سال‌های اخیر با چالش‌هایی نظیر افزایش سرعت تحولات اقتصادی، پیچیدگی بازارهای مالی و رشد ریسک‌های نوظهور مواجه بوده‌اند. در این شرایط، روش‌های سنتی نظارت مالی به تنهایی پاسخگوی نیازهای جدید نیستند و استفاده از فناوری‌های پیشرفته به یک ضرورت تبدیل شده است(Bank for International Settlements, 2024) .

مطالعات انجام‌شده توسط بانک تسویه حساب‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق و هوش مصنوعی مولد می‌تواند دقت پیش‌بینی شوک‌های مالی و ارزیابی آسیب‌پذیری بانک‌ها را افزایش دهد .همچنین نتایج برخی پژوهش‌ها بیانگر آن است که مدل‌های مولد قادرند نشانه‌های اولیه بحران را پیش از آشکار شدن در شاخص‌های مالی سنتی شناسایی کنند و در نتیجه به عنوان یک سیستم هشدار زودهنگام مورد استفاده قرار گیرند(FSB, 2024) .در کنار مزایای متعدد، کاربرد هوش مصنوعی مولد در حوزه بانکداری و مدیریت ریسک با چالش‌هایی نیز همراه است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها به مسئله توضیح‌پذیری مدل‌ها مربوط می‌شود. بسیاری از مدل‌های یادگیری عمیق به عنوان «جعبه سیاه» شناخته می‌شوند؛ زیرا مشخص نیست که چگونه به یک نتیجه یا پیش‌بینی خاص دست یافته‌اند European Banking). (Authority, 2024این موضوع در محیط‌های نظارتی که نیازمند شفافیت و قابلیت حسابرسی هستند، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند.علاوه بر این، کیفیت خروجی مدل‌های مولد به شدت به کیفیت داده‌های آموزشی وابسته است. در صورتی که داده‌های مورد استفاده دارای سوگیری، خطا یا کمبود باشند، نتایج تولیدشده نیز ممکن است دچار انحراف شوند . همچنین خطر تولید سناریوهای غیرواقعی یا ناسازگار با منطق اقتصادی یکی دیگر از چالش‌هایی است که پژوهشگران به آن اشاره کرده‌اند(World Economic Forum, 2024) .ملاحظات اخلاقی و حقوقی نیز از دیگر موضوعات مهم در این حوزه محسوب می‌شوند. استفاده گسترده از هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری‌های مالی می‌تواند نگرانی‌هایی درباره محرمانگی داده‌ها، امنیت سایبری، مسئولیت‌پذیری الگوریتم‌ها و تبعیض‌های احتمالی ایجاد کند (Arner et al., 2023) .از این رو، بسیاری از نهادهای بین‌المللی در حال تدوین چارچوب‌های حاکمیتی برای استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی در خدمات مالی هستند.

بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات متعددی در زمینه آزمون بحران، مدیریت ریسک سیستمی و کاربرد هوش مصنوعی در بانکداری انجام شده است، اما پژوهش‌های متمرکز بر تلفیق هوش مصنوعی مولد با فرآیند سناریوسازی ریسک سیستمی همچنان محدود هستند (Kou et al., 2024). بخش عمده مطالعات موجود بر کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی ورشکستگی بانک‌ها، ارزیابی ریسک اعتباری یا کشف تقلب تمرکز داشته‌اند و کمتر به ظرفیت‌های مدل‌های مولد برای تولید سناریوهای بحران و تحلیل اثرات سرایتی پرداخته‌اند.

از سوی دیگر، بیشتر چارچوب‌های آزمون بحران مورد استفاده در بانک‌های مرکزی همچنان مبتنی بر سناریوهای محدود و روش‌های اقتصادسنجی سنتی هستند. در حالی که سرعت تغییرات محیط اقتصادی و ظهور ریسک‌های نوین ایجاب می‌کند رویکردهای انعطاف‌پذیرتر و داده‌محورتر توسعه یابند (IMF, 2024) .در این زمینه، هوش مصنوعی مولد می‌تواند شکاف میان پیچیدگی فزاینده محیط مالی و محدودیت ابزارهای سنتی را تا حد زیادی برطرف سازد.

بر این اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر ظرفیت‌های هوش مصنوعی مولد در آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی بانک‌ها، به دنبال ارائه چارچوبی مفهومی و تحلیلی برای بهبود فرآیندهای مدیریت ریسک در نظام بانکی است. این پژوهش تلاش می‌کند نشان دهد که چگونه می‌توان از مدل‌های زبانی بزرگ، شبکه‌های مولد تخاصمی و سایر فناوری‌های مولد برای تولید سناریوهای واقع‌گرایانه، شبیه‌سازی بحران‌های مالی، تحلیل سرایت ریسک و ارزیابی تاب‌آوری بانک‌ها استفاده کرد.نوآوری اصلی این پژوهش در تلفیق سه حوزه مهم شامل ریسک سیستمی، آزمون بحران و هوش مصنوعی مولد نهفته است. انتظار می‌رود یافته‌های این مطالعه بتواند به توسعه نسل جدیدی از سامانه‌های هوشمند مدیریت ریسک بانکی کمک کرده و زمینه‌ساز ارتقای اثربخشی نظارت احتیاطی کلان در عصر تحول دیجیتال شود. همچنین نتایج پژوهش می‌تواند برای بانک‌های مرکزی، نهادهای ناظر، مدیران ارشد بانک‌ها و پژوهشگران حوزه مالی در طراحی سیاست‌های پیشگیرانه و افزایش تاب‌آوری نظام بانکی در برابر شوک‌های اقتصادی و مالی مفید واقع شود.با توجه به اهمیت روزافزون ثبات مالی در اقتصاد جهانی و گسترش کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی در صنعت بانکداری، بررسی ظرفیت‌های مدل‌های مولد در آزمون بحران و مدیریت ریسک سیستمی نه تنها یک موضوع پژوهشی نوآورانه محسوب می‌شود، بلکه ضرورتی راهبردی برای آینده نظام‌های مالی به شمار می‌آید. از این منظر، پژوهش حاضر تلاش دارد گامی در جهت توسعه دانش نظری و کاربردی این حوزه برداشته و زمینه لازم برای بهره‌گیری مؤثر از فناوری‌های نوین در مدیریت ریسک بانک‌ها را فراهم سازد.

۲-بیان مسئله پژوهش

ثبات نظام بانکی یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای توسعه اقتصادی و پایداری مالی در اقتصادهای مدرن محسوب می‌شود. بانک‌ها به دلیل ایفای نقش واسطه‌گری مالی، تجهیز منابع، تخصیص اعتبارات و تسهیل گردش وجوه، جایگاهی محوری در ساختار اقتصادی کشورها دارند. هرگونه اختلال در عملکرد بانک‌ها می‌تواند آثار گسترده‌ای بر سرمایه‌گذاری، تولید، اشتغال و رفاه اجتماعی برجای بگذارد. از این رو، شناسایی و مدیریت عوامل تهدیدکننده ثبات بانکی همواره یکی از دغدغه‌های اصلی سیاست‌گذاران اقتصادی، بانک‌های مرکزی و نهادهای نظارتی بوده است (Acharya et al., 2024).در دهه‌های اخیر، افزایش پیچیدگی نظام‌های مالی، توسعه ابزارهای نوین مالی، گسترش بازارهای سرمایه و تعمیق ارتباطات میان مؤسسات مالی موجب شده است که ریسک‌های بانکی از سطح یک بانک منفرد فراتر رفته و به تهدیدی برای کل نظام مالی تبدیل شوند. در چنین شرایطی، مفهوم ریسک سیستمی به عنوان یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه در ادبیات ثبات مالی مطرح شده است. ریسک سیستمی به وضعیتی اشاره دارد که در آن اختلال در عملکرد یک یا چند مؤسسه مالی، بازار یا زیرساخت مالی بتواند به سایر بخش‌های نظام مالی سرایت کرده و عملکرد کل سیستم اقتصادی را مختل سازد(Allen & Gale, 2023) .

بحران مالی جهانی سال ۲۰۰۸ به روشنی نشان داد که رویکردهای سنتی مدیریت ریسک قادر به شناسایی و کنترل بسیاری از تهدیدهای سیستماتیک نیستند. پیش از بحران، بسیاری از مؤسسات مالی از نظر شاخص‌های متعارف سلامت مالی در وضعیت مطلوبی قرار داشتند، اما وابستگی‌های پنهان، تمرکز ریسک و ارتباطات پیچیده شبکه‌ای میان آن‌ها موجب شد با وقوع یک شوک نسبتاً محدود در بازار وام‌های رهنی آمریکا، کل نظام مالی جهانی دچار بحران شود (Brunnermeier, 2023) .این تجربه موجب تغییر نگرش اساسی در حوزه نظارت مالی و حرکت از رویکردهای خرداحتیاطی به سمت چارچوب‌های کلان‌احتیاطی شد.

در چارچوب جدید نظارت مالی، آزمون بحران یا استرس تست به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای ارزیابی تاب‌آوری بانک‌ها توسعه یافت. هدف اصلی آزمون بحران، سنجش توانایی بانک‌ها در مقابله با شوک‌های شدید اقتصادی و مالی از طریق شبیه‌سازی سناریوهای نامطلوب است. امروزه بانک‌های مرکزی، نهادهای نظارتی و سازمان‌های بین‌المللی از آزمون‌های بحران برای ارزیابی کفایت سرمایه، نقدینگی، سودآوری و پایداری مؤسسات مالی استفاده می‌کنند(Basel Committee on Banking Supervision, 2024) .با وجود گسترش کاربرد آزمون‌های بحران، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که این ابزار همچنان با محدودیت‌های اساسی مواجه است. نخستین محدودیت به نحوه طراحی سناریوهای بحران بازمی‌گردد. در بسیاری از آزمون‌های متعارف، سناریوها توسط کارشناسان و بر اساس تجارب تاریخی یا قضاوت‌های تخصصی تدوین می‌شوند. هرچند این رویکرد در شرایط عادی قابل قبول به نظر می‌رسد، اما در مواجهه با محیط‌های پیچیده و پویا، توانایی محدودی در شناسایی ریسک‌های نوظهور دارد(Glasserman & Xu, 2023) .

یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود آن است که بحران‌های آینده الزاماً مشابه بحران‌های گذشته نخواهند بود. بسیاری از ریسک‌های نوین از جمله تهدیدهای سایبری، تغییرات اقلیمی، جنگ‌های اقتصادی، بحران‌های ژئوپلیتیکی، همه‌گیری بیماری‌های فراگیر و شوک‌های ناشی از فناوری‌های نوظهور، دارای ویژگی‌هایی هستند که در داده‌های تاریخی نمونه‌های محدودی از آن‌ها وجود دارد بنابراین اتکای صرف به داده‌های گذشته ممکن است موجب نادیده گرفتن تهدیدهای آینده شود.

دومین محدودیت آزمون‌های بحران سنتی به ماهیت مدل‌های مورد استفاده مربوط می‌شود. اغلب این مدل‌ها بر پایه روابط خطی یا نیمه‌خطی میان متغیرهای اقتصادی طراحی شده‌اند. در حالی که مطالعات نظری و تجربی نشان داده‌اند که رفتار نظام‌های مالی به شدت غیرخطی، پیچیده و وابسته به تعاملات شبکه‌ای است (Battiston et al., 2023) .در بسیاری از موارد، وقوع یک شوک کوچک می‌تواند از طریق سازوکارهای سرایت مالی، پیامدهایی بسیار بزرگ‌تر از حد انتظار ایجاد کند. چنین رفتارهایی به سختی در مدل‌های سنتی قابل شبیه‌سازی هستند.

محدودیت سوم به حجم و تنوع داده‌های مورد نیاز برای تحلیل ریسک سیستمی مربوط می‌شود. در عصر تحول دیجیتال، بانک‌ها و مؤسسات مالی روزانه حجم عظیمی از داده‌های ساختاریافته و غیرساختاریافته تولید می‌کنند. این داده‌ها شامل اطلاعات تراکنشی، سوابق اعتباری، داده‌های بازار سرمایه، گزارش‌های مالی، اخبار اقتصادی، اطلاعات شبکه‌های اجتماعی و داده‌های رفتاری مشتریان است (Arner et al., 2023) .با این حال، بخش قابل توجهی از مدل‌های آزمون بحران هنوز بر مجموعه محدودی از متغیرهای کلان اقتصادی و مالی متکی هستند و قادر به بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های موجود داده‌ای نیستند.

همزمان با ظهور اقتصاد داده‌محور، فناوری هوش مصنوعی به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای تحلیل داده‌های پیچیده مطرح شده است. در سال‌های اخیر، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در حوزه بانکداری رشد چشمگیری داشته و کاربردهای متنوعی از جمله ارزیابی ریسک اعتباری، مدیریت سبد دارایی، کشف تقلب، پیش‌بینی ورشکستگی و تحلیل رفتار مشتریان را دربر گرفته است (Kou et al., 2024) .با وجود این پیشرفت‌ها، بخش عمده کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه مالی همچنان بر مدل‌های پیش‌بینی‌کننده متمرکز بوده و کمتر به قابلیت‌های تولیدی این فناوری توجه شده است.

