

Audit Risk Prediction Using Deep Learning Algorithms: A Novel Approach to Enhancing Auditors' Professional Judgment

Rasha Mahmoud Ali¹, Hamidreza Azizi², Siraj Razoghi Abbas³, Rahman Saedi⁴

¹ Department of Accounting, Faculty of International Affairs, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. accmobasher@gmail.com

² Department of Accounting, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran (**Corresponding author**).
gh_azizi60@iau.ac.ir

³ Department of Accounting, Faculty of Finance and Accounting, Wasit University, Kut, Iraq.
sabbas@uowasit.edu.iq

⁴ Department of Accounting, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
saedi.rahman@yahoo.com

Abstract

Purpose: This study aims to develop an effective predictive model for audit risk using advanced deep learning algorithms and to evaluate its implications in supporting auditors' professional judgment. Addressing the limitations of traditional audit risk assessment methods, this research explores how machine learning techniques—specifically deep neural networks—can enhance accuracy and reliability in detecting audit risk.

Methodology: This applied research was conducted on a sample of 150 companies listed on the Tehran Stock Exchange during the period 2013–2023. Data were collected from reliable financial sources, including Codal, financial statements, and Central Bank statistics.

Audit risk was defined as a binary variable based on the occurrence of Type I and Type II errors in audit opinions. The study initially examined 40 financial, audit-specific, and macroeconomic predictors, of which 25 were selected through independent t-tests for final model implementation.

Three deep learning models were applied:

- Support Vector Machine (SVM)
- Convolutional Neural Network (CNN)
- Recurrent Neural Network (RNN)

Model evaluation was conducted using accuracy measures and confusion matrices across 50 random splits of training (75%) and testing (25%) data.

Findings: The RNN algorithm achieved the highest prediction accuracy (96.4%), followed by SVM (89.6%) and CNN (85.8%). RNN also had the lowest false negative rate (2.7%), reflecting superior capacity in capturing sequential patterns and complex nonlinear interactions among variables. Significant predictors included company size, liquidity, profitability, financial expertise of the board, audit independence, and inflation rate. Variables such as auditor change, audit firm ranking, and auditor specialization also showed significant relationships with audit risk.

Conclusions: The results suggest that deep learning algorithms—especially RNN—can serve as powerful tools for enhancing audit quality by enabling more precise audit risk assessments. The predictive

Cite this article: Mahmoud Ali, R., Azizi, H.R., Razoghi Abbas, S. & Saedi, R. (2025). Audit Risk Prediction Using Deep Learning Algorithms: A Novel Approach to Enhancing Auditors' Professional Judgment. *Studies of ethics and behavior in accounting and auditing*, 5(2), p. 145-176.

Received: 2025/04/05 ; **Revised:** 2025/05/10 ; **Accepted:** 2025/05/22 ; **Published online:** 2025/07/01

Publisher: Qom Islamic Azad University

Article type: Research Article

© The Author(s).



models developed can support auditors in reducing judgment errors, optimizing audit planning, and improving stakeholder confidence in financial reporting.

From a practical standpoint, regulatory bodies (e.g., Audit Organization, Securities Exchange Organization) can leverage such models for enhanced oversight and policymaking. Investors and financial analysts may also benefit from more reliable audit risk indicators in their decision-making processes.

Keywords: Audit Risk Prediction, Deep Learning, Support Vector Machine (SVM), Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), Auditors' Professional Judgment, Financial and Non-Financial Data Analysis.

پیش‌بینی ریسک حسابرسي با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری عمیق: الگویی نوین در ارتقاء تصمیم‌گیری حرفه‌ای حسابرسان

رشا محمود علی^۱، حمیدرضا عزیزی^۲، سراج رزوقی عباس^۳، رحمان ساعدی^۴

^۱ گروه حسابداری، دانشکده بین‌الملل، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. accmobasher@gmail.com

^۲ گروه حسابداری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول). gh_azizi60@iau.ac.ir

^۳ گروه حسابداری، دانشکده مالی و حسابداری، دانشگاه واسط، کوت، عراق. sabbas@uowasit.edu.iq

^۴ گروه حسابداری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. saedi.rahman@yahoo.com

چکیده

هدف: هدف اصلی پژوهش حاضر، توسعه مدلی دقیق، کارآمد و مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای پیش‌بینی ریسک حسابرسي در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، و بررسی پیامدهای کاربردی این مدل در ارتقاء کیفیت قضاوت و تصمیم‌گیری حرفه‌ای حسابرسان است. این پژوهش در پاسخ به محدودیت‌های روش‌های سنتی ارزیابی ریسک حسابرسي که اغلب در شناسایی ناهنجاری‌ها، پیچیدگی روابط غیرخطی و وابستگی‌های زمانی ناکارآمد هستند، انجام شده است.

روش: پژوهش حاضر از نوع کاربردی و مبتنی بر داده‌های واقعی است. جامعه آماری پژوهش شامل ۱۵۰ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ می‌باشند. داده‌ها با استفاده از روش غربال‌گری انتخاب شده و از منابع رسمی مانند سامانه کدال، بانک مرکزی و صورت‌های مالی حسابرسي شده استخراج شده‌اند. ریسک حسابرسي به‌صورت یک متغیر ساختگی و با استفاده از وقوع خطاهای نوع اول و دوم در گزارش حسابرسي تعریف شده است. متغیرهای پیش‌بین شامل ۴۰ متغیر در سه سطح اصلی (ویژگی‌های حسابرسي، ویژگی‌های صاحبکار، و شرایط اقتصاد کلان و بازار سرمایه) هستند. از آزمون t برای انتخاب مهم‌ترین متغیرها استفاده شده و در نهایت ۲۵ متغیر وارد مدل شدند. الگوریتم یادگیری عمیق شامل: ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی پیچشی و شبکه عصبی بازگشتی، جهت آموزش مدل و ارزیابی عملکرد آن استفاده شدند. برای سنجش دقت مدل‌ها از ماتریس اغتشاش، صحت و خطای نوع دوم استفاده گردید. داده‌ها به روش تصادفی ۵۰ بار به دو دسته آموزش (۷۵٪) و آزمون (۲۵٪) تقسیم شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد الگوریتم RNN با دقت ۹۶٫۴ درصد، بهترین عملکرد را در پیش‌بینی ریسک حسابرسي داشت. الگوریتم SVM نیز با دقت ۸۹٫۶ درصد عملکرد قابل قبولی ارائه کرد، در حالی که CNN با دقت ۸۵٫۸ درصد پایین‌ترین دقت را ثبت نمود. الگوریتم RNN توانست با نرخ خطای نوع دوم ۲٫۷ درصد، الگوی مناسبی از روابط زمانی و غیرخطی بین متغیرها را استخراج کند. آزمون t و آزمون کای دو نشان دادند که متغیرهایی نظیر اندازه شرکت، نقدینگی، سودآوری، تخصص مالی هیأت مدیره، استقلال حسابرسي و نرخ تورم، اثر معناداری بر ریسک حسابرسي دارند. همچنین متغیرهایی مانند تغییر حسابرسي، رتبه‌بندی مؤسسه حسابرسي و تخصص حسابرسي، با ریسک حسابرسي ارتباط معناداری دارند.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها حاکی از آن است که الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به‌ویژه RNN می‌توانند ابزارهای مؤثری برای ارتقاء دقت

http://sebaajournal.qom-iau.ac.ir/

استاد به این مقاله: محمود علی، رشا؛ عزیزی، حمیدرضا؛ رزوقی عباس، سراج؛ ساعدی، رحمان (۱۴۰۴). پیش‌بینی ریسک حسابرسي با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری عمیق: الگویی نوین در ارتقاء تصمیم‌گیری حرفه‌ای حسابرسان. *مطالعات اخلاق و رفتار در حسابداری و حسابرسي*، ۵(۲)، ص ۱۴۵-۱۷۶.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۶ **تاریخ اصلاح:** ۱۴۰۴/۰۲/۲۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۰۱ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

© نویسندگان.

نوع مقاله: پژوهشی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم



قضاوت حرفه‌ای در ارزیابی ریسک حسابرسی باشند. این مدل‌ها با توانایی بالا در استخراج الگوهای پنهان و وابستگی‌های زمانی، امکان تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر و سریع‌تر را برای حسابرسان فراهم می‌کنند. از منظر کاربردی، این پژوهش می‌تواند به نهادهای نظارتی مانند سازمان حسابرسی، سازمان بورس و مؤسسات حسابرسی در تدوین راهکارهای دقیق‌تری برای ارزیابی ریسک کمک کند. همچنین، سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران بازار سرمایه می‌توانند با اتکاء به پیش‌بینی دقیق ریسک حسابرسی، تصمیمات شفاف‌تر و مبتنی بر داده اتخاذ نمایند.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی ریسک حسابرسی، یادگیری عمیق، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی پیچشی، شبکه عصبی بازگشتی، تصمیم‌گیری حرفه‌ای حسابرسان، تحلیل داده‌های مالی و غیرمالی.

۱. مقدمه

حسابرسان مستقل در کاهش مشکل انتخاب نادرست بین مدیران و سرمایه‌گذاران (و سایر ذینفعان) با تأیید اینکه صورت‌های مالی به درستی بیانگر اقتصاد زیربنایی شرکت هستند، نقش بسزایی دارند (دی فاند و ژانگ^۱، ۲۰۱۴). از آنجایی که موسسات حسابرسی مجموعاً دارای منابع حرفه‌ای، تخصص فنی و سرمایه معتبر هستند، می‌توانند تضمینی مقرون به صرفه و قابل اعتماد ارائه دهند (واتس و زیمرمن^۲، ۱۹۸۳). با این حال، سطح حسابرسی مبادله شده بین حسابرسان و صاحبکارانشان ناهمگن است و به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های صاحبکار، شایستگی‌های حسابرس و شرایط صنعت بستگی دارد (سیمونیک^۳، ۱۹۸۰؛ دی آنجلو^۴، ۱۹۸۱). برای مثال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد حسابرسان متخصص عموماً با نتایج مطلوب حسابرسی مرتبط هستند و می‌توانند به تضمین و نشان دادن شفافیت بیشتر گزارش‌دهی کمک کنند (دی فاند و ژانگ، ۲۰۱۴). ارزیابی ریسک حسابرسی مهم است؛ زیرا ماهیت، وسعت و زمان‌بندی رویه‌های برنامه‌ریزی شده را تعیین می‌کند. رویکردی که حسابرسان برای ارزیابی ریسک‌ها استفاده می‌کنند، می‌تواند به ارزیابی‌های متفاوتی منجر شود (جیامبالوو والر^۵، ۱۹۸۴؛ زیملمن^۶، ۱۹۹۷؛ اودانل و شولتز^۷، ۲۰۰۳؛ ویلکز و زیملمن^۸، ۲۰۰۴). به عنوان مثال، مطالعات تجربی نشان می‌دهد که ارزیابی‌های ریسک تقلب، زمانی که حسابرسان از رویکردهای کل‌نگر استفاده می‌کنند، در مقایسه با رویکردی که به طور جداگانه خطرات تقلب را برای اجزای مختلف ارزیابی می‌کند، کمتر برآورد می‌شود (زیملمن، ۱۹۹۷؛ ویلکس و زیملمن، ۲۰۰۴). همچنین حسابرسان برای اصلاح روش‌های حسابرسی برنامه‌ریزی شده در پاسخ به ارزیابی ریسک، زمان دشواری دارند (زیملمن، ۱۹۹۷؛ گلوور و همکاران^۹، ۲۰۰۰؛ ۲۰۰۳؛ هامرسلی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۱). انجام یک ارزیابی ریسک استراتژیک از مدل کسب‌وکار صاحبکار، به عنوان اولین گام برای ارزیابی ریسک (به عنوان مثال، طبق روش حسابرسی مورد نیاز) با پیامدهای ناخواسته در ارزیابی‌های بعدی ریسک حسابرس

1. DeFond & Zhang
2. Watts & Zimmerman
3. Simunic
4. DeAngelo
5. Jiambalvo & Waller
6. Zimbelman
7. O'Donnell & Schultz
8. Wilks & Zimbelman
9. Glover
10. Hammersley

مرتبط است (اودانل و شولتز، ۲۰۰۳).

