

## Predicting Financial Health with a Legalistic AI Approach Emphasizing the Role of Governance System Criteria<sup>1</sup>

Parisa Pazouki<sup>2</sup>, Fatemeh Saraf<sup>3</sup>, Mahbobe Jafari<sup>4</sup>, Ali Baghani<sup>5</sup>

Received: 2020/09/07

Accepted: 2021/04/12

Research Paper

### Abstract

Financial health means the ability to profitability and continuity of activity of the economic unit, which is very important for all shareholders and stakeholders, and basically all stakeholders in economic units are interested in having appropriate tools that can assess and predict the profitability and continuity of activity. The purpose of this study is to identify the factors affecting financial health and predict the degree of financial health of companies listed on the Tehran Stock Exchange. For this purpose, the data of 138 companies (1104 companies-years) during the years 2011 to 2018 and Matlab software were used to test the research hypotheses. Variable selection test performed using artificial intelligence algorithm to analyze neighboring components showed that among the criteria of the management system, the ratio of non-executive managers, the ratio of institutional owners, the size of the audit committee and the independence of the audit committee and change of CEO to explain the financial health of companies. Also, in order to predict the degree of financial health of companies listed on the Tehran Stock Exchange, the decision-oriented algorithm of the decision tree was used. The financial health of companies listed on the Tehran Stock Exchange.

**Keyword:** Governance System, Financial Health, Legalistic Artificial Intelligence Approach.

**JEL Classification:** G34, K32, I18, I28.

<sup>1</sup>. DOI: 10.22051/JERA.2021.32931.2726

2. Ph.D. Student, Department of Accounting, Faculty of Economics and Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (parisapazouki@yahoo.com).

3. Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Economics and Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). (f.saraf2@gmail.com).

4. Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Economics and Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (jafari.f@gmail.com).

5. Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Economics and Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (alibaghani@gmail.com).

## پیش‌بینی سلامت مالی با رویکرد هوش مصنوعی قانون‌گرا با تأکید بر نقش معیارهای نظام راهبری<sup>۱</sup>

پریسا پازوکی<sup>۲</sup>، فاطمه صراف<sup>۳</sup>، محبوبه جعفری<sup>۴</sup>، علی باغانی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳

مقاله پژوهشی

### چکیده

سلامت مالی به مفهوم توان سودآوری و تداوم فعالیت واحد اقتصادی می‌باشد که برای کلیه سهامداران و ذینفعان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و اساساً همه‌ی ذینفعان در واحدهای اقتصادی به داشتن ابزارهای مناسبی که بتوانند سودآوری و تداوم فعالیت واحدها را ارزیابی و پیش‌بینی کنند علاقه‌مندند. هدف این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر بر سلامت مالی و پیش‌بینی درجه سلامت مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات ۱۳۸ شرکت (۱۱۰۴ شرکت - سال) طی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ و نرم افزار متلب<sup>۶</sup> جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش استفاده شد. آزمون متغیر گزینی که با استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه انجام شد نشان داده است که از بین معیارهای نظام راهبری نسبت مدیران غیرموظف، نسبت مالکان نهادی، اندازه کمیته حسابرسی و استقلال کمیته حسابرسی و تغییر مدیرعامل جهت تبیین سلامت مالی شرکت‌ها بالاترین تأثیر را دارد و همچنین جهت پیش‌بینی درجه سلامت مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از روش الگوریتم قانون‌گرا درخت تصمیم استفاده شد که نتایج پیش‌بینی حاکی از قدرت بالای الگوریتم هوش مصنوعی قانون‌گرای درخت تصمیم (با قدرت بیش از ۸۰ درصد) جهت پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نظام راهبری، سلامت مالی، رویکرد هوش مصنوعی قانون‌گرا.

طبقه بندی موضوعی: G34، K32، I18، I28

10.22051/JERA.2021.32931.2726 :DOI

۲. دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (parisapazouki@yahoo.com)

۳. استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). (f.saraf2@gmail.com)

۴. استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (jafari.f@gmail.com)

۵. استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (alibaghani@gmail.com)

https://jera.alzahra.ac.ir

6. Matlab

## مقدمه

رقابت روزافزون بنگاه‌های اقتصادی، دستیابی به سود را محدود و احتمال ناتوانی در ایفای تعهدات و توقف فعالیت‌های آن‌ها را افزایش داده است. ورشکستگی‌های بی‌سابقه اخیر شرکت‌های بزرگ در سطح بین‌المللی و نوسان‌های بورس اوراق بهادار در ایران، وجود بحران‌های مالی در شرکت‌ها و صنایع مهم داخلی و تأثیر آن‌ها در ورشکستگی و نابودی شرکت‌ها که از آن‌ها به سونامی وحشتناک مالی می‌توان یاد کرد، نگرانی‌هایی را ایجاد کرده است که نیاز به ارزیابی توان و سلامت مالی شرکت‌ها با توجه به شرایط محیطی نشان می‌دهد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸).

عدم وجود سلامت مالی یا به عبارتی فساد به عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدها در جهت ثبات اقتصادی، توسعه و پیشرفت، مسیر رشد اقتصادی را با موانع بسیار مواجه می‌سازد و بر توسعه اقتصادی بالاخص اقتصادهای باز تأثیرات نامطلوبی دارد. نقطه مقابل فساد مالی موضوع سلامت مالی است. یعنی نظام اداری و مالی با رعایت اصول و مقررات حاکم و با توجه به نظام اداری و مالی و از قبل طراحی شده، وظایف خود را به خوبی و برای نیل به بهره‌وری سازمانی اجرا می‌نماید (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸).