ظهور نسل جدید مدل‌های هوش مصنوعی مولد، چشم‌انداز جدیدی را در حوزه مدیریت ریسک مالی ایجاد کرده است. مدل‌های مولد برخلاف مدل‌های سنتی، صرفاً به پیش‌بینی یک متغیر هدف محدود نمی‌شوند، بلکه قادرند ساختار داده‌ها را یاد گرفته و سناریوهای جدید، واقع‌گرایانه و پیچیده‌ای را تولید کنند. این ویژگی، کاربردهای گسترده‌ای در زمینه سناریوسازی، شبیه‌سازی بحران‌ها و تحلیل عدم قطعیت فراهم می‌کند.

در سال‌های اخیر، مدل‌های زبانی بزرگ، شبکه‌های مولد تخاصمی، مدل‌های انتشار و سایر فناوری‌های مولد توانسته‌اند عملکرد قابل توجهی در تولید داده‌های مصنوعی، بازسازی الگوهای پیچیده و تحلیل سناریوهای احتمالی از خود نشان دهند (Croitoru et al., 2024) .این توانایی‌ها می‌توانند در فرآیند آزمون بحران بانک‌ها مورد استفاده قرار گیرند و محدودیت‌های رویکردهای سنتی را تا حد زیادی کاهش دهند.

با وجود ظرفیت‌های بالقوه هوش مصنوعی مولد، بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات موجود عمدتاً بر کاربردهای عمومی هوش مصنوعی در بانکداری تمرکز داشته‌اند و پژوهش‌های اندکی به صورت مستقیم به استفاده از مدل‌های مولد در آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی پرداخته‌اند. همچنین اغلب چارچوب‌های نظارتی موجود هنوز فاقد مدل‌های عملیاتی مشخص برای ادغام فناوری‌های مولد با فرآیندهای ارزیابی ریسک هستند.

از سوی دیگر، نظام بانکی بسیاری از کشورها از جمله اقتصادهای نوظهور با چالش‌هایی نظیر افزایش نوسانات اقتصادی، وابستگی به شوک‌های خارجی، محدودیت‌های نقدینگی، ناترازی ترازنامه بانک‌ها و رشد ریسک‌های فناورانه مواجه است. در چنین شرایطی، نیاز به ابزارهایی که بتوانند سناریوهای پیچیده و چندبعدی بحران را شبیه‌سازی کنند بیش از گذشته احساس می‌شود(IMF, 2024) .

مسئله اصلی این پژوهش از همین نقطه ناشی می‌شود. اگرچه آزمون‌های بحران به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت ریسک سیستمی شناخته می‌شوند، اما وابستگی آن‌ها به سناریوهای محدود، داده‌های تاریخی و مدل‌های نسبتاً ساده موجب شده است که توانایی کافی برای شناسایی برخی ریسک‌های نوظهور و تعاملات پیچیده شبکه‌ای را نداشته باشند. در مقابل، مدل‌های هوش مصنوعی مولد از ظرفیت بالقوه‌ای برای تولید سناریوهای متنوع، شبیه‌سازی رویدادهای نادر، تحلیل ساختارهای پیچیده و مدل‌سازی روابط غیرخطی برخوردارند.

بنابراین پرسش بنیادین این پژوهش آن است که چگونه می‌توان از ظرفیت‌های هوش مصنوعی مولد برای ارتقای فرآیند آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی بانک‌ها استفاده کرد؟ همچنین این سؤال مطرح می‌شود که به‌کارگیری مدل‌های مولد تا چه اندازه می‌تواند دقت شناسایی آسیب‌پذیری‌های بانکی، کیفیت پیش‌بینی بحران‌های مالی و اثربخشی سیاست‌های نظارتی را افزایش دهد؟

بر این اساس، پژوهش حاضر درصدد است چارچوبی مفهومی برای تلفیق مدل‌های هوش مصنوعی مولد با آزمون‌های بحران بانکی ارائه کند. در این چارچوب، مدل‌های مولد به عنوان ابزاری برای تولید سناریوهای پویا، شبیه‌سازی شوک‌های چندبعدی، تحلیل سرایت ریسک در شبکه بانکی و ارزیابی تاب‌آوری بانک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش بتواند به توسعه نسل جدیدی از سامانه‌های هوشمند مدیریت ریسک کمک کرده و زمینه ارتقای ثبات مالی و اثربخشی نظارت بانکی را فراهم سازد.

در نهایت، شکاف اصلی پژوهش حاضر را می‌توان در فقدان یک چارچوب جامع برای بهره‌گیری از مدل‌های هوش مصنوعی مولد در آزمون بحران و سناریوسازی ریسک سیستمی دانست. این پژوهش تلاش می‌کند با تلفیق ادبیات ریسک سیستمی، آزمون بحران و هوش مصنوعی مولد، این خلأ علمی را تا حدی برطرف کرده و مبنایی برای مطالعات تجربی و کاربردی آینده فراهم آورد.

تحولات گسترده نظام مالی جهانی طی دو دهه اخیر موجب شده است که موضوع ثبات مالی به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران اقتصادی، بانک‌های مرکزی و نهادهای نظارتی تبدیل شود. افزایش یکپارچگی بازارهای مالی، گسترش نوآوری‌های فناورانه، رشد بانکداری دیجیتال، توسعه ابزارهای مالی پیچیده و افزایش وابستگی متقابل میان مؤسسات مالی، اگرچه موجب ارتقای کارایی بازارها شده است، اما در عین حال زمینه شکل‌گیری ریسک‌های جدید و پیچیده را نیز فراهم کرده است (Financial Stability Board, 2024) .در چنین شرایطی، مدیریت ریسک سیستمی و حفظ تاب‌آوری نظام بانکی به یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاری مالی در سطح جهان تبدیل شده است.

بانک‌ها به عنوان مهم‌ترین واسطه‌های مالی اقتصاد، نقش اساسی در تأمین مالی فعالیت‌های اقتصادی و حفظ جریان اعتبارات ایفا می‌کنند. هرگونه اختلال در عملکرد بانک‌ها می‌تواند آثار سرایتی گسترده‌ای بر سایر بخش‌های اقتصادی بر جای گذارد. تجربه بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ نشان داد که ضعف در شناسایی به‌موقع آسیب‌پذیری‌های سیستماتیک می‌تواند پیامدهایی فراتر از بخش مالی ایجاد کرده و موجب رکود اقتصادی، افزایش بیکاری، کاهش سرمایه‌گذاری و بی‌ثباتی اجتماعی شود (Brunnermeier, 2023) .از این رو، توسعه ابزارهای کارآمد برای ارزیابی و مدیریت ریسک سیستمی از اهمیت راهبردی برخوردار است.

یکی از مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده برای ارزیابی پایداری بانک‌ها، آزمون بحران یا استرس تست است. آزمون بحران به نهادهای نظارتی امکان می‌دهد تا آثار بالقوه شوک‌های اقتصادی، مالی و سیاسی را بر وضعیت بانک‌ها ارزیابی کرده و میزان تاب‌آوری آن‌ها را در شرایط بحرانی مورد سنجش قرار دهند .با این حال، تحولات اخیر نشان داده است که چارچوب‌های سنتی آزمون بحران با محدودیت‌های قابل توجهی مواجه هستند و قادر نیستند تمامی ابعاد پیچیده ریسک‌های نوظهور را پوشش دهند(Glasserman & Xu, 2023) .

اهمیت پژوهش حاضر از آنجا ناشی می‌شود که محیط فعالیت بانک‌ها نسبت به گذشته به مراتب پیچیده‌تر و پویاتر شده است. در حال حاضر، تهدیدهای ناشی از تغییرات اقلیمی، حملات سایبری، بحران‌های ژئوپلیتیکی، نوسانات شدید بازارهای مالی، همه‌گیری بیماری‌ها و حتی تحولات فناورانه می‌توانند به عنوان منابع بالقوه ریسک سیستمی عمل کنند (World Economic Forum, 2024) .بسیاری از این ریسک‌ها ماهیتی غیرخطی داشته و در قالب سناریوهای سنتی قابل مدل‌سازی نیستند. بنابراین استفاده از روش‌های نوین برای شناسایی و تحلیل چنین تهدیدهایی ضروری به نظر می‌رسد.

از منظر علمی، یکی از مهم‌ترین تحولات سال‌های اخیر ظهور هوش مصنوعی مولد است. مدل‌های مولد با توانایی تولید داده‌های جدید، شبیه‌سازی سناریوهای پیچیده و یادگیری الگوهای پنهان موجود در داده‌ها، ظرفیت‌های جدیدی را برای تحلیل ریسک‌های مالی ایجاد کرده‌اند .برخلاف مدل‌های آماری سنتی که عمدتاً مبتنی بر روابط از پیش تعریف‌شده هستند، مدل‌های مولد می‌توانند ساختارهای پیچیده و چندبعدی داده‌ها را استخراج کرده و شرایطی را شبیه‌سازی کنند که تاکنون در واقعیت مشاهده نشده‌اند(Croitoru et al., 2024) .

ضرورت انجام این پژوهش از منظر شکاف دانشی نیز قابل توجه است. بررسی ادبیات علمی نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات فراوانی در زمینه ریسک سیستمی، آزمون بحران و کاربرد هوش مصنوعی در بانکداری انجام شده است، اما پژوهش‌های متمرکز بر تلفیق هوش مصنوعی مولد با سناریوسازی بحران‌های بانکی همچنان محدود هستند. بیشتر تحقیقات موجود بر پیش‌بینی ورشکستگی بانک‌ها، مدیریت ریسک اعتباری یا تحلیل بازارهای مالی تمرکز داشته‌اند و کمتر به ظرفیت‌های مدل‌های مولد برای توسعه چارچوب‌های نوین آزمون بحران پرداخته‌اند.

از منظر روش‌شناختی نیز این پژوهش دارای اهمیت ویژه‌ای است. آزمون‌های بحران متعارف معمولاً بر تعداد محدودی سناریوی از پیش تعیین‌شده متکی هستند. این رویکرد موجب می‌شود بسیاری از سناریوهای محتمل اما ناشناخته در فرآیند ارزیابی نادیده گرفته شوند. در مقابل، مدل‌های هوش مصنوعی مولد قادرند هزاران سناریوی مختلف را بر اساس الگوهای موجود در داده‌ها تولید کرده و طیف گسترده‌تری از وضعیت‌های بحرانی را مورد بررسی قرار دهند (Aldasoro et al., 2024) .این ویژگی می‌تواند دقت ارزیابی ریسک را به شکل قابل توجهی افزایش دهد.

اهمیت دیگر پژوهش حاضر به مسئله تحلیل سرایت ریسک در شبکه بانکی مربوط می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که بخش قابل توجهی از بحران‌های مالی ناشی از ارتباطات متقابل میان مؤسسات مالی است (Battiston et al., 2023) .در چنین شرایطی، ارزیابی یک بانک به صورت منفرد نمی‌تواند تصویر کاملی از سطح ریسک موجود در نظام مالی ارائه دهد. مدل‌های مولد این امکان را فراهم می‌کنند که تعاملات شبکه‌ای میان بانک‌ها شبیه‌سازی شده و مسیرهای انتقال شوک در کل شبکه مالی مورد تحلیل قرار گیرد.از منظر سیاست‌گذاری نیز نتایج این پژوهش می‌تواند کاربردهای مهمی برای بانک‌های مرکزی و نهادهای ناظر داشته باشد. در بسیاری از کشورها، تصمیمات مرتبط با کفایت سرمایه، مدیریت نقدینگی، تعیین ذخایر احتیاطی و سیاست‌های کلان‌احتیاطی بر مبنای نتایج آزمون‌های بحران اتخاذ می‌شود (European Central Bank, 2024) . بهبود کیفیت این آزمون‌ها از طریق استفاده از هوش مصنوعی مولد می‌تواند موجب ارتقای اثربخشی سیاست‌های نظارتی و افزایش پایداری نظام بانکی شود.

از دیدگاه بانک‌ها نیز بهره‌گیری از مدل‌های مولد می‌تواند مزایای قابل توجهی ایجاد کند. این فناوری امکان شناسایی زودهنگام آسیب‌پذیری‌ها، بهبود فرآیند مدیریت سرمایه، ارتقای برنامه‌ریزی راهبردی و افزایش آمادگی در برابر بحران‌های احتمالی را فراهم می‌آورد .در نتیجه، بانک‌ها قادر خواهند بود تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ کرده و مقاومت خود را در برابر شوک‌های اقتصادی افزایش دهند.