در حوزه حاکمیت مالی، شناسایی و پیشگیری از ریسک حسابرسی برای حفظ یکپارچگی و قابلیت اطمینان صورت‌های مالی از اهمیت بالایی برخوردار است. فعالیت‌های متقلبانه کشف نشده می‌تواند عواقب شدیدی داشته باشد و نه تنها بر رفاه مالی شرکت تأثیر بگذارد، بلکه اعتماد سهامداران و سرمایه‌گذاران را نیز از بین ببرد. در نتیجه، توسعه مدل‌های موثر پیش‌بینی ریسک حسابرسی به یک نقطه کانونی در سال‌های اخیر تبدیل شده است (الدین و همکاران^۱، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر، تلاقی حسابرسی مالی و هوش مصنوعی، شاهد افزایش فعالیت‌های تحقیقاتی بوده که ناشی از نیاز روزافزون به تشخیص دقیق‌تر، کارآمدتر و به موقع‌تر ریسک حسابرسی و ناهنجاری‌های مالی است. از لحاظ تاریخی، پیش‌بینی ریسک حسابرسی عمدتاً بر روش‌های آماری مرسوم و اکتشافی متکی بود. مدل‌های مبتنی بر تحلیل رگرسیون، درخت‌های تصمیم‌گیری و سیستم‌های مبتنی بر قواعد رایج بودند. این روش‌ها، در حالی که به‌عنوان ابزارهای اساسی عمل می‌کردند، اغلب برای به تصویر کشیدن پیچیدگی و غیرخطی بودن ذاتی داده‌های مالی تلاش می‌کردند. در نتیجه، نیاز قانع‌کننده‌ای برای رویکردهای پیچیده‌تر وجود داشت. با ظهور تکنیک‌های یادگیری ماشین، مانند جنگل‌های تصادفی، ماشین‌های بردار پشتیبان و تقویت گرادیان، پیشرفت قابل‌توجهی در قابلیت‌های پیش‌بینی مدل‌های ریسک حسابرسی مشاهده شد. این روش‌ها در مدیریت داده‌های با ابعاد بالا و تعاملات پیچیده بین متغیرها برتری داشتند و دقت و قابلیت تفسیر بیشتری را ارائه می‌کردند. محققان به‌طور فزاینده‌ای به این تکنیک‌ها روی آوردند، تا محدودیت‌های مدل‌های سنتی را برطرف کنند. پیشرفت‌های اخیر در یادگیری عمیق، ازجمله کاربرد شبکه‌های عصبی عمیق^۲، افق‌های پیش‌بینی ریسک حسابرسی را بیشتر گسترش داده‌اند. این مدل‌ها می‌توانند وابستگی‌های زمانی را در داده‌های مالی ثبت کنند و برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، که جنبه‌ای حیاتی از حسابرسی است، مناسب هستند. پژوهش حاضر با بکارگیری مجموعه متنوعی از شاخص‌های مالی و غیرمالی و نیز با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق، اقدام به پیش‌بینی ریسک حسابرسی کرده، تا با دستیابی به مدل پیش‌بینی قدرتمندتر، موسسات حسابرسی، حسابرسان و سایر ذینفعان در حوزه حسابرسی، با اطمینان خاطر بالاتری بتوانند ریسک حسابرسی صاحبکار را پیش‌بینی نمایند. در همین راستا، انجام پژوهشی در این حوزه ضروری بوده و می‌تواند باعث توسعه و غنای مبانی نظری پژوهش در حوزه ریسک حسابرسی گردد. همچنین یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند پیامدهای مهمی برای

1. Al-Din

2. Deep Neural Networks (DNNs)

حسابرسان و سازمان‌هایی داشته باشد که به دنبال بهبود فرآیندهای ارزیابی ریسک حسابرسی خود هستند و در نهایت منجر به بهبود شفافیت مالی و کشف تقلب گردد.

در چشم‌انداز پویای حاکمیت مالی، تشخیص و پیشگیری از ریسک حسابرسی برای اطمینان از یکپارچگی و قابلیت اطمینان صورت‌های مالی بسیار مهم است. عواقب فعالیت‌های متقلبانه کشف نشده می‌تواند شدید باشد و نه تنها بر سلامت مالی سازمان‌ها، بلکه بر اعتماد سهامداران و سرمایه‌گذاران نیز تأثیر بگذارد. در نتیجه، توسعه مدل‌های موثر پیش‌بینی ریسک حسابرسی در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ارزیابی ریسک حسابرسی در یک کار حسابرسی می‌تواند مستقیماً بر هزینه‌ها، زمان‌بندی و استراتژی‌ها و همچنین کیفیت حسابرسی تأثیر بگذارد. مهم‌ترین چالش در ارزیابی ریسک حسابرسی، توانایی تشخیص دقیق تحریفات با اهمیت در صورت‌های مالی است. روش‌های مرسوم پیش‌بینی ریسک حسابرسی اغلب محدودیت‌هایی را در تمایز بین تغییرات نرمال و ناهنجاری‌های بالقوه نشان می‌دهند. هدف اصلی پژوهش حاضر استفاده از قابلیت‌های مدل‌سازی غیرخطی شبکه‌های عصبی برای افزایش حساسیت تشخیص و دقت پیش‌بینی ریسک حسابرسی است. دو جریان متفاوت در متون پژوهشی، پیشینه و مبنایی برای این پژوهش فراهم می‌کند؛ یکی پژوهش‌های انجام شده در رابطه با ریسک حسابرسی و دیگری متون مربوط به تکنیک‌های یادگیری عمیق است. این دو جریان قلمروهای پژوهشی گسترده‌ای هستند که پژوهش‌های مرتبط بسیار اندکی در داخل کشور، در این زمینه انجام شده است. پژوهش‌های صورت گرفته نیز با توجه به محدودیت در زمینه دسترسی به داده‌های ریسک حسابرسی، با یکدیگر متفاوت هستند؛ از این‌رو، پژوهش حاضر در تلاش است تا با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق (ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی پیچشی و شبکه عصبی بازگشتی) و با بکارگیری جامع‌ترین متغیرهای اثرگذار بر ریسک حسابرسی (با بررسی جامع تحقیقات داخلی و خارجی انجام شده در حوزه ریسک حسابرسی و مصاحبه با خبرگان) مدلی برای پیش‌بینی ریسک حسابرسی با دقت و صحت بالا ارائه دهد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱. مبانی نظری پژوهش

نقش حسابرسان به عنوان واسطه اطلاعاتی در بازار سرمایه مورد تأکید بسیاری از پژوهش‌ها قرار گرفته است (بهن، چوی و کانگ^۱، ۲۰۰۸؛ وو و ویلسون^۲، ۲۰۱۶). حسابرسان با کاهش عدم تقارن

1. Behn, Choi & Kang

2. Wu & Wilson

اطلاعاتی بین شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران، زمینه را برای تصمیم‌گیری بهتر سرمایه‌گذاران فراهم می‌سازند. ادبیات موجود نشان می‌دهد که انتخاب حسابرس می‌تواند بر هزینه سرمایه، ریسک سقوط قیمت سهام، هزینه‌های تأمین مالی و شدت شرایط قراردادهای بدهی تأثیرگذار باشد (خورانا و رامان^۱، ۲۰۰۴؛ کریشان، لی و وانگ^۲، ۲۰۱۳؛ رابین، وو و ژانگ^۳، ۲۰۱۷). از سوی دیگر، حسابرسان نقش بسزایی در ارتقای حاکمیت شرکتی ایفا کرده و از طریق نظارت مؤثر، اختیارات مدیریتی را محدود می‌سازند (فن و وانگ^۴، ۲۰۰۵؛ چوی و ونگ^۵، ۲۰۰۷). شواهد تجربی نیز حاکی از آن است که بین ویژگی‌های نظارتی شرکت‌ها و تلاش حسابرس، ارتباط معناداری وجود دارد (بکر و همکاران^۶، ۱۹۹۸؛ کریشان^۷، ۲۰۰۳؛ کارامانیس و لنوکس^۸، ۲۰۰۸؛ کیم، لی و پارک^۹، ۲۰۱۵). در سطح بین‌المللی، سازمان‌های نظارتی مانند هیئت نظارت بر حسابداری شرکت‌های دولتی^{۱۰}، کمیسیون اروپا^{۱۱} و هیئت استانداردهای بین‌المللی حسابرسی و اطمینان‌بخشی^{۱۲} اقدام به تدوین شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری ریسک و کیفیت حسابرسی کرده‌اند. در ادبیات داخلی نیز ریسک حسابرسی به عنوان احتمال صدور اظهارنظر نامناسب حسابرس در حضور تحریف بااهمیت تعریف شده است (مهدوی و نمازی، ۱۳۹۰). مؤسسه‌های حسابرسی عمدتاً با سه ریسک مرتبط در پذیرش کار حسابرسی مواجه هستند: ۱. ریسک تجاری صاحبکار که شامل سودآوری و بقا یا تداوم فعالیت شرکت صاحبکار است. ۲. ریسک حسابرسی، یعنی زمانی که صورت‌های مالی صاحبکار به‌درستی ارائه نشده و حسابرس قادر به تشخیص اشتباهات نیست. ۳. ریسک تجاری حسابرس که شامل هزینه‌های بالقوه دادخواهی، تحقق حق‌الزحمه و کاهش اعتبار یا شهرت حسابرس است (استلی، ۲۰۱۱). هوانگ و همکاران (۲۰۱۴) استدلال می‌کنند که حق‌الزحمه حسابرسی با ریسک حسابرسی در ارتباط است و حسابرسان برای کاهش ریسک‌های حسابرسی به یک سطح قابل قبول،

1. Khurana & Raman

2. Krishnan, Li & Wang

3. Robin, Wu & Zhang

4. Fan & Wong

5. Choi & Wong

6. Becker

7. Krishnan

8. Caramanis & Lennox

9. Kim, Li & Park

10. Public Company Accounting Oversight Board (PCAOB)

11. The European Commission (EC)

12. The International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB)

حق‌الزحمه حسابرسی بالاتری تعیین می‌کنند، به‌ویژه اگر ریسک حسابرسی شامل مسائل مربوط به گزارشگری مالی باشد.