هزینه اقتصادی در شکست‌های تجاری مهم است و سلامت درخطر (ورشکستگی) بر اقتصاد ملی و روند شاخص‌های عمده اقتصادی مانند خرید و فروش، صادرات و تولید مؤثر است. بحران مالی و نهایتاً به مخاطره افتادن سلامت مالی سازمان‌های تجاری می‌تواند زیان‌های هنگفتی را برای سهامداران، مدیران، شرکت‌ها و اقتصاد کشور ایجاد کند، می‌توان گفت شرکت‌های دارای سلامت مالی، پرداختی‌های به موقعی دارند و دارای توانایی مدیریت دارایی هستند. این امر تأثیر واقعی در زندگی و توانایی افراد و حتی در شانس این که رویاهایشان را دنبال کنند، دارد (تاران، ۱۳۹۴). بنابراین اهمیت انجام تحقیقی که بتواند به حل این مسئله کمک کند، ضرورت می‌یابد. در واقع باید بتوان از طریق مدلی، وقوع احتمالی خطر سلامت مالی در شرکت‌های تولیدی را پیش‌بینی کرد و پس از آن با علت‌یابی و استفاده از روش‌های حل مسئله به اصلاح امور شرکت پرداخت (تقوی و پورعلی، ۱۳۸۹). پیش‌بینی ورشکستگی و میزان سلامت مالی شرکت‌ها هنوز موضوعی مهم است که توجه قابل توجهی را به خود جلب می‌کند. اطلاعات در مورد تهدید ورشکستگی قریب‌الوقوع یک جنبه مهم در تصمیم‌گیری مدیران، مؤسسات

مالی و سازمان‌های دولتی است (زوریکا و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰). مدل‌های پیش‌بینی سلامت مالی به مدیران و ذینفعان برای پیگیری عملکرد یک شرکت در طول چند سال و همچنین به شناسایی روندهای مهم نیز کمک می‌کند.

راهبری شرکتی، ابزار سهامداران، اعتباردهندگان و سایر ذینفعان شرکت است که به وسیله آن منافع خود را در برابر تهدیدهای موجود از بابت نوسان‌ها و بحران‌های مالی حفظ می‌کنند. به عبارتی، راهبری شرکتی، در جهت کاهش تضاد منافع عنوان‌شده در نظریه نمایندگی گام بر می‌دارد. در ادبیات پژوهش، پژوهش‌های متعددی درباره رابطه راهبری شرکتی و عملکرد شرکت وجود دارد، اما پژوهش‌های انگشت‌شماری درباره راهبری شرکتی و سلامت مالی وجود دارد. همان‌طور که لاکشان و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) در پژوهش خود عنوان می‌کنند، راهبری شرکتی ضعیف، باعث تضعیف سلامت مالی و در نهایت ورشکستگی خواهد بود. تفاوت در ویژگی‌های حاکمیت شرکتی کاربرد بااهمیتی در تصمیمات کسب و کار دارد خصوصاً زمانی که ریسک عدم موفقیت بالا باشد، تحقیقات مربوط به حاکمیت شرکتی به دو صورت نقش ذینفعان و تمرکز مالکیت در سلامت مالی شرکت‌ها را مطرح کردند. از یک طرف برخی نویسندگان نشان دادند که ذینفعان می‌توانند نقش بااهمیتی به عنوان یک مکانیزم کنترل داخلی در نظارت مدیریت و جلوگیری از شکست شرکت ایفا کنند و رفتار فرصت طلبانه مالکان را کاهش دهند. از طرف دیگر تمرکز مالکیت می‌تواند اثرات مضری داشته باشد. به این صورت که ذینفعان می‌توانند از قدرت خود استفاده کرده و دارایی‌های شرکت را به تأمین مالی سایر کسب و کارها انتقال دهند (وانگ و دنگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶).

بنابراین، پژوهش حاضر بر آن است تا میزان تأثیر راهبری شرکتی را بر سلامت مالی شرکت‌ها بررسی کند. هدف اصلی این تحقیق آن است تا با شناخت مؤلفه‌های نظام راهبری مؤثر بر سلامت مالی، اقدام به پیش‌بینی سطح سلامت مالی شرکت‌ها نماید.

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

حاکمیت شرکتی پس از بروز بحران مالی در روسیه، آسیا و امریکای لاتین به یکی از دغدغه‌های سیاست‌گذاران در خیلی از کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. انحلال و

1. Zoričák et al  
2. Lashkan et al  
3. Wang & Deng

سقوط کمپانی‌هایی مانند انرون نشان داد که حتی کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی همچون ایالات متحده نیز از نتایج فاجعه‌بار نظام حاکمیت شرکتی مناسب مصون نیست. مطالعات نشان داده است که استانداردهای پایین حاکمیت شرکتی هزینه سرمایه را افزایش داده، کارایی صنایع را کاهش می‌دهد و همچنین موجب اختلال در سرمایه‌گذاری می‌شود (برادران حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). مالکان نهادی ترجیح می‌دهند در شرکت‌های با سلامت مالی بالا سرمایه‌گذاری نمایند و همچنین حضور آن‌ها به‌طور خودکار از طریق تأثیر مثبتشان روی راهبری شرکتی باعث بهبود سلامت مالی شرکت‌ها می‌گردد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