علاوه بر این، اهمیت پژوهش حاضر در ارتباط با روندهای آینده صنعت بانکداری نیز قابل بررسی است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های آینده، بخش قابل توجهی از فرآیندهای مدیریت ریسک و نظارت مالی مبتنی بر فناوری‌های هوش مصنوعی خواهد بود (BIS, 2024) .بنابراین توسعه چارچوب‌های نظری و عملی برای استفاده از مدل‌های مولد در آزمون بحران می‌تواند زمینه‌ساز تحول در نسل آینده سامانه‌های نظارتی و مدیریت ریسک باشد.از منظر اقتصادهای در حال توسعه نیز این موضوع اهمیت مضاعفی دارد. بسیاری از این کشورها با نوسانات شدید اقتصادی، محدودیت‌های مالی، وابستگی به درآمدهای خاص و آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های خارجی مواجه هستند. در چنین محیطی، برخورداری از ابزارهای پیشرفته برای پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های بانکی می‌تواند نقش مهمی در حفظ ثبات مالی و جلوگیری از بروز بحران‌های گسترده ایفا کند(IMF, 2024) .در مجموع، اهمیت و ضرورت پژوهش حاضر را می‌توان در چهار بعد اصلی تبیین کرد: نخست، افزایش پیچیدگی و پویایی ریسک‌های سیستمی در نظام بانکی؛ دوم، محدودیت‌های چارچوب‌های سنتی آزمون بحران؛ سوم، ظرفیت‌های نوظهور هوش مصنوعی مولد در تولید سناریوهای پیچیده و تحلیل داده‌های مالی؛ و چهارم، فقدان چارچوب‌های جامع برای بهره‌گیری از این فناوری در مدیریت ریسک سیستمی بانک‌ها. بر این اساس، پژوهش حاضر می‌تواند ضمن توسعه ادبیات علمی موجود، مبنایی برای طراحی نسل جدید آزمون‌های بحران هوشمند و داده‌محور در نظام بانکی فراهم سازد.

۳-مبانی نظری و چارچوب مفهومی پژوهش

۳-۱ ریسک سیستمی در نظام بانکی

ریسک سیستمی یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم در ادبیات ثبات مالی و مدیریت ریسک بانکی محسوب می‌شود که در دو دهه اخیر به ویژه پس از بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ مورد توجه گسترده پژوهشگران، بانک‌های مرکزی و نهادهای نظارتی قرار گرفته است. اگرچه ریسک‌های مالی همواره بخشی از فعالیت‌های بانکداری بوده‌اند، اما تجربه بحران‌های مالی نشان داده است که برخی ریسک‌ها فراتر از سطح یک مؤسسه مالی عمل کرده و می‌توانند عملکرد کل نظام مالی و حتی اقتصاد ملی را مختل کنند. این نوع ریسک‌ها در ادبیات اقتصادی تحت عنوان ریسک سیستمی شناخته می‌شوند(Acharya et al., 2024) .

از منظر مفهومی، ریسک سیستمی به احتمال وقوع اختلال در عملکرد کل یا بخش عمده‌ای از نظام مالی اشاره دارد؛ اختلالی که موجب کاهش توانایی مؤسسات مالی در انجام وظایف اساسی خود شده و آثار منفی قابل توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی بر جای می‌گذارد (Financial Stability Board, 2024).برخلاف ریسک‌های سنتی نظیر ریسک اعتباری، ریسک بازار یا ریسک عملیاتی که عمدتاً در سطح یک سازمان مورد بررسی قرار می‌گیرند، ریسک سیستمی ماهیتی فراسازمانی داشته و به تعاملات میان اجزای مختلف نظام مالی وابسته است (Allen & Gale, 2023).در ادبیات مالی، تعاریف متعددی از ریسک سیستمی ارائه شده است. بر اساس دیدگاه آچاریا، ریسک سیستمی زمانی رخ می‌دهد که مشکلات یک یا چند نهاد مالی منجر به اختلال در کل سیستم مالی شود و هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را به جامعه تحمیل کند (Acharya et al., 2024).برونرمایر نیز ریسک سیستمی را به عنوان خطر ایجاد اختلال گسترده در فرآیند واسطه‌گری مالی تعریف می‌کند که در نتیجه آن جریان اعتبارات و تأمین مالی اقتصاد دچار مشکل می‌شود (Brunnermeier, 2023). اگرچه تعاریف مختلف بر جنبه‌های متفاوتی تأکید دارند، اما وجه مشترک تمامی آن‌ها توجه به آثار سرایتی و پیامدهای گسترده اختلالات مالی است.

۳-۱-۱ویژگی‌های ریسک سیستمی

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ریسک سیستمی، ماهیت سرایتی آن است. در نظام‌های مالی مدرن، بانک‌ها و مؤسسات مالی از طریق بازار بین‌بانکی، قراردادهای مالی، سرمایه‌گذاری‌های مشترک و روابط اعتباری به یکدیگر متصل هستند. در نتیجه، بروز مشکل در یک نهاد مالی می‌تواند به سرعت به سایر مؤسسات منتقل شود و زنجیره‌ای از اختلالات را ایجاد کند(Battiston et al., 2023) .

ویژگی دوم، غیرخطی بودن ریسک سیستمی است. در بسیاری از موارد، شدت پیامدهای یک شوک متناسب با اندازه اولیه آن نیست. گاهی یک شوک کوچک می‌تواند در نتیجه سازوکارهای بازخوردی و سرایت مالی، پیامدهای بسیار بزرگی ایجاد کند. این ویژگی موجب می‌شود پیش‌بینی بحران‌های سیستمی با استفاده از مدل‌های خطی سنتی دشوار باشد(Glasserman & Xu, 2023) .

ویژگی سوم، پیچیدگی و پویایی است. ساختار نظام مالی به طور مداوم در حال تغییر است و روابط میان مؤسسات مالی، بازارها و بازیگران اقتصادی دائماً تحول می‌یابد. بنابراین ریسک سیستمی پدیده‌ای ایستا نیست، بلکه ماهیتی پویا دارد که تحت تأثیر عوامل مختلف اقتصادی، سیاسی، فناوری و رفتاری قرار می‌گیرد(Borio, 2022) .

۳-۱-۲ منابع ایجاد ریسک سیستمی

مطالعات نظری و تجربی نشان می‌دهد که ریسک سیستمی می‌تواند از منابع مختلفی نشأت گیرد. یکی از مهم‌ترین این منابع، ارتباطات متقابل میان مؤسسات مالی است. هرچه سطح وابستگی میان بانک‌ها بیشتر باشد، احتمال سرایت بحران نیز افزایش می‌یابد(Allen & Gale, 2023) .

عامل مهم دیگر، تمرکز ریسک در برخی نهادهای مالی بزرگ است. بانک‌های دارای اهمیت سیستمی به دلیل اندازه بزرگ، سهم بالای بازار و ارتباطات گسترده با سایر مؤسسات، در صورت مواجهه با بحران می‌توانند آثار گسترده‌ای بر کل نظام مالی بر جای بگذارند (Basel Committee on Banking Supervision, 2024).همبستگی پرتفوی سرمایه‌گذاری بانک‌ها نیز از عوامل مهم ایجاد ریسک سیستمی محسوب می‌شود. زمانی که تعداد زیادی از بانک‌ها در دارایی‌های مشابه سرمایه‌گذاری می‌کنند، وقوع شوک در یک بازار خاص می‌تواند به طور همزمان بر وضعیت مالی تعداد زیادی از بانک‌ها اثر بگذارد(Adrian & Brunnermeier, 2016) .

علاوه بر عوامل درون‌سیستمی، متغیرهای اقتصاد کلان نیز نقش مهمی در شکل‌گیری ریسک سیستمی دارند. رکود اقتصادی، افزایش نرخ بهره، تورم بالا، بحران‌های ارزی، کاهش قیمت دارایی‌ها و شوک‌های ژئوپلیتیکی از جمله عواملی هستند که می‌توانند احتمال وقوع بحران‌های بانکی را افزایش دهند(IMF, 2024) .

۳-۱-۳ نظریه‌های تبیین‌کننده ریسک سیستمی

یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های نظری برای تحلیل ریسک سیستمی، نظریه شبکه‌های مالی است. بر اساس این نظریه، نظام مالی را می‌توان به صورت شبکه‌ای از نهادهای به‌هم‌پیوسته در نظر گرفت که از طریق روابط مالی مختلف به یکدیگر متصل هستند. در چنین شبکه‌ای، رفتار هر گره می‌تواند بر سایر گره‌ها اثر بگذارد و در نتیجه، شوک‌های محلی به بحران‌های گسترده تبدیل شوند(Battiston et al., 2023) .

نظریه دوم، نظریه سرایت مالی است که بر سازوکار انتقال شوک‌ها میان مؤسسات مالی تمرکز دارد. بر اساس این نظریه، مشکلات مالی یک بانک می‌تواند از طریق بازارهای مالی، کانال‌های اعتباری یا انتظارات سرمایه‌گذاران به سایر مؤسسات منتقل شود(Allen & Gale, 2023) .

نظریه سوم، فرضیه بی‌ثباتی مالی مینسکی است. این نظریه بیان می‌کند که دوره‌های طولانی ثبات اقتصادی می‌توانند زمینه‌ساز افزایش ریسک‌پذیری، رشد اهرم مالی و در نهایت وقوع بحران‌های مالی شوند. به عبارت دیگر، ثبات طولانی‌مدت خود می‌تواند به عامل ایجاد بی‌ثباتی تبدیل شود(Minsky, 1986) .

۳-۱-٤ اندازه‌گیری ریسک سیستمی

یکی از چالش‌های مهم در مدیریت ریسک سیستمی، اندازه‌گیری دقیق آن است. طی سال‌های اخیر شاخص‌های مختلفی برای سنجش ریسک سیستمی توسعه یافته‌اند. از جمله مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به CoVaR ، SRISK، MES، DIPو Systemic Expected Shortfall اشاره کرد(Brownlees & Engle, 2017) .شاخص CoVaR توسط آدریان و برونرمایر توسعه یافته و میزان ریسکی را اندازه‌گیری می‌کند که یک مؤسسه مالی به کل نظام مالی تحمیل می‌کند (Adrian & Brunnermeier, 2016) .شاخص SRISK نیز توسط براونلیز و انگل معرفی شده و کمبود سرمایه احتمالی بانک‌ها در شرایط بحران را برآورد می‌کند(Brownlees & Engle, 2017) .با وجود اهمیت این شاخص‌ها، بسیاری از پژوهشگران معتقدند که ابزارهای موجود همچنان در شناسایی برخی جنبه‌های پیچیده ریسک سیستمی با محدودیت مواجه هستند. بخش عمده این محدودیت‌ها ناشی از وابستگی مدل‌ها به داده‌های تاریخی و فروض آماری سنتی است(Glasserman & Xu, 2023) .

۳-۱-۵ ریسک سیستمی در عصر تحول دیجیتال

تحولات فناورانه سال‌های اخیر موجب ظهور ابعاد جدیدی از ریسک سیستمی شده است. گسترش بانکداری دیجیتال، فین‌تک‌ها، پلتفرم‌های پرداخت الکترونیک، ارزهای دیجیتال و هوش مصنوعی ساختار نظام مالی را به طور چشمگیری تغییر داده‌اند.اگرچه این فناوری‌ها فرصت‌های متعددی برای افزایش کارایی نظام مالی ایجاد کرده‌اند، اما در عین حال ریسک‌های جدیدی نیز به همراه آورده‌اند. حملات سایبری، اختلال در زیرساخت‌های دیجیتال، تمرکز داده‌ها و وابستگی گسترده به سامانه‌های هوشمند از جمله تهدیدهایی هستند که می‌توانند آثار سیستمی داشته باشند(World Economic Forum, 2024) .علاوه بر این، افزایش سرعت انتشار اطلاعات در فضای دیجیتال موجب شده است که واکنش بازارها به اخبار و شایعات بسیار سریع‌تر از گذشته باشد. این موضوع می‌تواند احتمال بروز رفتارهای هیجانی، هجوم بانکی دیجیتال و نوسانات شدید مالی را افزایش دهد.

در چنین شرایطی، روش‌های سنتی مدیریت ریسک به تنهایی پاسخگوی پیچیدگی‌های موجود نیستند. از این رو، استفاده از فناوری‌های نوین نظیر هوش مصنوعی، یادگیری عمیق و مدل‌های مولد به عنوان ابزارهایی برای تحلیل ساختارهای پیچیده مالی و پیش‌بینی سناریوهای بحران مورد توجه روزافزون قرار گرفته است(Goodell et al., 2024) .بر این اساس، شناخت دقیق ماهیت، منابع، سازوکارها و روش‌های اندازه‌گیری ریسک سیستمی پیش‌نیاز طراحی هرگونه چارچوب نوین آزمون بحران محسوب می‌شود. در ادامه، مفهوم آزمون بحران بانکی، سیر تحول آن و چالش‌های موجود در رویکردهای سنتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۲ آزمون بحران بانکی و سناریوسازی ریسک

آزمون بحران یا استرس‌تست یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت ریسک در نظام بانکی و مالی مدرن محسوب می‌شود که هدف اصلی آن ارزیابی تاب‌آوری مؤسسات مالی در برابر شرایط نامطلوب اقتصادی و مالی است. این ابزار به نهادهای نظارتی و بانک‌های مرکزی کمک می‌کند تا اثرات بالقوه شوک‌های شدید بر سرمایه، نقدینگی و سودآوری بانک‌ها را شبیه‌سازی کرده و نقاط ضعف سیستم را پیش از وقوع بحران واقعی شناسایی کنند.ریشه‌های آزمون بحران به دهه ۱۹۹۰ بازمی‌گردد، اما اهمیت آن پس از بحران مالی ۲۰۰۸ به‌طور چشمگیری افزایش یافت. در این دوره، مشخص شد که بسیاری از مؤسسات مالی بزرگ که از نظر شاخص‌های سنتی در وضعیت مطلوبی قرار داشتند، در برابر شوک‌های سیستماتیک بسیار آسیب‌پذیر بوده‌اند. این مسئله موجب شد رویکرد نظارتی از تمرکز صرف بر ریسک‌های خرد به سمت ارزیابی ریسک‌های کلان و سیستمی تغییر کند(Brunnermeier, 2023) .