مطالعات نظری متعددی نشان داده‌اند که افزایش ریسک صاحبکار منجر به افزایش تلاش حسابرس و در نتیجه افزایش ساعات کاری و حق‌الزحمه می‌گردد (هوانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). برخی پژوهش‌ها نیز به بررسی رابطه بین ریسک دعاوی حقوقی و رفتار حسابرسان پرداخته و نشان داده‌اند که مؤسسات حسابرسی بزرگ‌تر و دارای برند معتبر، تمایل کمتری به پذیرش صاحبکاران پرریسک دارند (سیمونیچ و استاین، ۱۹۹۶). گیگلر و بوخاس^۲ (۱۹۹۸) نظریه‌ای تحت عنوان «استعفای حسابرس» مطرح کردند. براساس این نظریه، افزایش مسئولیت حسابرس علت اکثر استعفاهای حسابرسان است و صاحبکارانی که حسابرسانشان استعفاء می‌دهند، به دنبال موسسه‌های کوچک‌تر می‌باشند. افزایش زیاد مسئولیت سبب کاهش ریسک کلی، و در نتیجه کاهش کیفیت حسابرسی می‌گردد. افزون‌بر این، کیفیت حسابرسی با ویژگی‌های نظارتی هیأت مدیره، کمیته حسابرسی و ساختار مالکیت شرکت نیز مرتبط است. در نهایت، با توجه به پیچیدگی روزافزون معاملات مالی و افزایش حجم داده‌های حسابداری، روش‌های سنتی تحلیل، قادر به شناسایی روابط غیرخطی میان متغیرها نیستند. این محدودیت‌ها، ضرورت بهره‌گیری از رویکردهای پیشرفته مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را برای ارزیابی دقیق‌تر ریسک حسابرسی توجیه می‌کند. علاوه‌بر این، چشم‌انداز مالی به طور مداوم در حال تحول است، با ابزارهای جدید، مقررات، و پویایی بازار، با سرعتی بی‌سابقه در حال ظهور است. این تکامل سریع نیازمند رویکردهای انطباقی و پیچیده‌ای برای پیش‌بینی ریسک حسابرسی است که می‌تواند هم‌گام با محیط مالی در حال تغییر باشد (او.ابومحسن^۳ و همکاران، ۲۰۲۳؛ الدین و همکاران^۴، ۲۰۲۳). در همین راستا، هدف اصلی پژوهش حاضر، پیش‌بینی ریسک حسابرسی براساس الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌باشد.

۲-۲. پیشینه تجربی پژوهش

در مطالعات داخلی، همتی و همکاران (۱۳۹۹) با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی فیدفروارد، ارزیابی ریسک حسابرسی را با دقتی نزدیک به ۹۷ درصد گزارش کردند. دارابی و همکاران (۱۳۹۹)

1. Huang
2. Gigler & Bockus
3. O. Abu-Mehsen
4. Al-Din

تأثیر شرایط اقتصاد کلان بر ریسک حسابرسي را مورد بررسی قرار دادند. حیدری نژاد و همکاران (۱۴۰۰) نیز رابطه منفی معناداری بین اثربخشی کمیته حسابرسي و ریسک حسابرسي یافتند. غلامی و دشتبانی (۱۴۰۰) کیفیت حسابرسي را عاملی کاهنده برای ریسک حسابرسي معرفی کردند. فریدی مایوان و همکاران (۱۴۰۱) به ارتباط منفی افشای مسئولیت اجتماعی با ریسک حسابرسي اشاره نمودند. همتی و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که استفاده از ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات، عملکرد بهتری در پیش‌بینی ریسک دارد. زارعیان و حجازی (۱۴۰۲) با استفاده از رویکرد ترکیبی ISM-ANP، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ریسک حسابرسي مالیاتی را شناسایی کردند. در سطح بین‌المللی، هوگان و ویلکینس^۱ (۲۰۰۸) تأثیر ناکارآمدی کنترل داخلی بر افزایش حق الزحمه حسابرسي را بررسی کردند. حاجی‌ها^۲ (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از روش دلفی، عوامل مؤثر بر ریسک حسابرسي را در ایران شناسایی نمود. پژوهش پورکونا-انگویکس^۳ و همکاران (۲۰۲۱) با بهره‌گیری از نظریه فازی، به ارزیابی ریسک حسابرسي توسط رهبران تیم حسابرسي پرداخت. کورت^۴ (۲۰۲۲) تأثیر تخصص حسابرسي در زمینه حسابرسي شرکت‌های دارای مشتریان دولتی را بررسی کرده است. دنگ^۵ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به تحلیل پیامدهای افشای اجباری ریسک حسابرسي پرداختند. در نهایت، پژوهش ابومحسن و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از معماری‌های متنوع شبکه‌های عصبی مانند CNN، RNN و LSTM، به پیش‌بینی ریسک حسابرسي پرداخته و RNN را به عنوان مدل با عملکرد برتر شناسایی کردند. پیشینه پژوهش حاضر به روشی نشان می‌دهد که ترکیب ویژگی‌های مالی و غیرمالی شرکت‌ها با الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری عمیق، می‌تواند به افزایش دقت در شناسایی ریسک حسابرسي منجر شود. بر این اساس، پژوهش حاضر درصدد ارائه مدلی جامع و دقیق در این زمینه است.

۳. روش پژوهش

این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی است. طرح پژوهش از نوع پژوهش‌های شبه تجربی و پس‌رویدادی بوده و با استفاده از اطلاعات تاریخی انجام می‌شود. برای گردآوری اطلاعات مبانی نظری پژوهش از نشریات، کتب و همچنین پایگاه‌های اطلاعاتی در دسترس استفاده شده است.

1. Hogan & Wilkins

2. Hagiha

3. Porcuna-Enguix

4. Kurt

5. Deng

همچنین، داده‌های مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل، از نرم‌افزار ره‌آورد نوین و سایت‌های اینترنتی مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی سازمان بورس و اوراق بهادار، کدال، بانک مرکزی و مرکز آمار ایران گردآوری شده است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. بازه زمانی مورد مطالعه نیز یک دوره زمانی ۱۱ ساله براساس صورت‌های مالی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ شرکت‌های نمونه می‌باشد. در پژوهش حاضر برای تعیین نمونه آماری، از روش غربالگری استفاده شده است. بدین منظور آن دسته از شرکت‌های جامعه آماری که شرایط زیر را دارا بودند، به عنوان نمونه آماری انتخاب و سایرین حذف شدند.

(۱) سال مالی شرکت منتهی به تاریخ پایان اسفند ماه هر سال باشد.

(۲) شرکت طی دوره مورد بررسی، تغییر سال مالی نداده باشد.

(۳) شرکت‌های تحت بررسی جزء شرکت‌های سرمایه‌گذاری، هلدینگ، واسطه‌گری مالی و بیمه نباشند.

(۴) اطلاعات و داده‌های آنها در دسترس باشد.

با توجه به شرایط و محدودیت‌های فوق، از بین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در مجموع ۱۵۰ شرکت به عنوان نمونه آماری پژوهش انتخاب شدند.

جدول ۱- روش نمونه‌گیری

577	تعداد کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران
	کسر می‌شود:
(93)	تعداد شرکت‌هایی که سال مالی آنها منتهی به پایان اسفند نبوده و یا طی دوره تحقیق تغییر سال مالی داده باشند.
(124)	تعداد شرکت‌هایی که در گروه شرکت‌های هلدینگ، سرمایه‌گذاری و یا واسطه‌گری‌های مالی بوده‌اند.
(99)	تعداد شرکت‌هایی که در قلمرو زمانی ۱۳۹۱-۱۴۰۲ اطلاعات کامل آنها در دسترس نیست.
(111)	تعداد شرکت‌هایی که در قلمرو زمانی ۱۳۹۱-۱۴۰۲ بیش از سه ماه توقف معاملاتی داشته‌اند.
150	تعداد شرکت‌های نمونه

۳-۱. متغیرهای پژوهش

۳-۱-۱. متغیر وابسته (باسخ)

ریسک حسابرسی^۱: متغیر وابسته پژوهش، ریسک حسابرسی می‌باشد که به پیروی از پژوهش‌های پیشین (محمدرضایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ بلنکلی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲) از معیار ریسک حسابرسی

1. Audit_Risk

2. Blankley

(اعم از ریسک حسابرسی نوع اول و نوع دوم) به منظور سنجش ریسک حسابرسی استفاده شده است. به عبارت دیگر، ریسک حسابرسی یک متغیر ساختگی است؛ بدین معنا که اگر ریسک حسابرسی نوع اول یا نوع دوم اتفاق افتاده باشد، عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) تعلق می‌گیرد. ریسک حسابرسی نوع اول و نوع دوم به صورت زیر اندازه‌گیری می‌شود:

ریسک حسابرسی نوع اول (رد نادرست): چنانچه حسابرس گزارش غیرمقبول صادر کند و صورت‌های مالی صاحبکار در سال بعد تجدید ارائه نشود (تعدیلات سنواتی شناسایی نشده باشد)، خطای نوع اول اتفاق افتاده و برای آن عدد (۱) لحاظ می‌شود. اگر هیچ‌گونه خطایی صورت نگیرد، عدد (۰) در نظر گرفته خواهد شد.

ریسک حسابرسی نوع دوم (پذیرش نادرست): چنانچه حسابرس در یک سال گزارش مقبول صادر کند، ولی در سال مالی بعد صورت‌های مالی صاحبکار تجدید ارائه شود (تعدیلات سنواتی شناسایی شده باشد)، خطای نوع دوم اتفاق افتاده و برای آن عدد (۱) لحاظ می‌شود. اگر هیچ‌گونه خطایی صورت نگیرد، عدد (۰) در نظر گرفته خواهد شد.

۳-۱-۲. متغیرهای مستقل (پیش‌بینی‌کننده)

در این پژوهش، عوامل اثرگذار بر ریسک حسابرسی (در سه سطح شامل ویژگی‌های حسابرس، ویژگی‌های صاحبکار، ویژگی‌های بازار سهام و اقتصاد کلان)، متغیرهای پیش‌بینی هستند که با توجه به مباحث نظری و مطالعات تجربی قبلی تعیین شده‌اند. یکی از ویژگی‌های متمایز و نوآوری پژوهش حاضر این است که عوامل اثرگذار بر ریسک حسابرسی را در سه سطح شامل ویژگی‌های حسابرس، ویژگی‌های صاحبکار، ویژگی‌های بازار سهام و اقتصاد کلان بررسی می‌کند. بر همین اساس در ادامه به تعریف عملیاتی این متغیرها اشاره می‌گردد:

اندازه حسابرِس مستقل:^۱ یک متغیر ساختگی است؛ در صورتی که حسابرس مستقل شرکت، سازمان حسابرسی یا موسسه حسابرسی مفید راهبر باشد عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) تعلق می‌گیرد. اطلاعات مربوط به این متغیر از گزارش حسابرِس مستقل شرکت و یا گزارش هیأت مدیره استخراج می‌گردد.