نظام راهبری ضعیف، موجب ضعیف شدن سلامت مالی در کشور و بروز فساد مالی می‌شود. این دلیلی است که سیاست‌گذاران در اقصی نقاط جهان برای اهمیت دادن به حاکمیت شرکتی بیان می‌کنند (هنرمند و گرایلو، ۱۳۹۷). وقفی و دارابی (۱۳۹۹) نشان دادند که کمیته حسابرسی نقش خود را در شرکت‌هایی که دچار درماندگی مالی می‌باشند به‌خوبی ایفا نمی‌کند به‌طوری‌که در این شرکت‌ها، ارقام سود از قانون بنفورد تبعیت نمی‌کنند. سیدی و همکاران (۱۳۹۸) ارزیابی شاخص‌های سلامت مالی بانک‌های تجاری از دیدگاه خبرگان بانکی را انجام دادند. یافته‌ها نشان داد از دیدگاه خبرگان بانکی و دانشگاهی، علاوه بر شاخص‌های کفایت سرمایه، کیفیت دارایی، سودآوری، نقدینگی، کیفیت مدیریت و حساسیت نسبت به ریسک بازار، شاخص‌های دیگری نظیر بانکداری اسلامی، حاکمیت شرکتی و الزامات قانونی بر سلامت مالی بانک‌ها تأثیرگذار هستند. رمضان‌ی و همکاران (۱۳۹۶) به ارائه مدل ارزیابی و پیش‌بینی سلامت بانک‌های منتخب ایران با استفاده از شاخص‌های کم‌لزا<sup>۱</sup> پرداختند. نتایج حاکی از آن است که ۶ نسبت با قدرت ۷۵٫۲ درصد توان ارزیابی و پیش‌بینی سلامت بانک‌ها را دارند. سنجش عملی مدل طراحی‌شده نیز بیانگر صحت پیش‌بینی ۷۰ درصدی مدل می‌باشد. پورعلی (۱۳۹۲) در تحقیقی با عنوان «ارائه مدل برای سنجش و ارزیابی سلامت مالی در شرایط ایران» به این نتیجه رسید که اطلاعات مالی منتشره در سطوح مختلف سلامت مالی شرکت‌ها بار اطلاعاتی مناسبی دارند. هرچند توجه به این نکته نیز حائز اهمیت است که بار اطلاعاتی موارد مختلف گزارش‌شده در صورت‌های مالی یکسان نمی‌باشد. نسبت‌های مربوط به تحلیل وضعیت فعالیت، اهرم مالی، ارزش بازار و در وضعیت ارزش آفرینی متغیر ارزش افزوده نقدی شرکت‌های سالم،

میانی و درمانده نتوانسته است سهم بااهمیتی در نشان دادن تفاوت در طبقه‌بندی‌ها داشته باشند، هرچند در وضعیت اهرم مالی و مدیریت بدهی‌ها نسبت بدهی تفاوت در سطوح مختلف سلامت مالی را نشان می‌دهد و از طرف دیگر نسبت‌های مرتبط با تحلیل وضعیت‌های نقدینگی و ارزش آفرینی (غیر از ارزش افزوده نقدی) سهم بااهمیتی در نشان دادن تفاوت معنی‌داری سطوح مختلف سلامت مالی دارند.

فرانسیسکو<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) در این مقاله تأثیر حقوق صاحبان سهام بر کارایی سرمایه‌گذاری و چگونگی شکل‌گیری سلامت مالی شرکت‌ها تجزیه و تحلیل می‌شود. وی با استفاده از تغییرات سری زمانی در کشور و تغییرات بین اعتبارات بین‌کشوری، دریافت که حمایت بیشتر از حقوق صاحبان سهام، کارایی سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های دارای سلامت مالی بهبود می‌بخشد اما در شرکت‌های دارای پریشانی مالی وضعیت را دچار مشکل می‌سازد. تأثیر بر کارایی سرمایه‌گذاری بیشتر از طریق تغییر در سرمایه‌گذاری بیش از حد در سرمایه‌گذاری کم انجام می‌شود. پروکسی‌ها و معیارهای جایگزین برای کنترل حقوق صاحبان سهام برای حقوق قراردادی و اجرایی نتایج نسبت به مشخصات مدل جایگزین و کنترل متغیرهای حذف شده قوی هستند.

فطریه و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) تأثیر حاکمیت شرکتی و سلامت مالی بر ارزش شرکت‌های ثبت شده در بورس سهام اندونزی را بررسی کردند. هدف اصلی که باید توسط یک شرکت به دست آید، افزایش ارزش آن است. با داشتن ارزش شرکت بالا، مالکان به موفقیت بیشتری دست خواهند یافت. ارزش شرکت یک شرط خاص است که شرکت در قیمت بازار سهام منعکس می‌شود. استراتژی‌هایی برای افزایش آن مهم هستند. هدف این مطالعه تعیین تأثیر حاکمیت شرکتی بر ارزش شرکت و تعیین شرایط سلامت مالی بر ارزش شرکت در ۲۹ شرکت بورس اوراق بهادار اندونزی در طول دوره ۲۰۱۴ - ۲۰۱۷ می‌باشد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که: (۱) حاکمیت شرکتی خوب بر ارزش شرکت تأثیر نمی‌گذارد. (۲) شرایط سلامت مالی تأثیر مثبتی بر ارزش شرکت دارد.

سون و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) روش تحلیلی داده‌ها برای پیش‌بینی ورشکستگی را ارائه دادند. آن‌ها بیان می‌کنند مسئله پیش‌بینی ورشکستگی طی دهه‌های گذشته به شدت مورد بررسی قرار گرفته است. از