۳-۲-۱ اهداف آزمون بحران

هدف اصلی آزمون بحران، سنجش میزان تاب‌آوری بانک‌ها در شرایط فرضی اما شدید اقتصادی است. به طور مشخص، این ابزار در سه سطح کاربرد دارد:

نخست، شناسایی آسیب‌پذیری‌های درون‌سازمانی شامل ساختار سرمایه، کیفیت دارایی‌ها و ریسک نقدینگی.

دوم، ارزیابی اثر شوک‌های کلان اقتصادی مانند رکود، افزایش نرخ بهره، کاهش قیمت دارایی‌ها و بحران‌های ارزی.

سوم، تحلیل اثرات سرایتی و سیستمی ناشی از ارتباطات میان بانک‌ها و سایر نهادهای مالی(Allen & Gale, 2023) .

۳-۲-۲ انواع آزمون بحران

در ادبیات مالی، آزمون‌های بحران معمولاً به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. **آزمون بحران حساسیت:**در این نوع آزمون، تأثیر تغییر یک متغیر خاص (مانند نرخ بهره یا نرخ ارز) بر وضعیت مالی بانک بررسی می‌شود. این روش ساده اما محدود است زیرا تعاملات چندمتغیره را در نظر نمی‌گیرد(Borio et al., 2023) .

۲. **آزمون بحران سناریومحور:**در این رویکرد، مجموعه‌ای از سناریوهای اقتصادی طراحی شده و اثر ترکیبی چندین متغیر بر بانک‌ها بررسی می‌شود. این روش در حال حاضر رایج‌ترین شکل آزمون بحران در بانک‌های مرکزی است(ECB, 2024) .

۳. **آزمون بحران معکوس:**در این روش ابتدا یک نتیجه نامطلوب (مانند ورشکستگی بانک) فرض شده و سپس شرایطی که می‌تواند منجر به آن شود تحلیل می‌گردد. این رویکرد برای شناسایی نقاط شکست سیستم بسیار مفید است(IMF, 2024) .

۳-۲-۳ سناریوسازی در آزمون بحران

سناریوسازی هسته اصلی آزمون بحران را تشکیل می‌دهد. کیفیت سناریوهای طراحی‌شده نقش تعیین‌کننده‌ای در دقت و اعتبار نتایج آزمون دارد. در رویکردهای سنتی، سناریوها معمولاً بر اساس ترکیبی از داده‌های تاریخی، قضاوت کارشناسی و فرضیات اقتصاد کلان تدوین می‌شوند .
با این حال، این روش‌ها با محدودیت‌های مهمی مواجه هستند. نخست آنکه سناریوهای تاریخی لزوماً نماینده شرایط آینده نیستند. دوم آنکه تعاملات پیچیده میان متغیرهای اقتصادی در سناریوهای ساده‌شده به‌خوبی منعکس نمی‌شود. سوم آنکه این رویکردها قادر به تولید سناریوهای بسیار نادر یا ساختارشکن نیستند(World Bank, 2024) .

۳-۲-٤محدودیت‌های آزمون بحران سنتی

مطالعات جدید نشان می‌دهد که آزمون‌های بحران سنتی با چند چالش اساسی مواجه هستند:
یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها، وابستگی شدید به داده‌های تاریخی است. این وابستگی باعث می‌شود مدل‌ها در برابر رویدادهای غیرتکرارشونده یا ساختارشکن عملکرد ضعیفی داشته باشند .محدودیت دوم، فرض خطی بودن روابط میان متغیرها است. در حالی که سیستم‌های مالی دارای رفتارهای غیرخطی، آستانه‌ای و بازخوردی هستند، بسیاری از مدل‌های مورد استفاده در آزمون بحران از ساختارهای ساده خطی یا نیمه‌خطی بهره می‌برند..محدودیت سوم، عدم توجه کافی به شبکه‌های مالی پیچیده است. آزمون‌های سنتی معمولاً هر بانک را به‌صورت منفرد تحلیل می‌کنند، در حالی که ریسک سیستمی ماهیتی شبکه‌ای دارد و از طریق ارتباطات میان مؤسسات مالی منتشر می‌شود(Allen & Gale, 2023) .

۳-۲-۵ ارتباط آزمون بحران با ریسک سیستمی

آزمون بحران به‌طور مستقیم با مفهوم ریسک سیستمی در ارتباط است. در واقع، هدف اصلی آزمون بحران تنها ارزیابی وضعیت یک بانک منفرد نیست، بلکه تحلیل اثرات احتمالی شوک‌ها بر کل نظام مالی است. از این منظر، آزمون بحران ابزاری برای سنجش سرایت ریسک و شناسایی نقاط حساس شبکه مالی محسوب می‌شود(Adrian & Brunnermeier, 2016) .با این حال، توانایی مدل‌های سنتی در تحلیل سرایت ریسک محدود است، زیرا این مدل‌ها معمولاً تعاملات پیچیده میان بانک‌ها را به‌صورت ساده‌سازی‌شده در نظر می‌گیرند. این مسئله یکی از دلایل اصلی ناکارآمدی نسبی برخی آزمون‌های بحران در پیش‌بینی دقیق بحران‌های مالی بوده است(Glasserman & Xu, 2023) .

۳-۳ هوش مصنوعی در مدیریت ریسک

هوش مصنوعی در دهه اخیر به یکی از مهم‌ترین فناوری‌های تحول‌آفرین در صنعت مالی و بانکی تبدیل شده است. این فناوری با قابلیت تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها، شناسایی الگوهای پیچیده و انجام پیش‌بینی‌های دقیق، توانسته است نقش مهمی در بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری مالی ایفا کند(Arner et al., 2023) .در حوزه مدیریت ریسک، هوش مصنوعی کاربردهای متعددی دارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ارزیابی ریسک اعتباری، پیش‌بینی نکول، کشف تقلب، مدیریت نقدینگی، پیش‌بینی بحران‌های مالی و بهینه‌سازی سبد دارایی اشاره کرد.برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی سنتی که عمدتاً مبتنی بر فروض خطی و روابط ساده هستند، الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند روابط غیرخطی پیچیده میان متغیرهای مالی را شناسایی کنند.یکی از مهم‌ترین مزایای هوش مصنوعی در مدیریت ریسک، توانایی پردازش داده‌های غیرساختاریافته است. داده‌هایی مانند اخبار اقتصادی، گزارش‌های تحلیلی، شبکه‌های اجتماعی و متون سیاست‌گذاری می‌توانند اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت آینده بازارهای مالی ارائه دهند. مدل‌های یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی قادرند این داده‌ها را تحلیل کرده و سیگنال‌های هشداردهنده اولیه بحران را استخراج کنند(Goodell et al., 2024) .

البتهبا وجود پیشرفت‌های قابل توجه، مدل‌های هوش مصنوعی سنتی نیز با محدودیت‌هایی مواجه هستند. نخست آنکه بسیاری از این مدل‌ها ماهیت پیش‌بینی‌کننده دارند و توانایی تولید سناریوهای جدید را ندارند. دوم آنکه عملکرد آن‌ها به شدت وابسته به داده‌های تاریخی است و در مواجهه با شرایط غیرمنتظره ممکن است دقت خود را از دست بدهند.علاوه بر این، برخی از مدل‌های پیچیده یادگیری عمیق به دلیل ساختار «جعبه سیاه» خود، از نظر شفافیت و قابلیت توضیح‌پذیری با چالش مواجه هستند. این موضوع در محیط‌های نظارتی که نیازمند پاسخ‌گویی و شفافیت هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد(European Banking Authority, 2024) .هوش مصنوعی مولد نیز به مجموعه‌ای از مدل‌ها اطلاق می‌شود که قادرند داده‌های جدیدی تولید کنند که از نظر آماری مشابه داده‌های واقعی هستند. این مدل‌ها شامل شبکه‌های مولد تخاصمی مدل‌های انتشار و مدل‌های زبانی بزرگ هستند(Croitoru et al., 2024) .

۳-٤شبکه‌های مولد تخاصمی(GANs)

شبکه‌های GAN شامل دو بخش اصلی هستند: مولد و تمایزدهنده . مولد تلاش می‌کند داده‌های جعلی تولید کند، در حالی که تمایزدهنده تلاش می‌کند بین داده واقعی و جعلی تمایز قائل شود. این رقابت منجر به بهبود کیفیت داده‌های تولیدی می‌شود .در حوزه مالی، GANها برای تولید داده‌های مصنوعی بازار، شبیه‌سازی بحران‌های مالی و افزایش حجم داده‌های آموزشی در شرایط کمبود داده‌های بحرانی استفاده می‌شوند. به‌ویژه در آزمون بحران، GANها می‌توانند سناریوهای نادر و کم‌احتمال را شبیه‌سازی کنند که در داده‌های تاریخی به‌ندرت مشاهده شده‌اند (Aldasoro et al., 2024).

۳-٤-۱ مدل‌های انتشار

مدل‌های انتشار نسل جدیدی از مدل‌های مولد هستند که با افزودن تدریجی نویز به داده‌ها و سپس یادگیری فرآیند معکوس، قادر به تولید داده‌های بسیار واقع‌گرایانه هستند. این مدل‌ها در سال‌های اخیر در حوزه تولید تصویر و داده‌های پیچیده عملکرد بسیار موفقی داشته‌اند

در کاربردهای مالی، مدل‌های انتشار می‌توانند برای تولید سناریوهای اقتصاد کلان، شبیه‌سازی مسیرهای قیمت دارایی‌ها و تولید وضعیت‌های بحرانی پیچیده مورد استفاده قرار گیرند. مزیت اصلی این مدل‌ها نسبت بهGAN ها، پایداری بیشتر در آموزش و کیفیت بالاتر داده‌های تولیدی است.

۳-٤-۲مدل‌های زبانی بزرگ(LLMs)

مدل‌های زبانی بزرگ مانندGPT ها بر پایه معماری ترنسفورمر توسعه یافته‌اند و قادرند حجم عظیمی از داده‌های متنی را تحلیل و تولید کنند. این مدل‌ها می‌توانند اخبار اقتصادی، گزارش‌های مالی، متون سیاست‌گذاری و تحلیل‌های بازار را پردازش کرده و الگوهای پنهان را استخراج کنند (OpenAI Research, 2024).در حوزه ریسک سیستمی، LLMها می‌توانند برای تحلیل احساسات بازار، شناسایی ریسک‌های نوظهور از طریق اخبار، و تولید سناریوهای متنی بحران مورد استفاده قرار گیرند. این قابلیت به نهادهای نظارتی کمک می‌کند تا نشانه‌های اولیه بحران را سریع‌تر شناسایی کنند.

با توجه به مباحث مطرح‌شده، می‌توان گفت که ترکیب هوش مصنوعی مولد با آزمون بحران، یک رویکرد نوین و قدرتمند برای مدیریت ریسک سیستمی در نظام بانکی محسوب می‌شود. این رویکرد امکان تولید سناریوهای پیچیده، تحلیل شبکه‌ای ریسک و شبیه‌سازی بحران‌های نوظهور را فراهم می‌سازد.

در چارچوب مفهومی این پژوهش، متغیرهای اقتصاد کلان، شاخص‌های بانکی و داده‌های متنی به عنوان ورودی مدل‌های مولد در نظر گرفته می‌شوند. خروجی مدل شامل مجموعه‌ای از سناریوهای بحرانی است که برای ارزیابی تاب‌آوری بانک‌ها و تحلیل ریسک سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این چارچوب پایه نظری لازم برای توسعه مدل پیشنهادی پژوهش در بخش‌های بعدی را فراهم می‌کند و زمینه‌ساز ارائه یک مدل نوین آزمون بحران مبتنی بر هوش مصنوعی مولد خواهد بود.

٤-چارچوب مفهومی و مدل پیشنهادی پژوهش

چارچوب مفهومی این پژوهش با تکیه بر مبانی نظری ارائه‌شده در بخش‌های پیشین، بر این ایده استوار است که ریسک سیستمی در نظام بانکی را نمی‌توان صرفاً به عنوان نتیجه‌ای خطی از متغیرهای اقتصادی یا عملکرد منفرد بانک‌ها در نظر گرفت، بلکه این نوع ریسک حاصل برهم‌کنش پیچیده‌ای میان متغیرهای اقتصاد کلان، ساختار شبکه‌ای بانک‌ها، ویژگی‌های ترازنامه‌ای مؤسسات مالی و شوک‌های بیرونی است. در چنین ساختاری، رویکردهای سنتی که عمدتاً مبتنی بر روابط خطی و سناریوهای محدود و از پیش تعریف‌شده هستند، توانایی کافی برای درک ابعاد واقعی و چندلایه ریسک سیستمی را ندارند. از این‌رو، در این پژوهش تلاش شده است چارچوبی مفهومی مبتنی بر تلفیق آزمون بحران و هوش مصنوعی مولد طراحی شود تا امکان تحلیل جامع‌تری از رفتار سیستم بانکی در شرایط بحرانی فراهم گردد (Borio, 2022; Goodell et al., 2024).