دوره تصدی حسابرِس مستقل:^۲ نشان‌دهنده تعداد سال‌هایی است که یک موسسه حسابرسی به طور متوالی حسابرسی صورت‌های مالی یک شرکت را انجام می‌دهد. اطلاعات مربوط به این متغیر از گزارش حسابرِس مستقل شرکت و یا گزارش هیأت مدیره استخراج می‌گردد.

1. Audsize

2. Audten

استقلال حسابرسی:^۱ به پیروی از چن^۲ و همکاران (۲۰۱۰)، جهت محاسبه استقلال حسابرسی از اقلام تعهدی اختیاری استفاده می‌شود. لذا، به منظور محاسبه آن از مدل تعدیل شده جونز ارائه شده توسط دچو و همکاران (۱۹۹۵)^۳ استفاده خواهد شد. لذا، ابتدا کل اقلام تعهدی با استفاده از رابطه ذیل برآورد می‌شود:

رابطه (۱):

$$TACC_{it} / TA_{it-1} = \alpha_0(1/TA_{it-1}) + \beta_1((\Delta REV_{it} - \Delta REC_{it}) / TA_{it-1}) + \beta_2(PPE_{it} / TA_{it-1}) + \varepsilon_{it}$$

که در آن: $TACC_{it}$ = کل اقلام تعهدی شرکت i در دوره t

TA_{it-1} = جمع دارایی‌های شرکت i در دوره $t-1$

ΔREV_{it} = تغییرات فروش شرکت i طی سال‌های $t-1$ تا t

ΔREC_{it} = تغییرات حساب‌های دریافتی شرکت i طی سال‌های $t-1$ تا t

PPE_{it} = مبلغ ناخالص اموال، ماشین‌آلات و تجهیزات شرکت i در دوره t

ε_{it} = خطا یا اقلام باقیمانده مدل بوده که نشان‌دهنده اقلام تعهدی اختیاری می‌باشد.

تغییر حسابرس:^۴ یک متغیر ساختگی است؛ در صورتی که حسابرس مستقل شرکت (موسسه حسابرسی) نسبت به سال قبل تغییر کرده باشد، عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) تعلق می‌گیرد.

رتبه‌بندی مؤسسه حسابرسی:^۵ یک متغیر ساختگی است؛ در صورتی که حسابرس مستقل شرکت (موسسه حسابرسی) از لحاظ رتبه‌بندی در گروه «الف» باشد، عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) تعلق می‌گیرد.

نوع اظهارنظر حسابرسی:^۶ یک متغیر ساختگی است؛ در صورتی که اظهارنظر حسابرسی مقبول باشد، عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) تعلق می‌گیرد. اطلاعات مربوط به این متغیر، از گزارش حسابرس مستقل شرکت و یا گزارش هیأت مدیره استخراج می‌شود.

تاخیر در ارائه گزارش حسابرسی:^۷ از طریق لگاریتم طبیعی تعداد روزهای بین تاریخ ترازنامه و تاریخ ارائه گزارش حسابرسی اندازه‌گیری می‌شود.

1. DA

2. Chen

3. Dechow

4. Auditorchange

5. AUD_Rank

6. Audopin

7. AUD_Lag

تخصیص حسابرسی:^۱ در این پژوهش مشابه پژوهش اعتمادی و همکاران (۱۳۸۹) از سهم بازار به عنوان شاخصی برای تخصیص حسابرسی در صنعت استفاده شده است؛ زیرا اولویت صنعت را نسبت به سایر حسابرسیان نشان می‌دهد. هرچه سهم بازار حسابرسی بیشتر باشد، تخصیص صنعت و تجربه حسابرسی نسبت به سایر رقیبان بیشتر است. داشتن سهم غالب بازار نشان‌دهنده این است که حسابرسی به طور موفقیت‌آمیزی خود را از سایر رقیبان از لحاظ کیفیت حسابرسی متمایز کرده است. سهم بازار حسابرسان به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{رابطه (۲):} \quad \text{سهم بازار حسابرسان} = \frac{(\text{مجموع دارایی های تمام صاحبکاران هر موسسه حسابرسی خاص در صنعت خاص})}{(\text{مجموع دارایی های تمام صاحبکاران در این صنعت})}$$

موسساتی در این پژوهش به عنوان متخصص صنعت در نظر گرفته می‌شوند که سهم بازارشان (یعنی معادله فوق) بیش از $1/2 \times$ [شرکتهای موجود در یک صنعت] باشد (پالم رز^۲، ۱۹۸۶). **حق الزحمه حسابرسی مستقل:**^۳ از طریق لگاریتم طبیعی حق الزحمه پرداختی به حسابرسی محاسبه می‌شود. اطلاعات مربوط به این متغیر از گزارش حسابرسی مستقل شرکت و یا گزارش هیأت مدیره استخراج می‌گردد.

تأخیر در ارائه گزارش حسابرسی مستقل:^۴ از طریق لگاریتم طبیعی تفاوت بین تعداد روزهای بین پایان سال مالی و تاریخ ارائه گزارش حسابرسی محاسبه می‌شود.

اندازه شرکت:^۵ برابر است با لگاریتم طبیعی کل دارایی‌های شرکت. اطلاعات مربوط به این متغیر از صورت‌های مالی استخراج می‌گردد.

نقدینگی شرکت:^۶ برابر است با نسبت دارایی‌های جاری بر بدهی‌های جاری. اطلاعات مربوط به این متغیر از صورت‌های مالی استخراج می‌شود.

نسبت بدهی شرکت:^۷ برابر است با نسبت کل بدهی‌های شرکت بر کل دارایی‌های شرکت. اطلاعات مربوط به این متغیر از صورت‌های مالی استخراج می‌گردد.

سودآوری شرکت:^۸ برابر است با تقسیم سود عملیاتی بر کل دارایی‌های شرکت. اطلاعات مربوط به این متغیر از صورت‌های مالی استخراج می‌گردد.

1. Specialist
2. Palmrose
3. Audfee
4. ARL
5. Size
6. LIQID
7. DEBT
8. PROF

عمر شرکت:^۱ برابر است با لگاریتم طبیعی تعداد سال‌های تأسیس شرکت تا سال جاری. اطلاعات مربوط به این متغیر از یادداشت‌های توضیحی صورت‌های مالی و یا گزارش هیأت مدیره استخراج می‌گردد.

فرصت رشد شرکت:^۲ برابر است با نسبت ارزش بازار حقوق صاحبان سهام بر ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام. اطلاعات مربوط به این متغیر از صورت‌های مالی استخراج می‌گردد.

اندازه صنعت:^۳ برابر است با لگاریتم طبیعی کل دارایی‌های صنعتی که شرکت متعلق به آن است و برابر است با لگاریتم طبیعی تعداد سال‌های تأسیس شرکت تا سال جاری. اطلاعات مربوط به این متغیر از گزارش هیأت مدیره استخراج می‌گردد.

سطح رقابت صنعت:^۴ در این پژوهش به منظور اندازه‌گیری رقابت بازار محصول، از شاخص هرفیندال-هیرشمن استفاده می‌شود. شاخص هرفیندال-هیرشمن از حاصل جمع توان دوم سهم بازار تمامی بنگاه‌های فعال در صنعت به صورت فرمول زیر به دست می‌آید (چن و همکاران، ۲۰۱۰):

$$HHI = \sum_{i=1}^k S_i^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن HHI شاخص هرفیندال-هیرشمن، k تعداد بنگاه‌های فعال در بازار و S_i سهم بازار شرکت i ام است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S_i = X_j / \sum_{l=1}^n X_l \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن X_j نشان‌دهنده فروش شرکت j ام و l نشان‌دهنده نوع صنعت است. شاخص هرفیندال-هیرشمن، میزان تمرکز صنعت را اندازه‌گیری می‌کند. هر چه این شاخص بزرگ‌تر باشد، میزان تمرکز بیشتر بوده و رقابت کمتری در صنعت وجود دارد و بالعکس. لازم به ذکر است که این شاخص در پژوهش‌های چن و همکاران (۲۰۱۲) و نمازی و ابراهیمی (۱۳۹۱) نیز استفاده شده است.

نوع مالکیت (دولتی یا خصوصی):^۵ یک متغیر ساختگی است؛ اگر بیش از ۵۰ درصد سهام شرکت تحت تملک بخش خصوصی باشد عدد (۱) و در غیر این صورت عدد (۰) می‌گیرد (کیم و همکاران، ۲۰۱۵).

1. Age
2. Growth
3. Indsize
4. PMC
5. TypeOWN
6. Kim

مالکیت دولتی:^۱ از طریق تقسیم تعداد سهام تحت تملک سهامداران دولتی بر کل تعداد سهام منتشره شرکت بدست می‌آید.

مالکیت نهادی:^۲ از طریق تقسیم تعداد سهام تحت تملک سهامداران نهادی بر کل تعداد سهام منتشره شرکت بدست می‌آید.

مالکیت مدیریتی:^۳ از طریق تقسیم تعداد سهام تحت تملک مدیران شرکت بر کل تعداد سهام منتشره شرکت بدست می‌آید.

مالکیت سهامدار عمده:^۴ از طریق تقسیم تعداد سهام تحت تملک بزرگ‌ترین سهامدار شرکت بر کل تعداد سهام منتشره شرکت بدست می‌آید.

اندازه کمیته حسابرسی:^۵ نشان‌دهنده تعداد اعضای کمیته حسابرسی می‌باشد.

استقلال کمیته حسابرسی:^۶ از طریق تقسیم اعضای مستقل کمیته حسابرسی بر کل تعداد اعضای کمیته حسابرسی بدست می‌آید.

تخصص مالی کمیته حسابرسی:^۷ از طریق تقسیم اعضای کمیته حسابرسی دارای تخصص مالی (دارای مدرک تحصیلی حسابداری، حسابرسی، مدیریت و اقتصاد) بر کل تعداد اعضای کمیته حسابرسی بدست می‌آید.

اندازه هیأت مدیره:^۸ برابر است با تعداد اعضای هیأت مدیره شرکت.

استقلال هیأت مدیره:^۹ برابر است با نسبت تعداد اعضای غیرموظف در هیأت مدیره شرکت بر تعداد اعضای هیأت مدیره شرکت.

دوره تصدی مدیرعامل:^{۱۰} نشان‌دهنده تعداد سال‌هایی است که یک شخص به طور متوالی مسئولیت مدیرعاملی یک شرکت را به عهده دارد.