1. Francisco

2. Fitriyah et al

3. Son et al

مدل‌های آماری سنتی تا مدل‌های یادگیری ماشین، مدل‌های پیش‌بینی مختلف توسعه یافته و به مجموعه داده‌های مختلف اعمال می‌شود. آن‌ها به حل چولگی که مشخصه داده‌های مالی است، تمرکز کرده‌اند. با حل این مشکل، آن‌ها ۱۷ درصد پیشرفت را در مقایسه با مدل‌های موجود به دست آوردند. مدل پیش‌بینی ورشکستگی آن‌ها از دقت پیش‌بینی بالا با توضیحات روشن برخوردار است و بنابراین مستقیماً در صنعت کاربرد دارد. میگلاتی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) رابطه‌ی بین استقرار داوطلبانه‌ی سازوکارهای نظام راهبری شرکتی و سطح سلامت مالی شرکت‌های استرالیایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، پذیرش و استقرار داوطلبانه‌ی سازوکارهای نظام راهبری شرکتی، احتمال در ماندگی مالی شرکت‌ها را کاهش می‌دهد. بردارت<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) بر این باور است که ساختار مناسب نظام راهبری احتمال مواجهه با درماندگی مالی را کاهش می‌دهد. اکسی<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) از مدل درخت تصمیم در داده‌کاوی برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرد. ۱۵ متغیر را به کار گرفت. الگوریتم کارت<sup>۴</sup> ۹۲/۸۷٪ داده‌ها را در گام آموزش و ۸۸/۵۷٪ داده‌ها را در گام تست به درستی پیش‌بینی کرد در حالی که ۱۲/۰۸٪ از شرکت‌های ورشکسته در گام آموزش و ۱۱/۴۳٪ را در گام تست با خطا پیش‌بینی کرد. با توجه به تحلیل پیشینه پژوهش می‌توان بیان کرد در حوزه سلامت مالی و هوش مصنوعی مقالات و پژوهش‌هایی انجام شده است اما با توجه به شاخص سلامت مالی مدنظر این پژوهش (با استفاده هم‌زمان از شاخص‌های مرتبط با سلامت مالی) و رویکرد نوین هوش مصنوعی (رویکرد دو مرحله‌ای متغیر گزینی و پیش‌بینی) می‌توان بیان کرد که این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌های مرتبط دارای نوآوری و همچنین دارای ارزش افزوده علمی می‌باشد. بدین منظور با توجه به اینکه تبیین و پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ضرورت در نظر گرفته شود در این پژوهش با یک رویکرد نوآورانه در هوش مصنوعی اقدام به تحلیل و شناسایی عوامل مؤثر نظام راهبری بر سلامت مالی و همچنین پیش‌بینی درجه سلامت مالی شرکت‌ها در آینده شده است.

### روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی است و در آن از طرح شبه تجربی و رویکرد پس‌رویدادی استفاده شده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش آنالیز همسایه معیارهایی که با سلامت مالی رابطه و همبستگی بالایی دارد انتخاب می‌شود. در این پژوهش ابتدا با استفاده روش

1. Miglani et al  
2. Bredart  
3. Eksi  
4. CART

تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه معیارهایی که با سلامت مالی رابطه و همبستگی بالایی دارد انتخاب می‌شود. این الگوریتم از تابع جستجوی هیوریستیک از نقطه نظر فرآیند تولید و از معیار مبتنی بر فاصله از نقطه نظر تابع ارزیابی استفاده می‌کند. الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه<sup>۱</sup> یک رویکرد فیلتر برای انتخاب متغیرهای مستقل است که روشی غیر پارامتری و جاسازی شده برای انتخاب ویژگی با هدف حداکثر رساندن دقت پیش‌بینی الگوریتم‌های رگرسیون و طبقه‌بندی است. سپس با استفاده از روش قانون‌گرا اقدام به پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها می‌شود. در این تحقیق برای این که نمونه آماری یک نماینده مناسب از جامعه آماری مورد نظر باشد، از روش حذف سیستماتیک استفاده شده است. برای این منظور ۴ معیار زیر در نظر گرفته شده و در صورتی که شرکتی کلیه معیارها را احراز کرده باشد به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شده و مابقی حذف می‌شوند.

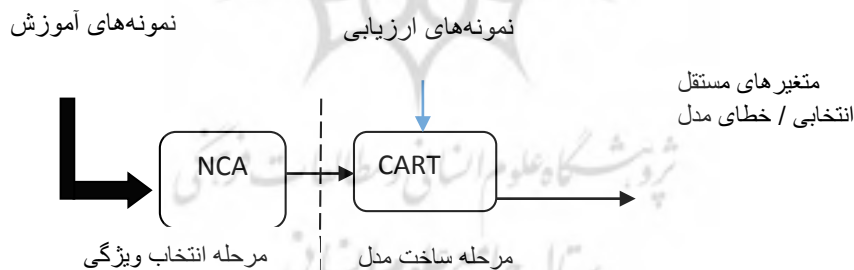
- به لحاظ افزایش قابلیت مقایسه سال مالی شرکت منتهی به ۲۹ اسفند بوده و شرکت طی بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ سال مالی و نوع فعالیت خود را تغییر نداده باشند
  - به لحاظ ساختار گزارشگری جداگانه‌ای که شرکت‌های سرمایه‌گذاری و واسطه‌گری مالی (لیزینگ‌ها و بیمه‌ها و هلدینگ‌ها و بانک‌ها و مؤسسات مالی) دارند از نمونه حذف می‌شوند
  - اطلاعات مالی آن‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ در دسترس باشد.
  - شرکت‌های نمونه آماری در دوره زمانی مدنظر پژوهش، فعال بوده‌اند و وقفه معاملاتی بیش از ۶ ماه نداشته باشند.
- با توجه به شرایط فوق تعداد ۱۳۸ شرکت طی مدت ۸ سال جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش انتخاب شده است.

### رویکرد پیشنهادی

مسئله انتخاب متغیرهای مستقل، یکی از مسائلی است که در مبحث هوش مصنوعی مطرح است. این مسئله در رویکردهای طبقه‌بندی همچون سلامت مالی مؤثر است، زیرا در این کاربردها تعداد زیادی متغیرهای مستقل وجود دارد که بسیاری از آن‌ها یا بلااستفاده هستند و یا اینکه بار اطلاعاتی چندانی ندارند. در این پژوهش از متغیرهای مستقل (نظام راهبری) مختلفی