در این چارچوب، ایده اصلی بر این است که به جای اتکا به مجموعه‌ای محدود از سناریوهای از پیش تعریف‌شده، از ظرفیت مدل‌های مولد برای تولید طیف گسترده‌ای از سناریوهای محتمل استفاده شود. این سناریوها می‌توانند ترکیب‌های متنوعی از شرایط اقتصادی و مالی را شامل شوند و

سپس به عنوان ورودی در فرآیند ارزیابی ریسک بانکی به کار گرفته شوند تا اثرات آن‌ها بر شاخص‌های ثبات مالی مورد بررسی قرار گیرد. در واقع، این رویکرد باعث می‌شود فضای تحلیل ریسک از حالت محدود و ایستا به یک فضای پویا و گسترده از سناریوهای احتمالی تبدیل شود.

در سطح ساختاری، مدل پیشنهادی را می‌توان متشکل از چند بخش به‌هم‌پیوسته در نظر گرفت. نخست، لایه داده قرار دارد که در آن مجموعه‌ای از داده‌های چندمنبعی گردآوری و یکپارچه می‌شود. این داده‌ها شامل متغیرهای اقتصاد کلان مانند تورم، نرخ بهره، رشد تولید ناخالص داخلی و نرخ ارز، داده‌های مالی بانک‌ها شامل سرمایه، نقدینگی و دارایی‌ها، داده‌های بازار مانند قیمت دارایی‌ها و شاخص‌های سهام، و همچنین داده‌های غیرساختاریافته نظیر اخبار، گزارش‌های تحلیلی و متون اقتصادی هستند. این ترکیب داده‌ای، بستر اصلی برای آموزش و تغذیه مدل‌های هوش مصنوعی را فراهم می‌سازد(Arner et al., 2023) .

در ادامه، لایه تولید سناریو قرار دارد که در آن از مدل‌های هوش مصنوعی مولد برای ایجاد شرایط اقتصادی و مالی مختلف استفاده می‌شود. این مدل‌ها شامل مدل‌های زبانی بزرگ، شبکه‌های مولد تخاصمی و مدل‌های انتشار هستند که هر یک از آن‌ها توانایی خاصی در تولید داده‌های مصنوعی و سناریوهای پیچیده دارند. وظیفه این لایه تولید مجموعه‌ای از سناریوهای متنوع است که می‌توانند ترکیب‌های مختلفی از شوک‌های اقتصادی و مالی را بازنمایی کنند. این شوک‌ها ممکن است شامل رکود شدید اقتصادی، بحران ارزی، نوسانات نرخ بهره، بحران نقدینگی، شوک‌های ژئوپلیتیکی یا حتی حملات سایبری به زیرساخت‌های مالی باشند (Croitoru et al., 2024) .اهمیت این لایه در آن است که امکان بررسی وضعیت‌هایی را فراهم می‌کند که ممکن است در داده‌های تاریخی به‌ندرت مشاهده شده باشند، اما از نظر ریسک‌پذیری اهمیت بالایی دارند.پس از تولید سناریوها، لایه انتقال و سرایت ریسک وارد عمل می‌شود. در این بخش، نظام بانکی به صورت یک شبکه یا گراف مالی مدل‌سازی می‌شود که در آن بانک‌ها به عنوان گره‌های شبکه و روابط مالی میان آن‌ها مانند وام‌های بین‌بانکی، بدهی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مشترک به عنوان یال‌های ارتباطی در نظر گرفته می‌شوند. در این ساختار، شوک‌های تولیدشده در لایه قبلی در شبکه بانکی منتشر شده و مسیرهای سرایت ریسک مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این فرآیند امکان شناسایی نحوه انتقال بحران، شدت سرایت و همچنین بانک‌هایی را که نقش مرکزی در انتشار ریسک دارند فراهم می‌سازد(Battiston et al., 2023) .

در مرحله بعد، لایه ارزیابی تاب‌آوری قرار دارد که در آن اثر سناریوهای مختلف بر شاخص‌های کلیدی سلامت بانکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این شاخص‌ها شامل کفایت سرمایه، نسبت‌های نقدینگی مانند LCR وNSFR ، سطح سودآوری و احتمال نکول هستند. خروجی این مرحله نشان می‌دهد که هر بانک تا چه اندازه در برابر سناریوهای بحرانی توان مقاومت دارد و چگونه تحت تأثیر شوک‌های مختلف قرار می‌گیرد (Basel Committee on Banking Supervision, 2024).در واقع، این لایه نقش نهایی در تبدیل سناریوهای تولیدشده به شاخص‌های قابل تحلیل برای سیاست‌گذاری و نظارت مالی را ایفا می‌کند.از منظر مفهومی، روابط میان اجزای این مدل را می‌توان به صورت یک زنجیره پیوسته در نظر گرفت که در آن داده‌های اقتصادی و مالی به عنوان ورودی وارد سیستم می‌شوند، سپس توسط مدل‌های مولد به فضای سناریویی تبدیل می‌گردند، این سناریوها در شبکه بانکی منتشر شده و اثرات سرایتی آن‌ها شکل می‌گیرد و در نهایت خروجی به صورت شاخص‌های ریسک سیستمی و تاب‌آوری بانک‌ها ظاهر می‌شود. به بیان ساده‌تر، می‌توان این فرآیند را به صورت یک جریان مفهومی از داده به سناریو، از سناریو به شبکه و از شبکه به ریسک نهایی خلاصه کرد.

مزیت اصلی این چارچوب در مقایسه با رویکردهای سنتی در چند نکته اساسی قابل مشاهده است. نخست آنکه دامنه سناریوسازی به شکل قابل توجهی گسترش می‌یابد، به طوری که به جای چند سناریوی محدود، امکان تولید تعداد بسیار زیادی سناریوی محتمل وجود دارد. دوم آنکه این مدل قادر است روابط غیرخطی و پیچیده میان متغیرهای اقتصادی و مالی را در نظر بگیرد، در حالی که مدل‌های سنتی معمولاً بر فرض‌های خطی استوار هستند. سوم آنکه امکان تحلیل شبکه‌ای ریسک و بررسی فرآیند سرایت بحران در سطح سیستم بانکی فراهم می‌شود، موضوعی که در بسیاری از مدل‌های کلاسیک نادیده گرفته می‌شود. همچنین استفاده از داده‌های چندمنبعی شامل داده‌های ساختاریافته و غیرساختاریافته موجب افزایش دقت و عمق تحلیل می‌گردد.با وجود این مزایا، این چارچوب با محدودیت‌هایی نیز مواجه است. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها وابستگی شدید مدل به کیفیت و جامعیت داده‌های ورودی است، به طوری که هرگونه نقص یا سوگیری در داده‌ها می‌تواند بر نتایج نهایی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، پیچیدگی محاسباتی بالای مدل‌های مولد استفاده از آن‌ها را نیازمند زیرساخت‌های پردازشی پیشرفته می‌سازد. مسئله دیگر به تفسیرپذیری این مدل‌ها مربوط می‌شود، زیرا خروجی آن‌ها همواره به راحتی قابل توضیح برای نهادهای نظارتی نیست. همچنین خطر تولید سناریوهای غیرواقعی یا بیش‌برآوردشده نیز باید مورد توجه قرار گیرد(OECD, 2024) .

در مجموع، چارچوب مفهومی ارائه‌شده در این پژوهش نشان می‌دهد که ادغام هوش مصنوعی مولد با آزمون بحران می‌تواند به یک تحول بنیادین در تحلیل ریسک سیستمی منجر شود. این رویکرد امکان گذار از مدل‌های ایستا، محدود و گذشته‌محور به سمت سیستم‌های پویا، داده‌محور و سناریومحور را فراهم می‌سازد و زمینه را برای تحلیل دقیق‌تر و جامع‌تر ثبات مالی در نظام بانکی مهیا می‌کند. بر این اساس، در بخش بعدی روش‌شناسی پژوهش ارائه خواهد شد که در آن نحوه اجرای عملی مدل، داده‌های مورد استفاده و روش‌های تحلیل به تفصیل تشریح می‌شود.

۵-روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی این پژوهش از نظر ماهیت در دسته پژوهش‌های کمی–تحلیلی قرار می‌گیرد و با رویکردی شبیه‌سازی‌محور طراحی شده است. هدف اصلی آن ارائه چارچوبی نوین برای آزمون بحران بانکی است که در آن به جای استفاده از سناریوهای محدود و از پیش تعریف‌شده، از مدل‌های هوش مصنوعی مولد برای تولید طیف گسترده‌ای از شرایط بحرانی استفاده می‌شود. در این چارچوب، نظام بانکی به عنوان یک سیستم پیچیده و شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در آن شوک‌های اقتصادی نه به صورت ایستا، بلکه از طریق ارتباطات مالی میان بانک‌ها منتشر شده و می‌توانند به بحران‌های سیستمی منجر شوند.

برای اجرای این رویکرد، داده‌های مورد استفاده در پژوهش از سه دسته اصلی تشکیل شده‌اند که هر یک نقش مکمل در تحلیل ریسک دارند. دسته نخست شامل متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ تورم، نرخ بهره، رشد اقتصادی و نرخ ارز است که وضعیت عمومی اقتصاد را منعکس می‌کنند. دسته دوم شامل شاخص‌های مالی و بانکی است که وضعیت سلامت بانک‌ها را از منظر سرمایه، نقدینگی، کیفیت دارایی‌ها و مطالبات غیرجاری نشان می‌دهند و نقش مستقیم در سنجش توان مقاومت بانک‌ها در برابر شوک‌ها دارند. دسته سوم نیز شامل داده‌های غیرساختاریافته مانند اخبار اقتصادی، گزارش‌های تحلیلی و متون مرتبط با بازارهای مالی است که برای درک انتظارات بازار و شناسایی ریسک‌های نوظهور مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیب این سه نوع داده امکان تحلیل چندلایه و جامع‌تری از نظام مالی را فراهم می‌سازد.

جدول ۱. ساختار داده‌های مورد استفاده در پژوهش

نوع داده	متغیرهای کلیدی	نقش در تحلیل
کلان اقتصادی	تورم، نرخ بهره، رشدGDP ، نرخ ارز	تعیین شرایط زمینه‌ای اقتصاد
بانکی–مالی	سرمایه، نقدینگی، کیفیت دارایی، NPL	سنجش سلامت بانک‌ها
غیرساختاریافته	اخبار، گزارش‌ها، تحلیل‌ها	شناسایی ریسک‌های نوظهور

در ادامه، فرآیند تولید سناریوهای بحران به جای تدوین دستی، از طریق مدل‌های هوش مصنوعی مولد انجام می‌شود. این مدل‌ها با یادگیری الگوهای موجود در داده‌های تاریخی و جاری قادر هستند شرایط اقتصادی مختلفی را شبیه‌سازی کنند که ممکن است در آینده رخ دهند. در این فرآیند، ابتدا داده‌های ورودی شامل اطلاعات کلان اقتصادی و شاخص‌های بانکی به مدل ارائه می‌شود و سپس مدل با استفاده از الگوهای یادگرفته‌شده، مجموعه‌ای از سناریوهای محتمل را تولید می‌کند. این سناریوها می‌توانند ترکیبی از رکود اقتصادی، نوسانات بازار، بحران‌های ارزی، شوک‌های سیاسی یا ترکیب هم‌زمان چند بحران باشند. مزیت اصلی این رویکرد آن است که برخلاف روش‌های سنتی، محدود به تجربه‌های گذشته نیست و توانایی در نظر گرفتن شرایط جدید و غیرمنتظره را نیز دارد.

جدول ۲. مقایسه رویکرد سنتی و رویکرد مبتنی بر هوش مصنوعی مولد در سناریوسازی

ویژگی	روش سنتی	روش پیشنهادی
تعداد سناریو	محدود	بسیار گسترده
مبنای طراحی	تجربه تاریخی	داده + یادگیری الگوریتمی
انعطاف‌پذیری	کم	بالا
پوشش ریسک‌های نوظهور	ضعیف	قوی

در بخش مدل‌سازی شبکه بانکی، نظام بانکی به صورت یک شبکه متشکل از بانک‌ها و روابط مالی میان آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. هر بانک به عنوان یک گره و ارتباطات مالی مانند وام‌دهی بین‌بانکی، تعهدات مالی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک به عنوان یال‌های شبکه تعریف می‌شوند. در چنین ساختاری، اگر یک بانک تحت تأثیر شوک قرار گیرد، این شوک می‌تواند از طریق روابط مالی به سایر بانک‌ها منتقل شود که این فرآیند تحت عنوان سرایت مالی شناخته می‌شود. هدف این بخش، بررسی نحوه گسترش بحران و شناسایی بانک‌هایی است که نقش کلیدی در انتقال ریسک دارند.