تخصص مالی هیأت مدیره:^{۱۱} از طریق تقسیم اعضای هیأت مدیره دارای تخصص مالی (دارای

1. GOWN

2. INSOWN

3. MOWN

4. BOWN

5. ACSIZE

6. ACIND

7. ACSEP

8. BS

9. BI

10. Tenurem

11. BSEP

مدرك تحصيلی حسابداري، حسابرسی، مدیریت و اقتصاد) بر كل تعداد اعضای هیأت مدیره بدست می‌آید.

ریسک سیستماتیک:^۱ با استفاده از برآورد مدل CAPM بتا برای هر شرکت در طول سال بدست می‌آید (بلو و همکاران، ۲۰۱۷).

ریسک غیرسیستماتیک:^۲ ریسک غیرسیستماتیک با برآورد انحراف استاندارد باقیمانده از مدل CAPM روزانه محاسبه می‌شود (بلو و همکاران، ۲۰۱۷).

نرخ تورم:^۳ برابر است با نرخ تورم (شاخص قیمت مصرف‌کننده).

نرخ بهره:^۴ برابر است با نرخ بهره بانکی که اطلاعات مربوط به آن از سایت بانک مرکزی و یا سایت مرکز آمار ایران استخراج می‌گردد.

نرخ ارز:^۵ برابر است با نرخ تبدیل ارز (دلار) که اطلاعات مربوط به آن از سایت بانک مرکزی و یا سایت مرکز آمار ایران استخراج می‌گردد.

نرخ رشد اقتصادی:^۶ برابر است با تغییرات تولید ناخالص داخلی. اطلاعات مربوط به آن از سایت بانک مرکزی و یا سایت مرکز آمار ایران استخراج می‌گردد.

۲-۳. الگوریتم‌های یادگیری عمیق مورد استفاده در پژوهش

در این پژوهش، به منظور پیش‌بینی ریسک حسابرسی، از سه الگوریتم یادگیری عمیق شامل ماشین بردار پشتیبان،^۷ شبکه عصبی پیچشی (CNN) و شبکه عصبی بازگشتی (RNN) استفاده شده است. انتخاب این سه الگوریتم بر پایه معیارهای عملکرد در پژوهش‌های پیشین و تناسب ساختار الگوریتم با نوع داده‌های حسابرسی و مالی انجام شده است.

ماشین بردار پشتیبان:^۸ ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های یادگیری با نظارت است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. این روش از روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی نشان داده است. مبنای کاری دسته‌بندی‌کننده SVM، دسته‌بندی خطی داده‌ها بوده و در تقسیم خطی داده‌ها سعی می‌شود

1. SYSR

2. NSYSR

3. INF

4. INT

5. CURR

6. GGDP

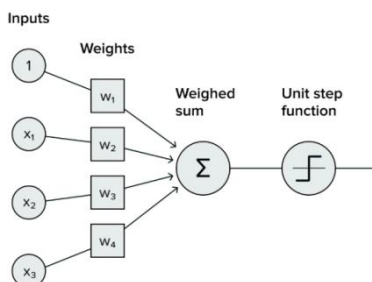
7. SVM

8. Support vector machines

خطی انتخاب گردد که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. حل معادله پیدا کردن خط بهینه برای داده‌ها به وسیله روش‌های QP که روش‌های شناخته شده‌ای در حل مسائل محدودیت‌دار هستند، صورت می‌گیرد.

قبل از تقسیم خطی برای اینکه ماشین بتواند داده‌های با پیچیدگی بالا را دسته‌بندی کند، داده‌ها را با استفاده از تابع ϕ به فضای با ابعاد خیلی بالاتر می‌بریم. برای اینکه بتوان مسئله ابعاد خیلی بالا را با استفاده از این روش‌ها حل کرد، از قضیه دوگانی لاگرانژ برای تبدیل مسئله مینیمم‌سازی مورد نظر به فرم دوگانی آن که در آن به جای تابع پیچیده ϕ که ما را به فضایی با ابعاد بالا می‌برد، تابع ساده‌تری به نام تابع هسته که ضرب برداری تابع ϕ است، استفاده می‌کنیم. از توابع هسته مختلفی از جمله هسته‌های نمایی، چندجمله‌ای و سیگموید می‌توان استفاده نمود.

شبکه عصبی پیچشی:^۱ شبکه عصبی پیچشی یا به اختصار CNN که به آن شبکه عصبی کانولوشنی نیز گفته می‌شود، نوعی از شبکه‌های عصبی است که عموماً برای یادگیری بر روی مجموعه داده‌های بصری (مانند تصاویر و عکس‌ها) استفاده می‌شود. از لحاظ مفهوم، این شبکه‌ها مانند شبکه‌های عصبی ساده هستند؛ یعنی از فازهای پیش‌خور^۲ و پس‌انتشار خطا^۳ استفاده می‌کنند، ولی از لحاظ معماری تفاوت‌هایی با شبکه‌های عصبی ساده دارند. این شبکه‌ها در دسته یادگیری عمیق قرار می‌گیرند؛ زیرا لایه‌های موجود در این شبکه‌ها، زیاد است. شبکه عصبی پیچشی همانند سایر شبکه‌های عصبی از لایه‌های نورونی با وزن و بایاس با قابلیت یادگیری تشکیل شده است. لازم به ذکر است که در هر نورون، اتفاقات زیر رخ می‌دهد: ۱. نورون مجموعه‌ای ورودی دریافت می‌کند. ۲. ضرب داخلی بین وزن‌های نورون و ورودی‌ها انجام می‌شود. ۳. حاصل با بایاس جمع می‌شود. ۴. درنهایت، از یک تابع غیرخطی^۴ عبور داده می‌شود.

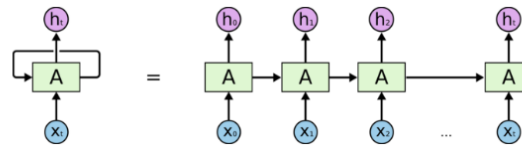


شکل ۱- یک بلوک شبکه عصبی پیچشی

1. Convolutional Neural Networks
2. Feed forward
3. Back propagation of error
4. Activation function

فرآیند بالا لایه به لایه انجام می‌شود و در نهایت به لایه خروجی می‌رسیم. لایه خروجی، پیش‌بینی شبکه را تولید می‌کند.

شبکه عصبی بازگشتی^۱: شبکه عصبی بازگشتی که به آن شبکه عصبی مکرر نیز گفته می‌شود، نوعی از شبکه عصبی مصنوعی است که در تشخیص گفتار، پردازش زبان طبیعی^۲ و همچنین در پردازش داده‌های ترتیبی^۳ استفاده می‌شود. بسیاری از شبکه‌های عمیق مانند CNN شبکه‌های پیش‌خور^۴ هستند؛ یعنی سیگنال در این شبکه‌ها فقط در یک جهت از لایه ورودی، به لایه‌های مخفی و سپس به لایه خروجی حرکت می‌کند و داده‌های قبلی به حافظه سپرده نمی‌شوند. اما شبکه‌های عصبی بازگشتی یک لایه بازخورد دارند که در آن خروجی شبکه به همراه ورودی بعدی، به شبکه بازگردانده می‌شود. RNN می‌تواند به علت داشتن حافظه داخلی، ورودی قبلی خود را به خاطر بسپارد و از این حافظه برای پردازش دنباله‌ای از ورودی‌ها استفاده کند. به بیان ساده، شبکه‌های عصبی بازگشتی شامل یک حلقه بازگشتی هستند که موجب می‌شود اطلاعاتی را که از لحظات قبلی بدست آورده‌ایم، از بین نروند و در شبکه باقی بمانند.



شکل ۲- یک بلوک شبکه عصبی بازگشتی

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، x_0 را از دنباله ورودی می‌گیرد، خروجی h_0 به همراه x_1 ، ورودی مرحله بعدی است. در مرحله بعد، خروجی h_1 و x_2 ورودی مرحله بعد است. به این ترتیب، شبکه در هنگام آموزش، قادر به یادآوری ورودی‌های قبلی خواهد بود. شبکه عصبی بازگشتی می‌تواند کاربردهایی به شرح زیر داشته باشد:

۱. **شرح‌نویسی عکس^۵:** شبکه عصبی بازگشتی با تحلیل حالت کنونی عکس، برای شرح‌نویسی عکس به کار می‌رود.

۲. **پیش‌بینی سری‌های زمانی^۶:** هر مسئله سری زمانی مانند پیش‌بینی قیمت یک سهام در یک ماه

1. Recurrent Neural Networks
2. NLP
3. Sequential data
4. Feed Forward
5. Image Captioning
6. Time Series Prediction

خاص، با RNN قابل انجام است.

۳. پردازش زبان طبیعی^۱: کاوش متن و تحلیل احساسات می‌تواند با استفاده از RNN انجام شود.

۴. ترجمه ماشینی^۲: شبکه RNN می‌تواند ورودی خود را از یک زبان دریافت و آن را به عنوان خروجی به زبان دیگری ترجمه کند.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

در جدول (۲)، پیل «الف»، برخی از مفاهیم آمار توصیفی متغیرها، شامل میانگین، میانه، حداقل، حداکثر، مشاهدات، حداکثر مشاهدات و انحراف معیار ارائه شده است. میانگین متغیر نقدینگی شرکت ۱/۶۱۴ می‌باشد که به توجه به انحراف معیار (۰/۸۱۸) از نوسان‌پذیری پایینی برخوردار است. میانگین متغیر سودآوری شرکت ۰/۱۶۳ بوده که با توجه به انحراف معیار ۰/۱۳۵ نوسان‌پذیری پایینی دارد. میانگین نسبت بدهی شرکت ۰/۵۵۳ است که نشان می‌دهد ۵۵/۳٪ منابع مالی شرکت از طریق بدهی تأمین مالی شده است.