برای پیش‌بینی سلامت مالی استفاده شده است. حذف نکردن این متغیرهای مستقل مشکلی از لحاظ اطلاعاتی ایجاد نمی‌کند، ولی بار محاسباتی الگوریتم را بالا می‌برد. علاوه بر این باعث می‌شود که اطلاعات غیرمفید زیادی به همراه داده‌های مفید ذخیره شود. در این مقاله، الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه<sup>۱</sup> برای انتخاب متغیرهای مستقل انتخاب شده است. این الگوریتم از تابع جستجوی هیوریستیک از نقطه نظر فرآیند تولید و از معیار مبتنی بر فاصله از نقطه نظر تابع ارزیابی استفاده می‌کند. متغیرهای مستقل انتخابی به الگوریتم یادگیرنده درخت تصمیم<sup>۲</sup> داده می‌شود تا یک مدل جهت پیش‌بینی سلامت مالی ساخته شود. در این بخش رویکرد فیلتر پیشنهادی برای انتخاب متغیرهای مستقل به همراه ارائه مدل پیش‌بینی سلامت مالی بیان می‌گردد. این رویکرد شامل دو مرحله است، مرحله اول انتخاب یک زیرمجموعه از متغیرهای مستقل توسط الگوریتم ان سی ای<sup>۳</sup> و مرحله دوم ساخت مدل به منظور پیش‌بینی سلامت مالی مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم می‌باشد. دورنمای روش پیشنهادی در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود. ابتدا داده‌ها با استفاده از روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی به دودسته آموزشی و ارزیابی تقسیم می‌شوند الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه یک زیرمجموعه از متغیرهای مستقل را پیشنهاد می‌دهد. الگوریتم درخت تصمیم با استفاده از داده‌های آموزشی یاد گرفته می‌شود. بهترین متغیرهای مستقل انتخابی به همراه مدل درخت تصمیم به عنوان خروجی رویکرد پیشنهادی برگردانده می‌شود و حال داده‌های ارزیابی که تاکنون مدل درخت تصمیم آن‌ها را مشاهده نکرده به مدل‌ها داده می‌شوند و میزان خطای پیش‌بینی گزارش می‌گردد.



شکل ۱. انتخاب متغیرهای مستقل و فرآیند آموزش

1. NCA
2. CART
3. NCA

### فرضیه‌های پژوهش

نظام راهبری مناسب اولاً؛ به سهامداران اقلیت این اطمینان را می‌دهد که اطلاعاتی قابل اتکاء در ارتباط با ارزش شرکت دریافت کرده‌اند، همچنین از سوی مدیران شرکت و سایر سهامداران بزرگ مورد سوءاستفاده قرار نگرفته‌اند. ثانیاً؛ مدیران را تشویق می‌کند که به جای پرداختن به اهداف شخصی خود، به دنبال حداکثر کردن ارزش و منافع شرکت باشند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج تحقیق میگلائنی و همکاران (۲۰۱۵)، اکسی (۲۰۱۱)، سون و همکاران (۲۰۱۹)، بردارت (۲۰۱۴) از حاکی اثرگذاری متغیرهای نظام راهبری شرکتی بر سلامت مالی است. با توجه به هدف پژوهش فرضیه‌های زیر تدوین شده است:

**فرضیه اول:** معیارهای نظام راهبری بر سلامت مالی شرکت‌ها با رویکرد هوش مصنوعی تأثیر مثبت دارد.

**فرضیه دوم:** سلامت مالی شرکت‌ها با استفاده از معیارهای نظام راهبری قابلیت پیش‌بینی دارد.

### متغیرهای پژوهش

در جدول ۱ متغیرهای پژوهش معرفی شده است.

جدول ۱. متغیرهای پژوهش

تعریف عملیاتی	متغیرها
معیارهای نظام راهبری	
تعداد اعضای هیئت‌مدیره شرکت مبنای محاسبه اندازه هیئت‌مدیره می‌باشد.	اندازه هیئت‌مدیره
اگر مدیرعامل شرکت رئیس یا نایب‌رئیس هیئت‌مدیره باشد عدد ۱ و در غیر این صورت، صفر لحاظ می‌شود	نقش دوگانه مدیرعامل
تعداد اعضای هیئت‌مدیره غیرموظف به تعداد کل اعضای هیئت‌مدیره مبنای محاسبه می‌باشد.	نسبت مدیران غیرموظف
مطابق تعریف بند ۲۷ ماده ۱ قانون بازار اوراق بهادار، بانک‌ها، شرکت‌ها و هر شخصیت که بیش از ۵ درصد سهام منتشرشده را در دست داشته باشد به‌عنوان معیار محاسبه سهامدار نهادی در نظر گرفته شده است.	درصد مالکان نهادی
اگر شرکت دارای مالکیت خانوادگی است متغیر مصنوعی ۱ و در غیر این صورت متغیر مصنوعی صفر استفاده می‌شود	مالکیت خانوادگی
میزان سهام در دست مدیران شرکت‌ها مبنای محاسبه می‌باشد.	مالکیت مدیریتی
نسبت مدیران با تخصص مالی نسبت به کل اعضای هیئت‌مدیره مبنای محاسبه می‌باشد.	تخصص اعضای هیئت‌مدیره
شاخص هریفیندال - هریشمن مبنای محاسبه می‌باشد.	تمرکز مالکیت
نسبت اعضای هیئت‌مدیره زن به کل اعضای هیئت‌مدیره مبنای محاسبه می‌باشد.	تنوع جنسیتی

متغیرها	تعریف عملیاتی
استقلال کمیته حسابرسی	تعداد اعضای غیر موظف کمیته حسابرسی تقسیم بر کل اعضا مبنای محاسبه می‌باشد.
درصد مالکیت دولتی شرکت	میزان سهام در دست بخش‌های دولتی مبنای محاسبه می‌باشد.
تخصص مالی کمیته حسابرسی	تعداد اعضای کمیته حسابرسی با تخصص مالی تقسیم بر کل اعضا مبنای محاسبه می‌باشد.
تغییر مدیرعامل	اگر مدیرعامل شرکت نسبت به سال قبل تغییر کرده است متغیر مصنوعی ۱ و در غیر این صورت متغیر مصنوعی صفر استفاده می‌شود.
اندازه کمیته حسابرسی	تعداد اعضای کمیته حسابرسی مبنای محاسبه می‌باشد.

متغیر وابسته (سلامت مالی)

در این پژوهش مطابق با تحقیق.