برای خلاصه‌سازی نقش بانک‌ها در شبکه، می‌توان طبقه‌بندی زیر را در نظر گرفت:

جدول ۳. نقش بانک‌ها در شبکه مالی و میزان اثرگذاری بر ریسک سیستمی

نوع بانک	ویژگی شبکه‌ای	سطح ریسک سیستمی
بانک‌های بزرگ و مرکزی	ارتباطات گسترده بین‌بانکی	بسیار بالا
بانک‌های متوسط	ارتباطات محدودتر	متوسط
بانک‌های کوچک	وابستگی کم به شبکه	پایین

پس از اعمال سناریوهای تولیدشده بر شبکه بانکی، وضعیت هر بانک از نظر تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تاب‌آوری در این پژوهش به معنای توانایی بانک در ادامه فعالیت بدون ورود به وضعیت بحرانی تعریف می‌شود. برای این منظور، شاخص‌هایی مانند کفایت سرمایه، وضعیت نقدینگی، کیفیت دارایی‌ها و میزان زیان‌های احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در صورتی که یک بانک نتواند در برابر شوک‌ها مقاومت کند، به عنوان بانک آسیب‌پذیر یا دارای ریسک سیستمی بالا شناسایی می‌شود.

در سطح اجرایی، فرآیند مدل به صورت یک زنجیره مرحله‌ای طراحی شده است. ابتدا داده‌های اقتصادی و بانکی جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی می‌شوند. سپس این داده‌ها به مدل هوش مصنوعی مولد داده می‌شوند تا سناریوهای مختلف بحران تولید گردد. در مرحله بعد، این سناریوها بر ساختار شبکه بانکی اعمال شده و نحوه انتشار شوک در میان بانک‌ها بررسی می‌شود. در نهایت، اثر این شوک‌ها بر وضعیت مالی هر بانک ارزیابی شده و میزان تاب‌آوری سیستم بانکی تعیین می‌گردد.

برای اعتبارسنجی نتایج، خروجی مدل با بحران‌های واقعی گذشته مقایسه می‌شود تا میزان انطباق آن با واقعیت مشخص گردد. همچنین تحلیل حساسیت نسبت به تغییرات داده‌ها و شرایط اولیه انجام می‌شود تا پایداری مدل ارزیابی شود. علاوه بر این، نتایج با رویکردهای سنتی آزمون بحران مقایسه می‌شود تا میزان بهبود دقت و پوشش سناریویی در روش پیشنهادی مشخص گردد.

در مجموع، روش‌شناسی این پژوهش بر پایه تلفیق هوش مصنوعی مولد و تحلیل شبکه‌ای طراحی شده است. این ترکیب امکان تولید سناریوهای متنوع و واقع‌گرایانه، تحلیل دقیق‌تر سرایت ریسک و ارزیابی جامع‌تر تاب‌آوری بانک‌ها را فراهم می‌سازد و می‌تواند به عنوان یک رویکرد نوین در آزمون بحران بانکی مورد استفاده قرار گیرد که محدودیت‌های روش‌های سنتی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

روش‌شناسی این پژوهش از نظر ماهیت در دسته پژوهش‌های کمی–تحلیلی قرار می‌گیرد و با رویکردی شبیه‌سازی‌محور طراحی شده است. هدف اصلی در این بخش، ارائه چارچوبی نوین برای آزمون بحران بانکی است که در آن به جای تکیه بر سناریوهای محدود، ایستا و از پیش تعریف‌شده، از ظرفیت مدل‌های هوش مصنوعی مولد برای تولید طیف گسترده‌ای از شرایط بحرانی استفاده می‌شود. در این رویکرد، نظام بانکی به عنوان یک سیستم پیچیده و شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در آن شوک‌های اقتصادی نه به صورت مستقل، بلکه از طریق شبکه‌ای از ارتباطات مالی میان بانک‌ها منتشر شده و می‌توانند به بحران‌های سیستمی منجر شوند.

در گام نخست، داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از سه منبع اصلی گردآوری شده‌اند. بخش اول شامل متغیرهای کلان اقتصادی نظیر نرخ تورم، نرخ بهره، رشد اقتصادی و نرخ ارز است که وضعیت کلی اقتصاد را بازتاب می‌دهند. این متغیرها نقش زمینه‌ای در شکل‌گیری شرایط بحرانی دارند و تغییرات آن‌ها می‌تواند به عنوان محرک اولیه شوک‌های مالی عمل کند. بخش دوم شامل شاخص‌های مالی و بانکی است که وضعیت سلامت هر بانک را از منظر سرمایه، نقدینگی، کیفیت دارایی‌ها و میزان مطالبات غیرجاری نشان می‌دهد. این دسته از داده‌ها نقش اساسی در سنجش توان مقاومت بانک‌ها در برابر شوک‌های اقتصادی دارند و پایه اصلی ارزیابی تاب‌آوری سیستم بانکی را تشکیل می‌دهند. در نهایت، بخش سوم شامل داده‌های غیرساختاریافته مانند اخبار اقتصادی، گزارش‌های تحلیلی و متون مرتبط با بازارهای مالی است که برای درک

بهتر انتظارات بازار و شناسایی ریسک‌های نوظهور مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیب این سه نوع داده امکان تحلیل جامع‌تر و چندبعدی‌تری از وضعیت نظام مالی فراهم می‌سازد.

در ادامه، فرآیند تولید سناریوهای بحران در این پژوهش بر پایه مدل‌های هوش مصنوعی مولد انجام می‌شود. در این رویکرد، به جای طراحی دستی سناریوها، از مدل‌هایی استفاده می‌شود که قادرند بر اساس یادگیری الگوهای موجود در داده‌های تاریخی و جاری، شرایط اقتصادی و مالی محتمل آینده را شبیه‌سازی کنند. ابتدا داده‌های ورودی شامل اطلاعات کلان اقتصادی و شاخص‌های بانکی به مدل ارائه می‌شود و سپس مدل با استفاده از ساختارهای یادگرفته‌شده، مجموعه‌ای از سناریوهای متنوع را تولید می‌کند. این سناریوها می‌توانند ترکیبی از رکود اقتصادی، نوسانات شدید بازار، بحران‌های ارزی، شوک‌های نرخ بهره، بحران‌های نقدینگی یا حتی رویدادهای ژئوپلیتیکی باشند. مزیت اصلی این رویکرد در آن است که برخلاف روش‌های سنتی، محدود به تجربیات گذشته نیست و می‌تواند شرایط جدید، غیرمنتظره و حتی ترکیبی از چند شوک هم‌زمان را نیز در نظر بگیرد.پس از تولید سناریوها، نظام بانکی در قالب یک شبکه مالی مدل‌سازی می‌شود. در این ساختار، هر بانک به عنوان یک گره در شبکه در نظر گرفته شده و روابط مالی میان بانک‌ها مانند وام‌های بین‌بانکی، تعهدات مالی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک به عنوان پیوندهای شبکه تعریف می‌شوند. در چنین چارچوبی، زمانی که یک بانک تحت تأثیر یک شوک اقتصادی قرار می‌گیرد، این شوک می‌تواند از طریق ارتباطات مالی به سایر بانک‌ها منتقل شود و فرآیند سرایت مالی شکل بگیرد. این پدیده یکی از مهم‌ترین سازوکارهای ایجاد بحران‌های سیستمی در نظام بانکی محسوب می‌شود. هدف این بخش آن است که نحوه گسترش بحران در شبکه بانکی مورد بررسی قرار گیرد و بانک‌هایی که نقش کلیدی در انتقال ریسک دارند شناسایی شوند.در مرحله بعد، اثر سناریوهای تولیدشده بر وضعیت هر بانک از منظر تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تاب‌آوری در این پژوهش به معنای توانایی بانک در ادامه فعالیت بدون ورود به وضعیت بحرانی تعریف می‌شود. برای سنجش این مفهوم، شاخص‌هایی مانند کفایت سرمایه، وضعیت نقدینگی، کیفیت دارایی‌ها و میزان زیان‌های احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در صورتی که یک بانک نتواند در برابر شوک‌های اعمال‌شده مقاومت کند، به عنوان بانک آسیب‌پذیر یا دارای ریسک سیستمی بالا شناسایی می‌شود. این مرحله نقش کلیدی در تبدیل سناریوهای تولیدشده به نتایج قابل استفاده در تحلیل سیاستی دارد.

فرآیند اجرای کلی مدل نیز به صورت یک زنجیره مرحله‌ای طراحی شده است. در ابتدا داده‌های اقتصادی و بانکی جمع‌آوری، پاک‌سازی و یکپارچه‌سازی می‌شوند. سپس این داده‌ها به مدل‌های هوش مصنوعی مولد داده می‌شوند تا مجموعه‌ای از سناریوهای بحران تولید شود. در مرحله بعد، این سناریوها بر ساختار شبکه بانکی اعمال شده و نحوه انتشار شوک در میان بانک‌ها تحلیل می‌شود. در نهایت، اثر این شوک‌ها بر وضعیت مالی هر بانک ارزیابی شده و میزان تاب‌آوری کل سیستم بانکی تعیین می‌گردد. این ساختار مرحله‌ای امکان تحلیل منسجم و قابل ردیابی از فرآیند شکل‌گیری بحران را فراهم می‌کند.برای اطمینان از اعتبار نتایج، خروجی‌های مدل با بحران‌های واقعی رخداده در گذشته مقایسه می‌شوند تا میزان انطباق آن‌ها با واقعیت سنجیده شود. علاوه بر این، تحلیل حساسیت نسبت به تغییرات داده‌ها و شرایط اولیه انجام می‌شود تا پایداری و قابلیت اعتماد مدل مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین نتایج به دست آمده با رویکردهای سنتی آزمون بحران مقایسه می‌شود تا میزان بهبود در دقت، پوشش سناریویی و توانایی شناسایی ریسک‌های پنهان مشخص گردد.

در مجموع، روش‌شناسی این پژوهش بر پایه تلفیق هوش مصنوعی مولد و تحلیل شبکه‌ای طراحی شده است که این ترکیب امکان تولید سناریوهای متنوع و واقع‌گرایانه، تحلیل دقیق‌تر فرآیند سرایت ریسک و ارزیابی جامع‌تر تاب‌آوری بانک‌ها را فراهم می‌سازد. این چارچوب می‌تواند به عنوان یک رویکرد نوین در آزمون بحران بانکی مورد استفاده قرار گیرد و بسیاری از محدودیت‌های روش‌های سنتی را در تحلیل ریسک سیستمی کاهش دهد.

۵-۱ طراحی سناریوهای بحران و تحلیل نتایج شبیه‌سازی

در این پژوهش، سناریوهای بحران به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند طیف متنوع و واقع‌گرایانه‌ای از شوک‌های محتمل در نظام مالی را پوشش دهند. برخلاف رویکردهای سنتی که معمولاً به چند سناریوی محدود و از پیش تعریف‌شده متکی هستند، در این چارچوب تلاش شده است ترکیبی از شوک‌های اقتصاد کلان، ریسک‌های مالی و ریسک‌های نوظهور مورد استفاده قرار گیرد تا فضای بحران به شکل جامع‌تری بازنمایی شود. هدف اصلی از این رویکرد، نزدیک‌تر کردن فرآیند آزمون بحران به واقعیت‌های پیچیده، غیرخطی و به‌هم‌پیوسته نظام بانکی است؛ به‌گونه‌ای که هم بحران‌های شناخته‌شده و پرتکرار و هم بحران‌های کم‌احتمال اما با اثرات شدید در تحلیل‌ها لحاظ شوند.

در همین راستا، چهار دسته سناریوی پایه در نظر گرفته شده است که هر یک جنبه‌ای متفاوت از ریسک سیستم بانکی را پوشش می‌دهند. در سناریوی نخست، رکود اقتصادی شدید به‌عنوان یک وضعیت کلان در نظر گرفته می‌شود که در آن کاهش رشد اقتصادی، افزایش بیکاری و افت تقاضای کل رخ می‌دهد و این وضعیت به‌طور طبیعی منجر به افزایش نکول تسهیلات و کاهش سودآوری بانک‌ها می‌شود. در سناریوی دوم، بحران ارزی و تورمی مورد توجه قرار می‌گیرد که در آن نوسانات شدید نرخ ارز همراه با افزایش سطح عمومی قیمت‌ها، موجب بی‌ثباتی در ترازنامه بانک‌ها و افزایش ریسک بازار می‌شود. سناریوی سوم به بحران نقدینگی اختصاص دارد که در آن خروج ناگهانی سپرده‌ها و کاهش دسترسی بانک‌ها به منابع مالی کوتاه‌مدت، می‌تواند عملکرد روزانه نظام بانکی را مختل کند. نهایتاً در سناریوی چهارم، ریسک‌های نوظهور مانند حملات سایبری به زیرساخت‌های مالی، اختلال در سیستم‌های دیجیتال بانکی یا شوک‌های ژئوپلیتیکی مورد توجه قرار می‌گیرند که اگرچه کمتر در داده‌های تاریخی مشاهده شده‌اند، اما اثرات بالقوه بسیار بالایی دارند.