جدول ۲- آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

پیل «الف»: متغیرهای پیوسته						
نام متغیرها	تعداد مشاهدات	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
دوره تصدی حسابرس	1650	4.020	3.000	16.000	1.000	4.120
استقلال حسابرسی	1650	0.052	0.039	0.154	0.004	0.043
تأخیر در ارائه گزارش حسابرسی	1650	4.343	4.419	4.771	3.689	0.337
حق‌الزحمه حسابرس	1650	5.260	6.818	8.547	4.514	3.292
اندازه شرکت	1650	14.851	14.636	18.067	12.421	1.503
نقدینگی شرکت	1650	1.614	1.387	3.894	0.633	0.818
نسبت بدهی شرکت	1650	0.553	0.559	0.909	0.174	0.206
سودآوری شرکت	1650	0.163	0.135	0.435	-0.049	0.135
عمر شرکت	1650	3.719	3.807	4.143	3.091	0.318
فرصت رشد شرکت	1650	7.057	4.411	28.587	1.029	7.168
اندازه صنعت	1650	18.741	18.771	21.292	15.897	1.579
سطح رقابت صنعت	1650	0.169	0.167	0.389	0.011	0.139

نام متغیرها	تعداد مشاهدات	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
مالکیت دولتی	1650	0.447	0.542	0.891	0.000	0.336
مالکیت نهادی	1650	0.539	0.640	0.918	0.046	0.321
مالکیت مدیریتی	1650	0.214	0.227	0.302	0.031	0.070
مالکیت سهامدار عمده	1650	0.496	0.510	0.863	0.127	0.204
اندازه کمیته حسابرسی	1650	2.901	3.000	5.000	0.000	0.850
استقلال کمیته حسابرسی	1650	0.668	0.667	1.000	0.000	0.260
تخصص مالی کمیته حسابرسی	1650	0.858	1.000	1.000	0.000	0.268
اندازه هیأت مدیره	1650	5.025	5.000	7.000	5.000	0.224
استقلال هیأت مدیره	1650	0.651	0.600	1.000	0.000	0.184
دوره تصدی مدیرعامل	1650	3.809	2.000	13.000	1.000	3.419
تخصص مالی هیأت مدیره	1650	0.684	0.800	0.800	0.133	0.191
ریسک سیستماتیک	1650	0.693	0.609	2.279	-0.593	0.755
ریسک غیرسیستماتیک	1650	0.151	0.143	0.305	0.046	0.073
نرخ تورم	1650	29.364	34.700	46.500	9.000	14.232
نرخ بهره	1650	18.677	18.000	23.660	12.500	3.389
نرخ ارز	1650	148249	42000	599000	25102	208814
نرخ رشد اقتصادی	1650	1.536	3.600	8.300	-7.000	4.534

پنل «ب»: آزمون t در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین

نام متغیرها	ریسک حسابرسی بالا (تعداد مشاهدات = ۵۰۳)	ریسک حسابرسی پایین (تعداد مشاهدات = ۱۱۹۱)	آماره t
دوره تصدی حسابرس	3.298	4.629	-3.221***
استقلال حسابرسی	0.040	0.057	-8.243***
تأخیر در ارائه گزارش حسابرسی	3.822	4.551	-1.726*
حق الزحمه حسابرس	5.072	5.815	-5.668***
اندازه شرکت	14.438	15.196	-11.453***
نقدینگی شرکت	1.201	1.781	-15.593***
نسبت بدهی شرکت	0.633	0.521	10.314***
سودآوری شرکت	0.037	0.213	-39.066***
عمر شرکت	3.701	3.728	-1.524
فرصت رشد شرکت	6.290	7.367	-2.616***
اندازه صنعت	18.700	18.758	-0.676
سطح رقابت صنعت	0.161	0.174	-1.676*

نام متغیرها	ریسک حسابرسی بالا (تعداد مشاهدات = ۵۰۳)	ریسک حسابرسی پایین (تعداد مشاهدات = ۱۱۹۱)	آماره t
مالکیت دولتی	0.488	0.425	2.773***
مالکیت نهادی	0.506	0.599	-2.200**
مالکیت مدیریتی	0.162	0.244	-4.295***
مالکیت سهامدار عمده	0.506	0.493	1.159
اندازه کمیته حسابرسی	2.903	2.900	0.078
استقلال کمیته حسابرسی	0.666	0.668	-0.152
تخصص مالی کمیته حسابرسی	0.741	0.891	-3.833***
اندازه هیأت مدیره	5.030	5.024	0.463
استقلال هیأت مدیره	0.591	0.666	-3.817***
دوره تصدی مدیرعامل	3.539	3.918	-2.156**
تخصص مالی هیأت مدیره	0.638	0.698	-2.146**
ریسک سیستماتیک	0.741	0.656	4.336***
ریسک غیر سیستماتیک	0.178	0.133	2.126**
نرخ تورم	30.874	25.627	6.769***
نرخ بهره	18.994	17.894	6.202***
نرخ ارز	168744.562	95425.347	6.602***
نرخ رشد اقتصادی	1.283	1.639	-1.378

* معناداری در سطح اطمینان ۹۰٪، ** معناداری در سطح اطمینان ۹۵٪، *** معناداری در سطح اطمینان ۹۹٪

پنل «پ»: آزمون کای دو در شرکت دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین			
نام متغیرها	ریسک حسابرسی بالا (تعداد مشاهدات = ۵۰۳)	ریسک حسابرسی پایین (تعداد مشاهدات = ۱۱۹۱)	آماره کای دو
اندازه حسابرس	89	328	23.255***
تغییر حسابرس	367	232	4.180**
رتبه‌بندی مؤسسه حسابرسی	103	360	26.178***
نوع اظهارنظر حسابرسی	164	762	14.232***
تخصص حسابرس	171	698	5.147**
نوع مالکیت (خصوصی در مقابل دولتی)	194	530	2.498*

* معناداری در سطح اطمینان ۹۰٪، ** معناداری در سطح اطمینان ۹۵٪، *** معناداری در سطح اطمینان ۹۹٪

با توجه به پنل «پ»، نتایج حاصل از آزمون t نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵٪ متغیرهای دوره تصدی حسابرس، استقلال حسابرسی، حق الزحمه حسابرس، اندازه شرکت، نقدینگی شرکت، سودآوری شرکت، فرصت رشد شرکت، مالکیت نهادی، مالکیت مدیریتی، تخصص مالی

کمیت‌ه حسابرسی، استقلال هیأت مدیره، دوره تصدی مدیرعامل و تخصص مالی هیأت مدیره در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین، تفاوت معناداری با هم دارند و میانگین متغیرهای مذکور در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا، در مقایسه با شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین، کمتر است. همچنین، در سطح اطمینان ۹۵٪ متغیرهای نسبت بدهی شرکت، مالکیت دولتی، ریسک سیستماتیک، ریسک غیرسیستماتیک، نرخ تورم، نرخ بهره و نرخ ارز، در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین، تفاوت معناداری با هم دارند و میانگین متغیرهای مذکور در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا در مقایسه با شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین، بیشتر است. در نهایت، در سطح اطمینان ۹۵٪ متغیرهای تأخیر در ارائه گزارش حسابرسی، عمر شرکت، اندازه صنعت، سطح رقابت صنعت، مالکیت سهامدار عمده، اندازه کمیت‌ه حسابرسی، استقلال کمیت‌ه حسابرسی، اندازه هیأت مدیره و نرخ رشد اقتصادی در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین، تفاوت معناداری با هم ندارند. با توجه به پدل «پ» نیز نتایج حاصل از آزمون کای دو نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵٪ متغیرهای اندازه حسابرس، تغییر حسابرس، رتبه‌بندی مؤسسه حسابرسی، نوع اظهارنظر حسابرسی و تخصص حسابرس در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین، تفاوت معناداری با هم دارند. نوع مالکیت (خصوصی در مقابل دولتی) در شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و ریسک حسابرسی پایین، تفاوت معناداری با هم ندارند.

۲-۴. فرآیند ایجاد مدل‌های پژوهش

به منظور پاسخگویی به سوالات و همچنین دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا مدل‌های مورد نظر در تحقیق حاضر شامل مدل‌های ایجاد با الگوریتم‌های حافظه طولانی کوتاه مدت، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی پیچشی و شبکه عصبی بازگشتی با استفاده از متغیرهای انتخاب شده براساس آزمون مقایسه میانگین دو نمونه ایجاد شده و نتایج با هم مقایسه می‌شوند.

۲-۴-۱. متغیرهای نهایی پژوهش

به منظور تعیین متغیرهای نهایی (با اهمیت) پژوهش، از میان متغیرهای اولیه پژوهش (۴۰ متغیر انتخاب شده براساس مبانی نظری و مطالعات تجربی)، از آزمون مقایسه میانگین دو نمونه مستقل استفاده شده است. به منظور بررسی مقایسه میانگین دو نمونه، ابتدا باید واریانس دو نمونه را مقایسه کرد؛ به عبارت دیگر، آزمون تساوی واریانس‌ها مقدم بر آزمون تساوی میانگین‌ها است. جهت تساوی واریانس‌ها از آزمون لوین که مبتنی بر آماره فیشر است، استفاده می‌شود. در این آزمون نیازی

نیست که توزیع داده‌ها نرمال باشد. آماره t جهت آزمون تساوی میانگین دو نمونه، در حالت تساوی و عدم تساوی واریانس دو نمونه مورد نظر، محاسبه می‌شود. در حالت تساوی واریانس‌ها از رابطه (۵) برای محاسبه آماره t استفاده می‌شود که در این حالت درجه آزادی برابر $df=n_1+n_2-2$ است.

رابطه (۵):

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (u_1 - u_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

رابطه (۶):

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

در حالت عدم تساوی واریانس‌ها، آماره t از رابطه (۷) و درجه آزادی از رابطه (۸) محاسبه می‌شوند.

رابطه (۷):

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (u_1 - u_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

رابطه (۸):

$$t = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

در آنها n_1 و n_2 تعداد اعضای نمونه اول و نمونه دوم و S_1 و S_2 انحراف معیار نمونه اول و دوم هستند. سپس براساس عدد t محاسبه شده طبق روابط فوق و عدد t طبق جدول با توجه به سطح خطای ۵ درصد، تفسیر داده‌ها انجام می‌شود. اگر عدد t محاسبه شده از عدد t طبق جدول کوچک‌تر باشد ($p\text{-value} < 0.05$)، معنادار بودن تفاوت میانگین‌های دو گروه پذیرفته شده، در غیر این صورت رد خواهد شد. با توجه به جدول (۲) نتایج حاصل از آزمون t نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵٪ متغیرهای دوره تصدی حسابرِس، استقلال حسابرِس، حق الزحمه حسابرِس، اندازه شرکت، نقدینگی شرکت، سودآوری شرکت، فرصت رشد شرکت، مالکیت نهادی، مالکیت مدیریتی، تخصص مالی کمیته حسابرِس، استقلال هیأت مدیره، دوره تصدی مدیرعامل، تخصص مالی هیأت مدیره، نسبت بدهی شرکت، مالکیت دولتی، ریسک سیستماتیک، ریسک غیرسیستماتیک، نرخ تورم، نرخ بهره، نرخ ارز، اندازه حسابرِس، تغییر حسابرِس، رتبه‌بندی مؤسسه حسابرِس، نوع اظهارنظر حسابرِس و تخصص حسابرِس در شرکت‌های دارای ریسک حسابرِس بالا و ریسک حسابرِس پایین، تفاوت معناداری با هم دارند. بنابراین، در ادامه به منظور پیاده‌سازی الگوریتم یادگیری عمیق از ۲۵ متغیر پیش‌بین انتخاب شده براساس آزمون t استفاده می‌گردد.