کردستانی و همکاران (۱۳۹۳) نیک کار و همکاران (۱۳۹۷) سهیلی و عسرتی (۱۳۹۴) رضانی و همکاران (۱۳۹۶) از ۴ معیار زیر به‌طور هم‌زمان به‌عنوان معیارهای سلامت مالی استفاده شده است:

کیوتوین

برای محاسبه ارزش شرکت از معیار کیوتوین، حاصل (ارزش بازار سهام به‌علاوه ارزش دفتری بدهی‌ها) تقسیم بر ارزش دفتری دارایی‌ها استفاده شده است.

ریسک بحران مالی

اگر شرکتی یکی از سه حالت ذیل را داشته باشد به‌عنوان شرکت دارای ریسک بحران مالی شناسایی شده و از متغیر مصنوعی ۱ و در غیر این صورت صفر استفاده شده است.

۱- کسب سه سال متوالی زیان.

۲- سود تقسیمی نسبت به سال قبل ۴۰ درصد کاهش داشته باشد.

۳- مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت باشد.

ریسک مالی

برای محاسبه ریسک مالی از نسبت کل بدهی به کل دارایی‌ها استفاده شد.

شاخص تقلب

برای شناسایی شرکت‌های متقلب از روش رتبه‌بندی مدل بنیش استفاده می‌شود. در مدل بنیش نتایج حاصل از شاخص‌ها در رابطه زیر قرار می‌گیرد:

$$M = -4/84 + (0/92 * DSRI) + (0/528 * GMI) + (0/404 * AQI) + (0/892 * SGI) + (0/115 * DEPI) - (0/172 * SGAI) + (4/679 * TATA) - (0/327 * LVGI)$$

مدل بنیش از هشت متغیر مالی (شاخص فروش‌های روزانه در حساب‌های دریافتی، شاخص حاشیه سود ناخالص، شاخص کیفیت دارایی‌ها، شاخص رشد فروش، شاخص استهلاک، شاخص هزینه‌های اداری، عمومی و فروش، شاخص مجموع اقلام تعهدی به مجموع دارایی‌ها و شاخص اهرمی) به‌عنوان شاخص‌های مستعد شرکت برای دست‌کاری صورت‌های مالی استفاده می‌کند.

عدد ثابت مدل ۴/۸۴- است که ضرایب هر یک از این هشت شاخص چند برابر عدد ثابت می‌باشد. زمانی که نتیجه حاصل از مدل عدد بزرگ‌تر از ۲/۲۲- را نشان دهد، گواه این خواهد بود که صورت‌های مالی شرکت ممکن است

دستکاری شده باشد.

متغیرها	تعریف عملیاتی
دوره پژوهش	۱۳۹۷-۱۳۹۰ (یک دوره ۸ ساله)
طرح پژوهش	رویکرد دومرحله‌ای، ۱- آزمون متغیر گزینی توسط الگوریتم آنالیز همسایگی ۲- پیش‌بینی سلامت مالی شرکت با استفاده از الگوریتم قانون گرا

## یافته‌ها

### آمار توصیفی

به منظور بررسی مشخصات عمومی متغیرها و تجزیه و تحلیل دقیق آن‌ها، آشنایی با آمار توصیفی مربوط به متغیرها لازم است. جدول ۲، آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده در پژوهش که شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی می‌باشد را نشان داده است.

جدول ۲. آمار توصیفی

میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	
۰/۱۸	۰	۰	۱	۰/۳۸	مالکیت خانوادگی
۶۳/۵۴	۶۸/۸۸۵	۰	۹۹/۴۵۰	۲۴/۳۳	مالکیت مدیریت
۰/۲۷	۰	۰	۱	۰/۴۴	تغییر مدیرعامل
۰/۱۲	۰/۲	۰/۸	۰/۸	۰/۱۳	تخصص مالی هیئت‌مدیره
۰/۰۱۵	۰	۰	۰/۴	۰/۰۵۵	تنوع جنسیتی
۵/۰۳۴	۵	۵	۷	۰/۲۶۰	تعداد هیئت‌مدیره
۰/۵۰	۰/۶۶	۰	۱	۰/۳۹	تخصص کمیته حسابرسی
۰/۲۵	۰/۳۳	۰	۱	۰/۲۲	استقلال کمیته حسابرسی
۲/۱۳	۳	۰	۵	۱/۴۶	اندازه کمیته حسابرسی
۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۹۸	۰/۰۲۰	تمرکز مالکیت
۷۱/۸۵	۷۶	۰	۹۹/۵۶	۱۸/۸۳	درصد مالکان نهادی
۰/۶۶	۰/۶	۰	۱	۰/۱۸	استقلال هیئت‌مدیره
۰/۲۶	۰	۰	۱	۰/۴۴۰	نقش دوگانه مدیرعامل
۰/۵۶	۱	۰	۱	۰/۴۹	مالکیت دولتی
۰/۶۶	۱	۰	۱	۰/۴۷۰	سلامت مالی

### روش متغیر گزینی تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه

برای این منظور، مسئله طبقه‌بندی چند کلاسی با مجموعه آموزشی شامل  $n$  مشاهده که هر مشاهده یک شرکت-سال است را در نظر بگیرید:

$$S = \{(x_i, y_i)\}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

که در آن بردارهای متغیر مستقل شرکت‌ها (ویژگی)،  $x_i \in \mathbb{R}^p$  و  $y_i \in \{1, 2, \dots, c\}$  متغیر وابسته سلامت مالی (برچسب) و  $c$  تعداد کلاس‌ها است. هدف این است که طبقه بند  $f: \mathbb{R}^p \rightarrow \{1, 2, \dots, c\}$  یاد گرفته شود به طوری که با دادن متغیرهای مستقل یک شرکت به آن، یعنی  $f(x)$ ، متغیر وابسته سلامت مالی را پیش‌بینی کند. یک طبقه بند تصادفی را در نظر بگیرید که:

- به صورت تصادفی یک شرکت-سال  $x$  از مجموعه  $S$  انتخاب می‌شود ( $Ref(x)$ ).  
- برچسب شرکت-سال انتخابی، یعنی  $x$ ، انتخاب می‌شود.