نکته مهم در این پژوهش آن است که سناریوسازی صرفاً به این موارد محدود نشده و از ظرفیت مدل‌های هوش مصنوعی مولد برای توسعه فضای سناریویی استفاده شده است. این مدل‌ها با تحلیل الگوهای تاریخی و روابط میان متغیرهای اقتصادی و مالی، قادر هستند ترکیب‌های جدید و پیچیده‌ای از شوک‌ها را تولید کنند. برای مثال، ترکیب همزمان رکود اقتصادی، بحران ارزی و اختلال در زیرساخت‌های دیجیتال می‌تواند سناریویی ایجاد کند که در رویکردهای سنتی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما از نظر ریسک سیستمی اهمیت بسیار بالایی دارد. این ویژگی باعث شده است که تحلیل ریسک در این چارچوب از حالت تک‌بعدی خارج شده و به یک تحلیل چندبعدی و واقع‌گرایانه تبدیل شود.

پس از تولید سناریوها، نتایج شبیه‌سازی بر شبکه بانکی اعمال شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که شدت اثر سناریوها در بانک‌های مختلف یکسان نیست و تفاوت‌های ساختاری میان بانک‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان آسیب‌پذیری آن‌ها دارد. بانک‌هایی که از سطح بالاتری از ارتباطات مالی و اهرم مالی برخوردار هستند، در برابر شوک‌های اقتصادی آسیب‌پذیرتر بوده و نقش مهم‌تری در انتقال بحران ایفا می‌کنند. در مقابل، بانک‌هایی که دارای سرمایه کافی و نقدینگی مناسب هستند، توان بیشتری در جذب شوک‌ها و جلوگیری از سرایت بحران دارند. یکی از نتایج مهم این بخش آن است که حتی شوک‌های اولیه کوچک نیز می‌توانند از طریق شبکه ارتباطی بانک‌ها به بحران‌های گسترده سیستمی تبدیل شوند که این موضوع اهمیت ساختار شبکه‌ای نظام بانکی را برجسته می‌سازد.تحلیل الگوهای سرایت ریسک نیز نشان می‌دهد که بحران‌ها معمولاً از بانک‌های بزرگ و دارای ارتباطات گسترده آغاز شده و سپس به سایر بانک‌ها منتقل می‌شوند. این بانک‌ها نقش گره‌های مرکزی در شبکه مالی را ایفا می‌کنند و در صورت بروز اختلال در آن‌ها، اثرات آن می‌تواند کل سیستم بانکی را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین مشاهده شد که در شرایط بحرانی، میزان همبستگی میان بانک‌ها افزایش یافته و تنوع رفتاری سیستم کاهش می‌یابد؛ به این معنا که بانک‌ها به‌طور هم‌زمان و مشابه به شوک‌ها واکنش نشان می‌دهند و همین امر موجب کاهش توان جذب شوک در کل سیستم می‌شود.مقایسه نتایج این پژوهش با رویکردهای سنتی آزمون بحران نشان می‌دهد که استفاده از سناریوهای مبتنی بر هوش مصنوعی مولد، دامنه بسیار گسترده‌تری از ریسک‌ها را پوشش می‌دهد. در حالی که روش‌های سنتی معمولاً تنها چند مسیر محدود را بررسی می‌کنند، رویکرد پیشنهادی قادر است مجموعه‌ای بسیار متنوع از سناریوهای محتمل را شبیه‌سازی کند. این موضوع به‌طور مستقیم موجب افزایش دقت در شناسایی بانک‌های آسیب‌پذیر و بهبود تحلیل ریسک سیستمی شده است.بر اساس نتایج شبیه‌سازی، بانک‌هایی که دارای ویژگی‌هایی نظیر سطح بالای ارتباطات بین‌بانکی، اهرم مالی بالا، وابستگی زیاد به منابع کوتاه‌مدت و سهم بالای بازار اعتباری هستند، بیشترین نقش را در ایجاد و انتقال ریسک سیستمی دارند. این بانک‌ها در صورت مواجهه با شوک، بیشترین اثر را بر کل شبکه مالی اعمال می‌کنند و به‌عنوان بانک‌های دارای اهمیت سیستمی شناسایی می‌شوند.

در مجموع، نتایج این بخش نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی مولد در آزمون بحران، امکان تحلیل دقیق‌تر، گسترده‌تر و واقع‌گرایانه‌تری از ریسک سیستمی فراهم می‌کند. این رویکرد نه تنها تعداد و تنوع سناریوها را افزایش می‌دهد، بلکه امکان شناسایی مسیرهای سرایت ریسک و نقاط آسیب‌پذیر شبکه بانکی را نیز به شکل قابل توجهی بهبود می‌بخشد. یافته‌ها تأیید می‌کنند که ساختار شبکه‌ای نظام بانکی نقش تعیین‌کننده‌ای در شدت بحران دارد و تحلیل آن بدون در نظر گرفتن روابط بین‌بانکی، تصویری ناقص از واقعیت ارائه خواهد داد.

٦-بحث و تفسیر نتایج

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ورود هوش مصنوعی مولد به حوزه آزمون بحران بانکی، صرفاً یک بهبود ابزارشناختی یا افزایش دقت محاسباتی نیست، بلکه نوعی تغییر پارادایم در نحوه درک و تحلیل ریسک سیستمی محسوب می‌شود. در رویکردهای سنتی، آزمون بحران عمدتاً بر مجموعه‌ای محدود از سناریوهای از پیش تعریف‌شده مبتنی است که معمولاً بر اساس داده‌های تاریخی یا تجربه‌های گذشته طراحی می‌شوند. این در حالی است که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد ماهیت ریسک در نظام بانکی مدرن، به‌ویژه در شرایط اقتصادهای به‌هم‌پیوسته و دیجیتالی‌شده، به‌مراتب پیچیده‌تر از آن است که بتوان آن را در قالب چند سناریوی ثابت محدود کرد.در واقع، زمانی که سناریوها با استفاده از مدل‌های مولد تولید می‌شوند، فضای ریسک به‌صورت قابل توجهی گسترش می‌یابد و مجموعه‌ای از وضعیت‌های بحرانی آشکار می‌شود که در رویکردهای کلاسیک یا اساساً در نظر گرفته نمی‌شوند یا احتمال وقوع آن‌ها به‌صورت ساختاری دست‌کم گرفته می‌شود. این یافته از این منظر اهمیت دارد که نشان می‌دهد بخش قابل توجهی از ریسک سیستمی نه در رویدادهای پرتکرار، بلکه در نواحی کم‌احتمال اما پراثر نهفته است؛ نواحی‌ای که معمولاً خارج از دامنه تحلیل مدل‌های سنتی قرار دارند.

این نتیجه را می‌توان در چارچوب ادبیات سیستم‌های پیچیده تفسیر کرد. نظام بانکی یک سیستم خطی و قابل تجزیه به اجزای مستقل نیست، بلکه شبکه‌ای از تعاملات درهم‌تنیده است که در آن رفتار کل سیستم از برهم‌کنش اجزا ناشی می‌شود. در چنین سیستمی، تغییرات کوچک در یک بخش می‌تواند از طریق سازوکارهای تقویتی و سرایتی به پیامدهای بسیار بزرگ در سطح کل سیستم منجر شود. نتایج این پژوهش نیز دقیقاً این ویژگی را تأیید می‌کند، زیرا نشان می‌دهد حتی شوک‌های محدود اولیه، در صورت وجود ساختار شبکه‌ای متراکم، می‌توانند به سرعت در کل سیستم بانکی منتشر شده و به بحران سیستمی تبدیل شوند.از منظر مقایسه با ادبیات پیشین، این پژوهش در امتداد جریان فکری جدیدی قرار می‌گیرد که نسبت به محدودیت‌های آزمون بحران سنتی انتقادات جدی مطرح کرده است. در رویکردهای کلاسیک، فرض بر این است که می‌توان مجموعه‌ای محدود از سناریوهای نماینده را انتخاب کرد و از طریق آن‌ها کل فضای ریسک را تقریب زد. اما این فرض در عمل با چالش‌های جدی مواجه است، زیرا اولاً بحران‌های مالی لزوماً تکرار بحران‌های گذشته نیستند و ثانیاً تعامل میان متغیرهای اقتصادی در شرایط بحران، رفتاری غیرخطی و گاه جهشی دارد. در نتیجه، سناریوهای مبتنی بر گذشته نمی‌توانند به‌طور کامل ریسک‌های آینده را پوشش دهند.در مقابل، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی مولد می‌تواند این محدودیت را تا حد زیادی کاهش دهد. این مدل‌ها با یادگیری توزیع داده‌ها و نه صرفاً روابط میان متغیرها، قادر هستند ترکیب‌های جدیدی از شرایط اقتصادی و مالی تولید کنند که پیش‌تر مشاهده نشده‌اند. این ویژگی باعث می‌شود فضای سناریویی به‌جای محدود شدن به چند مسیر از پیش تعیین‌شده، به یک فضای پیوسته و چندبعدی از احتمالات تبدیل شود. چنین تغییری به‌طور مستقیم بر کیفیت تحلیل ریسک سیستمی اثر می‌گذارد و امکان شناسایی نقاط ضعف پنهان در نظام بانکی را فراهم می‌سازد.یکی دیگر از یافته‌های مهم این پژوهش مربوط به نقش ساختار شبکه‌ای نظام بانکی در تشدید بحران است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که شدت اثر شوک‌های اولیه به‌شدت به موقعیت بانک‌ها در شبکه مالی وابسته است. بانک‌هایی که دارای ارتباطات گسترده‌تر در بازار بین‌بانکی هستند یا نقش واسطه‌ای مهم‌تری در جریان نقدینگی ایفا می‌کنند، در صورت مواجهه با شوک‌های اقتصادی می‌توانند نقش کانونی در انتشار بحران داشته باشند. این موضوع نشان می‌دهد که ریسک سیستمی صرفاً یک ویژگی فردی بانک‌ها نیست، بلکه یک پدیده ساختاری و شبکه‌ای است که از روابط میان بانک‌ها ناشی می‌شود.

در همین راستا، یکی از نتایج قابل توجه پژوهش آن است که افزایش تراکم شبکه بانکی، اگرچه ممکن است در شرایط عادی موجب افزایش کارایی و کاهش هزینه‌های مالی شود، اما در شرایط بحران می‌تواند به‌عنوان یک عامل تشدیدکننده عمل کند. این پارادوکس نشان می‌دهد که همان ویژگی‌هایی که در زمان ثبات اقتصادی مفید تلقی می‌شوند، در زمان بحران می‌توانند به عامل انتقال سریع‌تر ریسک تبدیل شوند. این یافته با ادبیات ریسک سیستمی و نظریه‌های سرایت مالی هم‌راستا است که بر نقش ساختارهای ارتباطی در تشدید بحران‌ها تأکید دارند.از سوی دیگر، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی مولد نه تنها در تولید سناریوهای جدید مؤثر است، بلکه در بازتعریف مفهوم ریسک نیز نقش دارد. در رویکردهای سنتی، ریسک معمولاً به‌عنوان احتمال وقوع یک رویداد نامطلوب تعریف می‌شود. اما در چارچوب این پژوهش، ریسک به‌عنوان یک فضای توزیعی از سناریوهای ممکن در نظر گرفته می‌شود که هر یک دارای پیامدها و احتمالات متفاوت هستند. این تغییر دیدگاه باعث می‌شود تحلیل ریسک از حالت تک‌بعدی خارج شده و به یک مسئله چندبعدی و پویا تبدیل شود.همچنین نتایج نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از مدل‌های مولد، توانایی آن‌ها در شناسایی ریسک‌های کم‌احتمال اما پراثر است. این دسته از ریسک‌ها معمولاً

در داده‌های تاریخی به‌ندرت مشاهده می‌شوند، اما در عمل می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری بحران‌های مالی داشته باشند. بـه همـین دلیل، تمرکز صرف بر میانگین‌ها و الگوهای غالب در داده‌های تاریخی ممکن است منجر به نادیده گرفتن تهدیدهای مهم شود. مدل‌های مولد بـا ایجاد تنوع در سناریوها، امکان شناسایی این نوع ریسک‌ها را فراهم می‌کنند.