۲-۴. اجرای مدل‌ها

به منظور پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم‌ها باید داده‌های پژوهش را به دو دسته داده‌های آموزش و داده‌های آزمایش تقسیم کرد. از مجموعه داده‌های آموزش برای ساخت و از داده‌های آزمایش نیز برای ارزیابی مدل ایجاد شده در مرحله آموزش استفاده می‌شود. تکنیک‌های دسته‌بندی را می‌توان براساس معیارهایی مانند صحت، سرعت و پایداری با هم مقایسه نمود. صحت یک روش دسته‌بندی، بستگی به تعداد پیش‌بینی‌های درستی که آن مدل انجام می‌دهد، دارد. سرعت یک روش دسته‌بندی زمان لازم برای ساخت و استفاده از مدل در دسته‌بندی است و پایداری توانایی برخورد مدل در مواجهه با داده‌های غیرمعمول و یا مقادیر مفقود شده را نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی صحت و پایداری مدل‌ها، داده‌های پژوهش ۵۰ مرتبه به صورت تصادفی به دو دسته داده‌های آموزش و آزمایش تقسیم شده و ایجاد مدل و ارزیابی نتایج انجام می‌شود. به این صورت که، در هر مرتبه ۷۵ درصد داده‌ها را برای آموزش مدل و ۲۵ درصد آن برای ارزیابی و آزمایش مدل مورد استفاده قرار گرفته و میانگین نتایج حاصل از ۵۰ مرتبه اجرای هر مدل، به عنوان نتیجه نهایی آن در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳- پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر شبیه‌سازی	مقدار
تعداد نمونه‌های کل دیتاست	۱۶۵۰ سال - شرکت (مشاهده)
تعداد ویژگی هر نمونه	۲۵ ویژگی
تعداد نمونه‌های آموزش مدل	۱۲۳۸
تعداد نمونه‌های تست مدل	۴۱۲

۳-۲-۴. پارامترهای ارزیابی مدل

تشخیص یک روش دسته‌بندی بر روی داده‌ها که تنها دارای دو کلاس می‌باشد، با یکی از موارد مثبت درست (TP)، منفی نادرست (FN)، منفی درست (TN) و مثبت نادرست (FP) بیان می‌شود. بر این اساس می‌توان پارامتر صحت (یا دقت)^۱ را تعریف نمود. دقت، استانداردترین متریک برای خلاصه‌سازی عملکرد تشخیص در تمامی کلاس‌ها می‌باشد که به صورت فرمول زیر محاسبه می‌شود.

رابطه (۱۳):

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

همانگونه که در جدول (۴) نشان داده شده است، برای محاسبه دقت دسته‌بندی، ابتدا باید

ماتریس اغتشاش^۱ محاسبه شود. داده‌های روی قطر اصلی، تشخیص‌های درست روش دسته‌بندی استفاده شده است.

جدول ۴- ماتریس اغتشاش

True Positives (TP)	False Positives (FP)
False Negatives (FN)	True Negatives (TN)

با توجه به هدف پژوهش حاضر که پیش‌بینی ریسک حسابرسی است پارامترهای ماتریس اغتشاش به صورت زیر تعریف می‌شود:

TP: درصد تشخیص درست شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا

TN: درصد تشخیص درست شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین

FP: درصد تشخیص غلط شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا به عنوان شرکت‌های دارای

ریسک حسابرسی پایین

FN: درصد تشخیص غلط شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین به عنوان شرکت‌های دارای

ریسک حسابرسی بالا.

در ادامه ماتریس اغتشاش هر روش دسته‌بندی در پیش‌بینی ریسک حسابرسی نشان داده شده است.

نتایج حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان که در قالب ماتریس اغتشاش و در جدول (۵) آمده است، نشان می‌دهد که میزان خطای مدل در شناسایی شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین به ترتیب $8/9\%$ و $11/9\%$ می‌باشد. در حالت کلی، نتایج حاصل از الگوریتم SVM نشان می‌دهد که میزان دقت این مدل در پیش‌بینی ریسک حسابرسی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تقریباً $89/6\%$ است، این موضوع نشان‌دهنده آن است که با توجه به متغیرهای انتخاب شده به روش T-test و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، می‌توان با احتمال $89/6\%$ شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا را شناسایی کرد.

جدول ۵- نتایج ماتریس اغتشاش در پیش‌بینی ریسک حسابرسی (الگوریتم ماشین بردار پشتیبان)

SVM & T-test		
	Positive	Negative
Positive	0.911	0.119
Negative	0.089	0.881
Accuracy	0.896	

نتایج حاصل از الگوریتم شبکه عصبی پیچشی که در قالب ماتریس اغتشاش و در جدول (۶) ارائه شده است، نشان می‌دهد که میزان خطای مدل در شناسایی شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین به ترتیب $۱۳/۳\%$ و $۱۵/۱\%$ می‌باشد. در حالت کلی نتایج حاصل از الگوریتم CNN نشان می‌دهد که میزان دقت این مدل در پیش‌بینی ریسک حسابرسی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تقریباً $۸۵/۸\%$ است. این موضوع نشان‌دهنده آن است که با توجه به متغیرهای انتخاب شده به روش T-test و الگوریتم شبکه عصبی پیچشی، می‌توان با احتمال $۸۵/۸\%$ شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا را شناسایی کرد.

جدول ۶- نتایج ماتریس اغتشاش در پیش‌بینی ریسک حسابرسی (الگوریتم شبکه عصبی پیچشی)

CNN & T-test		
	Positive	Negative
Positive	0.867	0.151
Negative	0.133	0.849
Accuracy	0.858	

نتایج حاصل از الگوریتم شبکه عصبی بازگشتی که در قالب ماتریس اغتشاش و در جدول (۷) ارائه شده است، نشان می‌دهد که میزان خطای مدل در شناسایی شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا و شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی پایین به ترتیب $۲/۷\%$ و $۴/۵\%$ می‌باشد. در حالت کلی نتایج حاصل از الگوریتم RNN نشان می‌دهد که میزان دقت این مدل در پیش‌بینی ریسک حسابرسی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تقریباً $۹۶/۴\%$ است. این موضوع نشان‌دهنده آن است که با توجه به متغیرهای انتخاب شده به روش T-test و الگوریتم شبکه عصبی بازگشتی، می‌توان با احتمال $۹۶/۴\%$ شرکت‌های دارای ریسک حسابرسی بالا را شناسایی کرد.

جدول ۷- نتایج ماتریس اغتشاش در پیش‌بینی ریسک حسابرسی (الگوریتم شبکه عصبی بازگشتی)

RNN & T-test		
	Positive	Negative
Positive	0.973	0.045
Negative	0.027	0.955
Accuracy	0.964	

جدول ۸- خلاصه نتایج الگوریتم LSTM و سایر الگوریتم‌های یادگیری عمیق در پیش‌بینی ریسک حسابرسی

الگوریتم	Accuracy	FN
SVM	0.896	0.089
CNN	0.858	0.133
RNN	0.964	0.027

با توجه به جدول (۸)، به طور خلاصه نتایج حاصل از الگوریتم‌های یادگیری عمیق نشان می‌دهد که صحت کلی الگوریتم‌های SVM، CNN و RNN به ترتیب $89/6\%$ ، $85/8\%$ و $96/4\%$ می‌باشد، که نشان‌دهنده این است که الگوریتم RNN بهترین عملکرد و الگوریتم CNN بدترین عملکرد را در پیش‌بینی ریسک حسابداری دارد. به عبارت دیگر، نتایج نشان‌دهنده کارآ بودن الگوریتم شبکه عصبی بازگشتی نسبت به سایر الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌باشد. بنابراین، در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از بین سه الگوریتم SVM، CNN و RNN، الگوریتم RNN کاراترین مدل را برای پیش‌بینی ریسک حسابداری فراهم می‌کند.

۵. نتیجه‌گیری

در چشم‌انداز پویای حاکمیت مالی، تشخیص و پیشگیری از ریسک حسابداری برای اطمینان از یکپارچگی و قابلیت اطمینان صورت‌های مالی بسیار مهم است. عواقب فعالیت‌های متقلبانانه کشف نشده می‌تواند شدید باشد و نه تنها بر سلامت مالی سازمان‌ها، بلکه بر اعتماد سهامداران و سرمایه‌گذاران نیز تأثیر بگذارد. در نتیجه، توسعه مدل‌های موثر پیش‌بینی ریسک حسابداری در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ارزیابی ریسک حسابداری در یک کار حسابداری می‌تواند مستقیماً بر هزینه‌ها، زمان‌بندی و استراتژی‌ها و همچنین کیفیت حسابداری تأثیر بگذارد. مهم‌ترین چالش در ارزیابی ریسک حسابداری، توانایی تشخیص دقیق تحریفات مهم در صورت‌های مالی است. روش‌های مرسوم پیش‌بینی ریسک حسابداری، اغلب محدودیت‌هایی را در تمایز بین تغییرات نرمال و ناهنجاری‌های بالقوه نشان می‌دهند. هدف اصلی پژوهش حاضر استفاده از قابلیت‌های مدل‌سازی غیرخطی شبکه‌های عصبی برای افزایش حساسیت تشخیص و دقت پیش‌بینی ریسک حسابداری بوده است. نتایج حاصل از الگوریتم‌های یادگیری عمیق نشان می‌دهد که صحت کلی الگوریتم‌های SVM، CNN و RNN به ترتیب $89/6\%$ ، $85/8\%$ و $96/4\%$ می‌باشد که نشان‌دهنده آن است که الگوریتم RNN بهترین عملکرد و الگوریتم CNN بدترین عملکرد را در پیش‌بینی ریسک حسابداری دارد. به عبارت دیگر، نتایج نشان‌دهنده کارآ بودن الگوریتم شبکه عصبی بازگشتی نسبت به سایر الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌باشد. بنابراین، در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از بین سه الگوریتم SVM، CNN و RNN، الگوریتم RNN کاراترین مدل را برای پیش‌بینی ریسک حسابداری فراهم می‌کند. این نتایج تا حدودی با یافته‌های بدست آمده در پژوهش‌های همتی و همکاران (۱۳۹۹)، همتی و همکاران (۱۴۰۱)، او.ابومحسن و همکاران (۲۰۲۳)، الدین و همکاران (۲۰۲۳) هم‌خوانی دارد. در مجموع، از دیدگاه نظری، با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، این پژوهش اولین تحقیقی است که با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری

عمیق به پیش‌بینی ریسک حسابرسی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته است. همچنین با توجه به اینکه اظهارنظر حسابرس مستقل شرکت در خصوص قابلیت اطمینان صورت‌های مالی شرکت یکی از متغیرهای کلیدی در تصمیمات سرمایه‌گذاران است، این پژوهش با پیش‌بینی ریسک حسابرسی با بکارگیری الگوریتم حافظه طولانی کوتاه مدت و سایر الگوریتم‌های یادگیری عمیق، سهامداران، تحلیل‌گران و اعتباردهندگان را در اتخاذ تصمیمات اثربخش و کارآمد یاری کرده و در نتیجه باعث افزایش سطح کارایی بازار در بلندمدت می‌گردد. برای نهادهای نظارتی و تدوین‌کنندگان قوانین و استانداردها، مسئله تداوم فعالیت به ویژه ریسک حسابرسی، همواره در کانون توجه بوده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به سازمان حسابرسی، سازمان بورس و اوراق بهادار و سایر نهادهای نظارتی، رهنمودهای لازم را در زمینه تدوین قوانین و استانداردها ارائه دهد. درنهایت، نتایج این پژوهش می‌تواند حساب‌رسان را در زمینه گردآوری شواهد و ارزیابی شواهد یاری کرده و ایده‌های جدیدی در اختیار پژوهشگران و دانشگاہیان قرار دهد.