این روش شبیه به طبقه‌بندی 1-NN است که در آن نقطه مرجع به عنوان نزدیک‌ترین همسایه نقطه جدید  $x$  انتخاب شده است. اما، در روش NCA، نقطه مرجع به طور تصادفی انتخاب شده و تمام نقاط در  $S$  با احتمال یکسان شانس انتخاب شدن به عنوان نقطه مرجع را دارند. بنابراین، احتمال  $P(Ref(x) = x_j | S)$  که شرکت-سال  $x_j$  به عنوان نقطه مرجع  $x$  از مجموعه  $S$  انتخاب شود بیشتر است از اینکه، نقطه  $x_j$  به عنوان نقطه مرجع  $x$  مبتنی بر کمترین فاصله  $d_w$  زیر انتخاب شود.

$$d_w(x_i, x_j) = \sum_{r=1}^p w_r^2 |x_{ir} - x_{jr}| \quad (2)$$

که در  $w_r$  وزن‌های ویژگی‌ها است. فرض کنید که

$$P(Ref(x) = x_j | S) \propto k(d_w(x_j, x)) \quad (3)$$

جایی که  $k$  برخی توابع کرنل یا تابع شباهت است که زمانی که فاصله  $d_w(x_j, x)$  کوچک است، مقدار بزرگی را به نشانه شباهت زیاد این دو نقطه (شرکت-سال) نشان می‌دهد. اگر تابع شباهت

$$k(z) = \exp\left(-\frac{z}{\sigma}\right) \quad (4)$$

در نظر گرفته شود. نقطه مرجع  $x$  از مجموعه  $S$  انتخاب شده است و در نتیجه مجموعه تمام  $P(Ref(x) = x_j | S)$  به ازای تمام  $j$ ‌ها برابر یک است و بنابراین می‌توان نوشت:

$$P(Ref(x) = x_j | S) = \frac{k(d_w(x_j, x))}{\sum_{j=1}^n k(d_w(x_j, x))} \quad (5)$$

حال به کمک استراتژی leave-one-out شرکت-سال‌ها، یک به یک به صورت تصادفی از مجموعه  $S$  انتخاب می‌شوند، یعنی، پیش‌بینی برچسب  $x_i$  با استفاده از داده‌ها در  $S^{-i}$  به دست

می‌آید که در آن  $S^{-i}$  مجموعه داده آموزش  $S$  به غیر از نمونه  $(x_i, y_i)$  است. احتمال اینکه نقطه  $x_j$  به عنوان نقطه مرجع برای  $x_i$  انتخاب شود به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = P(\text{Ref}(x_i) = x_j | S^{-i}) = \frac{k(d_w(x_i, x_j))}{\sum_{j=1, i \neq j}^n k(d_w(x_i, x_j))} \quad (6)$$

احتمال متوسط leave-one-out طبقه‌بندی صحیح برابر است با احتمال  $P_i$  که طبقه بند تصادفی شده به درستی مشاهده  $i$  را با استفاده از  $S^{-i}$  طبقه‌بندی کند.

$$P_i = \sum_{j=1, i \neq j}^n \text{probability that } x_j \text{ is the reference point for } x_i \quad (7)$$

× I(label of  $j$  matches  $i$ )

که در آن  $I(True) = 1$  و  $I(False) = 0$  است. بنابراین،

$$P_i = \sum_{j=1, i \neq j}^n P_{ij} y_{ij} \quad (8)$$

هنگامی که

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & y_i = y_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

میانگین احتمال leave-one-out طبقه‌بندی صحیح با استفاده از طبقه‌بندی تصادفی می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$F(W) = \sum_{i=1}^n p_i \quad (10)$$

$F(W)$  وابسته به بردار وزن است و هدف NCA بیشینه کردن این عبارت نسبت به بردار وزن

است با در نظر گرفتن یک عبارت جریمه به صورت تابع هدف زیر استفاده می‌کند.

$$\begin{aligned} F(W) &= \sum_{i=1}^n p_i - \lambda \sum_{r=1}^p w_r^2 \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n P_{ij} y_{ij} - \lambda \sum_{r=1}^p w_r^2 \\ &= \sum_{i=1}^n F_i(W) \end{aligned} \quad (11)$$

که در آن  $\sum_{r=1}^p w_r^2$  و  $F_i(W) = \sum_{j=1, i \neq j}^n P_{ij} y_{ij} - \lambda$  ضریب جریمه است. ترم جریمه بسیاری از  $W$  را به سمت صفر میل می‌دهد. پس از انتخاب پارامتر کرنل  $\sigma$  در  $P_{ij}$  به عنوان ۱، پیدا کردن بردار وزن  $W$  را می‌توان به عنوان مسئله کمینه‌سازی زیر برای مقدار  $\lambda$  مشخص به صورت زیر بیان کرد.

$$\begin{aligned} \hat{W} &= \arg \min_W f(W) = \sum_{i=1}^n \alpha_i f_i(W) \\ f(W) &= -F(W) \\ f_i(W) &= -F_i(W) \end{aligned} \quad (12)$$

بنابراین، وزن‌هایی را پیدا می‌کند که خطای طبقه‌بندی را به حداقل می‌رساند.