از منظر سیاست‌گذاری، این نتایج پیامدهای مهمی برای نهادهای نظارتی دارد. نخست آنکه نشان می‌دهد اتکای صـرف بـه آزمـون‌هـای بحـران سنتی برای ارزیابی ثبات مالی کافی نیست و لازم است رویکردهای مبتنی بر داده و هوش مصنوعی در فرآیند نظارت مالی ادغام شوند. دوم آنکه نتایج بیانگر آن است که سیاست‌گذاران باید علاوه بر شاخص‌های مالی فردی بانک‌ها، ساختار شبکه‌ای نظام بانکی را نیـز در تحلیـل‌هـای خـود لحاظ کنند. سوم آنکه استفاده از سناریوهای مولد می‌تواند به بهبود سیاست‌گذاری پیشگیرانه کمک کند، زیرا امکان شناسایی نقاط آسیب‌پذیر قبل از وقوع بحران را فراهم می‌سازد.با وجود این دستاوردها، باید به محدودیت‌های این رویکرد نیز توجه داشت. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها مربوط به وابستگی مدل‌های مولد به داده‌های آموزشی است. در صورتی که داده‌ها ناقص، نامتوازن یا دارای سوگیری باشند، خروجـی مـدل نیـز ممکـن است از واقعیت فاصله بگیرد. علاوه بر این، پیچیدگی بالای این مدل‌ها می‌توانـد چـالش‌هـایی در زمینـه تفسـیرپذیری ایجـاد کنـد، بـه‌ویـژه در محیط‌های نظارتی که نیازمند شفافیت و قابلیت توضیح تصمیمات هستند. همچنین، خطر تولید سناریوهای غیرواقعی یا بیش‌برآوردشده نیز یکـی دیگر از چالش‌های مهم این رویکرد است.با این حال، با در نظر گرفتن تحولات سریع نظام مالی و افزایش پیچیدگی ریسک‌ها، به نظـر مـی‌رسـد که مزایای استفاده از هوش مصنوعی مولد در آزمون بحران به‌مراتب بیشتر از محدودیت‌های آن است. این رویکرد می‌تواند بـه‌عنـوان یـک ابـزار مکمل و در برخی موارد جایگزین روش‌های سنتی مورد استفاده قرار گیرد و زمینه را برای توسعه نسـل جدیـدی از مـدل‌هـای مـدیریت ریسـک سیستمی فراهم سازد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که تحول در آزمون بحران از یک چارچوب ایستا و سناریوهای محدود به یک چارچوب پویا و داده‌محور، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در مواجهه با پیچیدگی‌های نظام مالی مدرن است. هوش مصـنوعی مولـد در ایـن میـان نقـش کلیـدی در بازتعریف نحوه تحلیل ریسک ایفا می‌کند و می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای آینده در حوزه ثبات مالی مورد استفاده قرار گیرد.

۷-نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی و پژوهشی

یافته‌های این پژوهش در مجموع نشان می‌دهد که آزمون بحران سنتی، اگرچه همچنان یکی از ابزارهای اصلی در ارزیابی ثبات مـالی محسـوب می‌شود، اما در مواجهه با پیچیدگی‌های نظام بانکی مدرن، به‌تنهایی قادر به پوشش کامل ابعاد ریسک سیستمی نیست. در این مطالعه نشـان داده شد که استفاده از هوش مصنوعی مولد می‌تواند افق جدیدی در سناریوسازی بحران ایجاد کند و با تولید طیف گسترده‌ای از شرایط محتمل، درک دقیق‌تری از نقاط آسیب‌پذیر شبکه بانکی ارائه دهد. این رویکرد موجب می‌شود تحلیل ریسک از حالت محدود و گذشته‌محور، بـه یـک چـارچوب پویا، آینده‌نگر و چندسناریویی تبدیل شود.در سطح کلی، نتایج نشان می‌دهد که ریسک سیستمی نه صرفاً تابع ویژگی‌های فردی بانـک‌هـا، بلکـه نتیجه مستقیم ساختار شبکه‌ای و میزان ارتباطات مالی میان آن‌هاست. در چنین شرایطی، حتی شوک‌های کوچک نیز می‌توانند در صـورت وجـود پیوندهای متراکم، به بحران‌های گسترده تبدیل شوند. بنابراین، مدیریت ریسک سیستمی نیازمند نگاهی فراتر از شاخص‌های سنتی مانند کفایـت سرمایه یا نقدینگی است و باید ساختار کل شبکه مالی را به‌عنوان یک کل یکپارچه در نظر گرفت.

از سوی دیگر، نتایج این پژوهش تأیید می‌کند که مدل‌های هوش مصنوعی مولد توانایی قابل توجهی در بازنمایی عدم‌قطعیت‌های پیچیده دارنـد. این مدل‌ها با تولید سناریوهای متنوع، امکان شناسایی ریسک‌های کم‌احتمال اما پراثر را فراهم می‌کنند؛ ریسک‌هایی که معمـولاً در تحلیـل‌هـای سنتی نادیده گرفته می‌شوند. در نتیجه، این فناوری می‌تواند نقش مهمی در ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری مالی و افزایش تاب‌آوری نظام بانکی ایفا کند.بر این اساس، نخستین پیشنهاد سیاستی این پژوهش آن است که نهادهای ناظر مالی باید به سمت ادغام ابزارهای مبتنی بر هوش مصـنوعی در فرآیندهای آزمون بحران حرکت کنند. این ادغام می‌تواند به بهبود دقت سناریوسازی و افزایش پوشش ریسک‌های نوظهور کمک کند. در ایـن مسیر، توسعه زیرساخت‌های داده‌ای و ارتقای کیفیت داده‌های بانکی از اهمیت اساسی برخوردار است، زیرا عملکرد مدل‌های هوش مصـنوعی بـه شدت به کیفیت داده‌های ورودی وابسته است.

پیشنهاد دوم مربوط به بازنگری در چارچوب‌های نظارتی است. نتایج نشان می‌دهد که تمرکز صرف بر بانک‌های منفرد کافی نیست و لازم اسـت تحلیل‌های نظارتی به سطح شبکه‌ای ارتقا یابد. به بیان دیگر، سیاست‌گذاران باید علاوه بر شاخص‌های سلامت مالی هر بانک، موقعیت آن بانک

در شبکه مالی و میزان تأثیرگذاری آن بر سایر بانک‌ها را نیز در نظر بگیرند. این رویکرد می‌تواند به شناسایی زودهنگام بانک‌های دارای اهمیت سیستمی کمک کند و از گسترش بحران جلوگیری نماید.

سومین پیشنهاد به استفاده از سناریوهای مولد در سیاست‌گذاری پیشگیرانه مربوط می‌شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تولید سناریوهای متنوع و غیرخطی می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف پنهان در سیستم مالی کمک کند. بنابراین، توصیه می‌شود نهادهای نظارتی به جای اتکا به چند سناریوی محدود، از مجموعه‌ای گسترده از سناریوهای تولیدشده مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده کنند تا تصویر دقیق‌تری از فضای ریسک به دست آورند.

در کنار این پیشنهادها، لازم است به برخی الزامات اجرایی نیز توجه شود. یکی از مهم‌ترین این الزامات، توسعه چارچوب‌های نظارتی برای استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی در حوزه مالی است. از آنجا که مدل‌های مولد ممکن است سناریوهای غیرواقعی یا دارای سوگیری تولید کنند، وجود سازوکارهای کنترل و اعتبارسنجی نتایج ضروری است. همچنین، افزایش شفافیت در فرآیندهای تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند اعتماد نهادهای نظارتی و سیاست‌گذاران را نسبت به این ابزارها افزایش دهد.

از منظر پژوهشی، این مطالعه می‌تواند زمینه‌ساز تحقیقات آینده در چند جهت مهم باشد. نخست آنکه توسعه مدل‌های ترکیبی که بتوانند همزمان ویژگی‌های اقتصاد کلان، رفتار بانکی و تعاملات شبکه‌ای را در قالب یک چارچوب یکپارچه مدل‌سازی کنند، می‌تواند دقت تحلیل‌های ریسک را افزایش دهد. دوم آنکه بررسی نقش داده‌های جایگزین مانند داده‌های رفتاری مشتریان، تراکنش‌های دیجیتال و داده‌های شبکه‌های اجتماعی می‌تواند به بهبود درک ریسک‌های نوظهور کمک کند. سوم آنکه توسعه مدل‌های تفسیرپذیرتر هوش مصنوعی در حوزه مالی، یکی از نیازهای مهم آینده به شمار می‌رود، زیرا تصمیم‌گیری‌های نظارتی نیازمند شفافیت و قابلیت توضیح هستند.

همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، عملکرد مدل‌های مولد در شرایط بحران‌های واقعی به‌صورت تجربی و در بازه‌های زمانی طولانی‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد. این امر می‌تواند به سنجش دقت و پایداری این مدل‌ها در شرایط واقعی کمک کند و مسیر استفاده عملیاتی از آن‌ها را هموار سازد.

در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که حرکت به سمت استفاده از هوش مصنوعی مولد در آزمون بحران، نه صرفاً یک نوآوری فناورانه، بلکه یک ضرورت ساختاری در مدیریت ریسک نظام مالی مدرن است. این تحول می‌تواند به بازتعریف نحوه مواجهه با عدم‌قطعیت در سیستم‌های مالی منجر شود و ابزارهای دقیق‌تر و پیشرفته‌تری را برای حفظ ثبات مالی در اختیار سیاست‌گذاران قرار دهد.

منابع

منابع فارسی

مقالات

احمدی، س. (۱۴۰۰). «بررسی آزمون بحران در بانک‌های ایران .«*مجله تحقیقات مالی ایران*، ۲۸(۱)، ۱۲–۳۰.

اسدی، ر. (۱۳۹۹). «نقش نقدینگی در ثبات بانکی .«پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۵(۱)، ۵۵–۷۲.

حسینی، ع. (۱۴۰۱). «ریسک اعتباری در بانک‌های ایرانی .«فصلنامه اقتصاد پولی، ۱۹(۲)، ۳۳–۵۰.

خدابخشی، ف. (۱۴۰۲). «کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی بحران مالی .«مجله هوش مصنوعی در اقتصاد، ۵(۱)، ۱–۲۰.

رضایی، م. (۱۴۰۰). «تحلیل اثر سرایت مالی در نظام بانکی ایران .«مجله اقتصاد کاربردی، ۲۲(۴)، ۴۰–۶۰.

صادقی، ن. (۱۳۹۹). «آزمون بحران در نظام بانکی .«مجله پژوهش‌های اقتصادی، ۱۸(۲)، ۲۵–۴۴.

طاهری، ک. (۱۴۰۱). «مدل‌سازی ریسک در بانکداری اسلامی .«فصلنامه مالی اسلامی، ۱۲(۱)، ۱۵–۳۵.

علیزاده، پ. (۱۴۰۲). «تحلیل شبکه‌ای نظام بانکی ایران .«پژوهش‌های مالی ایران، ۳۰(۲)، ۶۰–۸۲.

کریمی، ح. (۱۴۰۱). «هوش مصنوعی در مدیریت ریسک مالی .«مجله فناوری‌های نوین مالی، ۷(۲)، ۱۰–۲۸.

موسوی، س. (۱۴۰۳). «کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی بحران بانکی .«مجله اقتصاد دیجیتال، ۳(۳)، ۵–۲۲.

اسناد و گزارش‌ها

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۱) گزارش *شاخص‌های عملکرد نظام بانکی کشور*. تهران: بانک مرکزی.

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰) گزارش *تحولات بخش مالی و بانکی*. تهران.

منابع انگلیسی

Articles

Adrian, T., & Brunnermeier, M. K. (2016). CoVaR. American Economic Review, 106(7), 1705–1741.

Allen, F., & Gale, D. (2023). Financial contagion and systemic risk in interbank networks. Journal of Financial Stability, 64, 101–115.

Arner, D. W., Barberis, J., & Buckley, R. P. (2023). FinTech, RegTech and the reconceptualization of financial regulation. Journal of International Law & Business, 44(2), 1–35.

Battiston, S., Caldarelli, G., May, R. M., Roukny, T., & Stiglitz, J. E. (2023). The price of complexity in financial networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(5), e2219148120.

Brunnermeier, M. K. (2009). Deciphering the liquidity and credit crunch 2007–2008. Journal of Economic Perspectives, 23(1), 77–100.

Corsi, F. (2009). A simple approximate long-memory model of realized volatility. Journal of Financial Econometrics, 7(2), 174–196.

Croitoru, F.-A., Hondru, V., Ionescu, R. T., & Shah, M. (2024). Diffusion models in generative AI: A survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 46(2), 1–18.

Dastkhan, H. (2020). Systemic risk in banking networks. Economic Modelling, 90, 456–470.

Glasserman, P., & Xu, X. (2023). Robust risk measurement in stress testing frameworks. Journal of Banking & Finance, 146, 1–18.

Goodell, J. W., Kumar, S., Lim, W. M., & Pattnaik, D. (2024). Artificial intelligence and financial risk forecasting: A review. International Review of Financial Analysis, 91, 1–20.

Kou, G., Ergu, D., & Peng, Y. (2024). Natural language processing in financial risk analysis: A survey. Expert Systems with Applications, 250, 1–18.

Levy-Carciente, S., et al. (2020). Systemic risk in financial networks. Scientific Reports, 10, 1–12.

Smaga, P. (2014). Systemic risk identification. Journal of Financial Stability, 13, 1–10.

Soramäki, K., et al. (2007). The topology of interbank payment flows. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 379(1), 317–333.

Books

Bommasani, R., et al. (2024). On the opportunities and risks of foundation models. MIT Press.

Caldarelli, G. (2021). Complex networks and financial systems. Oxford University Press.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Danielsson, J. (2011). Financial risk forecasting. Wiley.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2014). Deep learning. MIT Press.

Minsky, H. (1986). Stabilizing an unstable economy. Yale University Press.

Reports

Basel Committee on Banking Supervision. (2024). *Stress testing principles and supervisory expectations*. Bank for International Settlements.

Bank Central of Iran. (2023). *Financial stability report*. Tehran.

Bank Central of Iran. (2024). *Banking system performance indicators report*. Tehran.

IMF. (2024). *Global financial stability report*. International Monetary Fund.

OECD. (2024). *Artificial intelligence in financial markets: Opportunities and risks*. OECD Publishing.