منابع

- اعتمادی، حسین؛ آذر، عادل؛ ناظمی اردکانی، مهدی (۱۳۸۹). بررسی نقش تخصص حسابرس در صنعت بر مدیریت واقعی سود و عملکرد عملیاتی آتی. *دانش حسابداری*، ۱(۱)، ص ۲-۹.
- حیدی نژاد، قدرت اله؛ جمشیدی نوید، بابک؛ قنبری، مهرداد (۱۴۰۰). ارتباط بین اثربخشی کمیته حسابرسی و ریسک حسابرسی. *تحقیقات حسابداری و حسابرسی*، ۱۳(۵۲)، ص ۱۸۵-۲۰۶.
- دارابی، رویا؛ علیزاده پیرعلی؛ فرخ، دبستانی، محمد (۱۳۹۹). مروری بر ادبیات نظری تجربی در خصوص تأثیر شرایط اقتصاد کلان بر ریسک حسابرسی. *چشم‌انداز حسابداری و مدیریت*، ۳(۳۷)، ص ۱۲-۱۸.
- زارعیان، حسین؛ حجازی، محسن (۱۴۰۲). ارائه مدل ریسک حسابرسی مالیاتی در طرح جامع مالیاتی با رویکرد ترکیبی ISM-ANP. *پژوهش‌های تجربی حسابداری*، ۱۳(۱)، ص ۶۱-۸۰.
- غلامی، حسین؛ دشتبانی، قاسم (۱۴۰۰). بررسی رابطه بین کیفیت حسابرسی و ریسک حسابرسی در شرکت‌های پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران. *چشم‌انداز حسابداری و مدیریت*، ۴(۴۹)، ص ۱۲۲-۱۳۵.
- فریدی مایوان، مریم؛ مومی، علیرضا؛ مقدم، عبدالکریم (۱۴۰۱). آزمون ارزیابی ریسک حسابرسی تحت تأثیر افشای مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها. *دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت*، ۱۱(۴۳)، ص ۳۲۱-۳۰۹.
- مهدوی، غلامحسین؛ نمازی، نویدرضا (۱۳۹۰). رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر خطر حسابرسی با استفاده از تکنیک TOPSIS. *دانش حسابداری*، ۱۱(۴۵)، ص ۲۸-۵۰.
- نمازی، محمد؛ ابراهیمی، شهبان (۱۳۹۱). بررسی ارتباط بین ساختار رقابتی بازار محصول و بازده سهام. *دانش حسابداری مالی*، ۲(۳)، ص ۹-۲۷.
- همتی، داود؛ طلوعی اشلقی، عباس (۱۴۰۱). ارزیابی ریسک حسابرسی با استفاده از رویکرد داده‌کاوی مبتنی بر شبکه‌های عصبی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *دانش حسابداری*، ۵(۸۹)، ص ۲۴۵-۲۱۶.
- همتی، داود؛ عرب‌صالحی، مهدی؛ طلوعی اشلقی، عباس (۱۳۹۹). ارزیابی ریسک حسابرسی با استفاده از رویکرد داده‌کاوی (مطالعه موردی: تسهیلات بانکی). *دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت*، ۹(۳۴)، ص ۱۵۷-۱۶۷.
- Al-Din, S., Al-Hayik, Y. & Abu-Naser, S.S. (2023). Neural Network-Based Audit Risk Prediction: A Comprehensive Study. *International Journal of Academic Engineering Research*, 7(10), p. 43-51.
- Becker, C.L., DeFond, M.L., Jambalvo, J. & Subramanyam, K.R. (1998). The effect of audit quality on earnings management. *Contemporary Accounting Research*, 15(1), p. 1-24.
- Behn, B.K., Choi, J.H. & Kang, T. (2008). Audit quality and properties of analyst earnings forecasts. *The Accounting Review*, 83(2), p. 327-349.
- Blankley, J.S., Hurtt, R.K. & MacGregor, J.C. (2012). Abnormal audit fees and restatements. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 31(1), p. 79-105. <https://doi.org/10.2308/ajpt-50560>
- Bockus, K. & Gigler, F. (1998). A theory of auditor resignation. *Journal of Accounting Research*, 36(2), p. 191-208. <https://doi.org/10.2307/2491474>
- Caramanis, C. & Lennox, C. (2008). Audit effort and earnings management. *Journal of accounting and economics*, 45(1), p. 116-138.
- Chen, S., Sun, L. & Wu, D. (2010). Client importance, institutional improvements, and audit quality in China: An office and individual auditor level analysis. *Accounting Review*, 85(1), p. 127-158.

- <https://doi.org/10.2308/accr.2010.85.1.127>
- Choi, J.H. & Wong, T.J. (2007). Auditors' governance functions and legal environments: An international investigation. *Contemporary Accounting Research*, 24(1), p. 13-46.
- DeAngelo, L.E. (1981). Auditor size and audit quality. *Journal of Accounting and Economics*, 3(3), p. 183-199.
- Dechow, P. M., Sloan, R. G., & Sweeney, A.P. (1995). Detecting earnings management: A new approach. *Journal of Accounting Research*, 33(2), p. 193-225.
- DeFond, M. & Zhang, J. (2014). A review of archival auditing research. *Journal of Accounting and Economics*, 58(2), p. 275-326.
- Deng, M., Lu, T. & Wen, X. (2023). Does Audit Risk Disclosure Improve or Impair Audit Quality and Investment Efficiency? <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4540951>.
- Fan, J.P. & Wong, T.J. (2005). Do external auditors perform a corporate governance role in emerging markets? Evidence from East Asia. *Journal of Accounting Research*, 43(1), p. 35-72.
- Glover, S.M., Jiambalvo, J. & Kennedy, J. (2000). Analytical procedures and audit-planning decisions. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, no. 19, p. 27-46.
- Glover, S.M., Prawitt, D.F., Schultz Jr., J.J. & Zimbelman, M.F. (2003). A test of changes in auditors' fraud-related planning judgments since the issuance of SAS No. 82. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, no. 22, p. 237-251.
- Hagiha, Z. (2012). Application of Delphi method for determining the affecting factors upon audit risk model. *Management Science Letters*, 2(1), p. 379-390.
<http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2011.07.006>.
- Hammersley, J.S., Johnstone, K. & Kadous, K. (2011). How do audit seniors respond to heightened fraud risk? *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 30(3), p. 81-101.
- Hogan, C.E. & Wilkins, M.S. (2008). Evidence on the audit risk model: Do auditors increase audit fees in the presence of internal control deficiencies? *Contemporary Accounting Research*, 25(1), p. 219-242.
- Huang, A.H., Zang, A.Y. & Zheng, R. (2014). Evidence on the information content of text in analyst reports. *The Accounting Review*, 89(5), p. 2151-2180. <https://doi.org/10.2308/accr-50833>
- Jiambalvo, J. & Waller, W. (1984). Decomposition and assessments of audit risk. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, no. 3, p. 80-88.
- Khurana, I.K. & Raman, K.K. (2004). Litigation risk and the financial reporting credibility of Big 4 versus non-Big 4 audits: Evidence from Anglo-American countries. *The Accounting Review*, 79(2), p. 473-495.
- Kim, J.B., Lee, J.J. & Park, J.C. (2015). Audit quality and the market value of cash holdings: The case of office-level auditor industry specialization. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 34(2), p. 27-57.
- Krishnan, G.V. (2003). Does Big 6 auditor industry expertise constrain earnings management? *Accounting horizons*, no. 17, p. 1-16.
- Krishnan, J., Li, C. & Wang, Q. (2013). Auditor industry expertise and cost of equity. *Accounting Horizons*, 27(4), p. 667-691.

- Kurt, A.C. (2022). *Audit Risk and the Benefits of Employing Specialist Auditors: Evidence from Firms with Major Government Customers*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4199751>.
- MohammadRezaei, F. & Mohd-Saleh, N. (2018). Audit report lag: the role of auditor type and increased competition in the audit market. *Accounting & Finance*, 58(3), p. 885–920. <https://doi.org/10.1111/acfi.12237>.
- O. Abu-Mehsen, D., Abu Nasser, M.S., Hasaballah, M.A. & Abu-Naser, S.S. (2023). Predicting Audit Risk Using Neural Networks: An In-depth Analysis. *International Journal of Academic Information Systems Research*, 7(10), p. 48-56.
- O'Donnell, E. & Schultz, J.J. (2003). The influence of business-process-focused audit support software on analytical procedures judgments. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, no. 22, p. 265-279.
- Palmrose, Z.-V. (1986). Audit fees and auditor size: Further evidence. *Journal of Accounting Research*, 24(1), p. 97-110. <https://doi.org/10.2307/2490806>
- Porcuna-Enguix, L., Bustos-Contell, E., Serrano-Madrid, J. & Labatut-Serer, G. (2021). Constructing the Audit Risk Assessment by the Audit Team Leader When Planning: Using Fuzzy Theory. *Mathematics*, no. 9. <https://doi.org/10.3390/math9233065>
- Robin, A., Wu, Q. & Zhang, H. (2017). Auditor quality and debt covenants. *Contemporary Accounting Research*, 34(1), p. 154-185.
- Simunic, D.A. & Stein, M.T. (1996). Litigation risk and audit pricing. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 15(2), p. 119-134.
- Simunic, D.A. (1980). The pricing of audit services: Theory and evidence. *Journal of Accounting Research*, 18(1), p. 161-190.
- Stanley, J.D. (2011). Is the audit fee disclosure a leading indicator of clients' business risk? *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, p. 30(3). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1750589>
- Watts, R.L. & Zimmerman, J.L. (1983). Agency problems, auditing, and the theory of the firm: Some evidence. *Journal of law and Economics*, 26(3), p. 613-633.
- Wilks, T.J. & Zimbelman, M.F. (2004). Decomposition of fraud-risk assessments and auditors' sensitivity to fraud cues. *Contemporary Accounting Research*, no. 21, p. 719-745.
- Wu, Y. & Wilson, M. (2016). Audit quality and analyst forecast accuracy: The impact of forecast horizon and other modeling choices. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 35(2), p. 167-185.
- Zimbelman, M.F. (1997). The effects of SAS No. 82 on auditors' attention to fraud risk factors and audit planning decisions. *Journal of Accounting Research*, no.35, p. 75-97.