### الگوریتم درخت تصمیم (CART)

درخت تصمیم CART مشابه با C4.5 است فقط به جای استفاده از آنتروپی از ضریب جینی استفاده می‌کند. رابطه ضریب جینی به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$I_{gini} = 1 - \sum_j p(c_j)^2 \quad (13)$$

که در آن  $p(c_j)$  نسبت داده‌های متعلق به کلاس  $c$  را نشان می‌دهد. این الگوریتم ابتدا برای تمامی ویژگی‌های داده‌های اولیه ضریب جینی را با استفاده از رابطه (۱۳) محاسبه می‌کند. سپس، مقدار سودمندی اطلاعات هر یک از ویژگی‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Gain(A) = I_{gini} - I_{res_{gini}}(A) \quad (14)$$

که  $I_{res_{gini}}(A)$  از رابطه (۱۴) محاسبه می‌گردد که در آن  $I_{res_{gini}}$  میزان بی‌نظمی باقیمانده در دسته‌ها به واسطه استفاده از ویژگی  $A$  می‌باشد که با کمک مجموع احتمال وقوع هر یک از تقسیمات قابل حصول است. سپس ویژگی  $F$  که دارای بیشترین سودمندی است، به عنوان ریشه ویژگی جداساز انتخاب می‌شود.

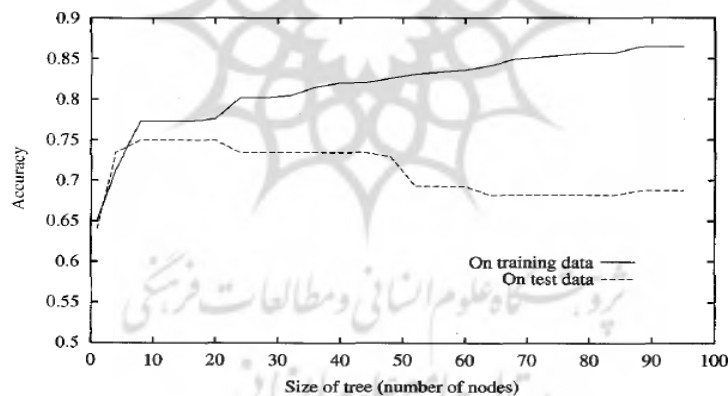
$$I_{res_{gini}}(A) = \sum_j \left( p(a) \times \left( 1 - \sum_j p(c_j | a)^2 \right) \right) \quad (15)$$

که در رابطه (۱۵)،  $\alpha$  بیانگر زیرشاخه به وجود آمده با انتخاب ویژگی  $A$  ام به‌عنوان ویژگی جداساز است.

فرض کنید یک فرضیه به نام  $h$  (در اینجا منظور همان درخت تصمیم است) وجود داشته باشد. خطای فرضیه  $h$  روی داده‌های یادگیری به‌صورت  $error_{train}(h)$  و خطای آن روی کل داده‌ها به‌صورت  $error_D(h)$  نمایش داده شود. تعریف می‌گردد فرضیه  $h$  داده‌های یادگیری را بیش‌ازحد یاد گرفته است، اگر فرضیه دیگری (درخت دیگری) مانند  $h'$  وجود داشته باشد به شکلی که شرایط زیر برقرار باشد.

$$error_{train}(h) < error_{train}(h') \quad \text{and} \quad error_D(h) > error_D(h') \quad (16)$$

این روابط به این معنا هستند که خطای فرضیه  $h$  روی داده‌های یادگیری کمتر از خطای  $h'$  است اما خطای  $h$  روی کل داده‌ها بیشتر از  $h'$  است و همین مسئله یادگیری بیش‌ازحد نامیده می‌شود. شکل ۲ به‌خوبی این مسئله را نشان می‌دهد که هر چه سایز درخت (تعداد گره‌ها) افزایش یابد، دقت روی داده‌های یادگیری افزایش می‌یابد اما دقت روی داده‌های تست کاهش می‌یابد؛ بنابراین نیاز به روش‌هایی است که رشد درخت را از یک نقطه به بعد متوقف کنند و از بروز پدیده یادگیری بیش‌ازحد جلوگیری به عمل آورند.



شکل ۲. مفهوم یادگیری بیش‌ازحد در درخت تصمیم

متغیر گزینی به کمک تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه

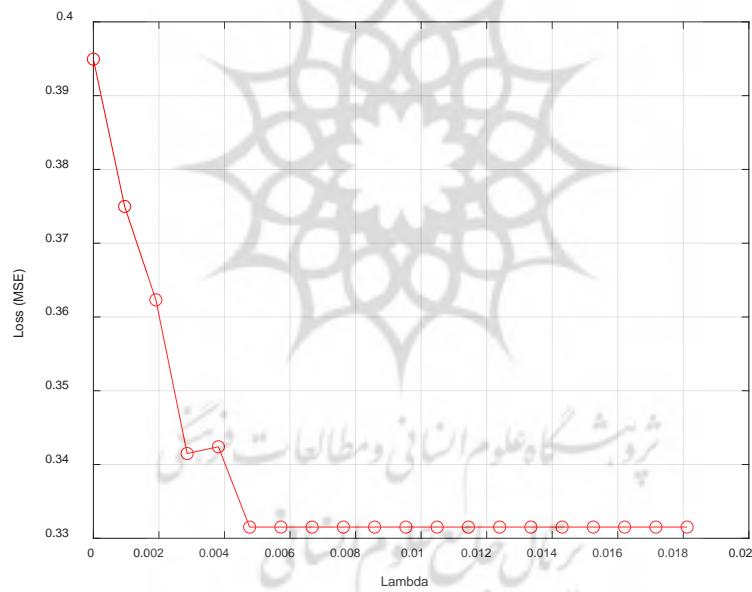
داده‌های شرکت-سال برای متغیر سلامت مالی به الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه داده شدند و در این الگوریتم، پارامترها در جدول زیر قرار داده شد.



## جدول ۳. پارامترهای الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه

FitMethod	Exact
Solver	Lbfgs
IterationLimit	۱۰۰
GradientTolerance	1e-5
Standardize	True
Prior	empirical

مقدار پارامتر  $\lambda$  با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل به کمک قسمتی از داده‌ها انتخاب شد. نتایج این انتخاب در شکل ۳ نشان داده می‌شود. همان‌طور که نشان داده شده است به ازای  $\lambda = 0.0048$  به ازای میانگین مربعات خطا  $0.3315$  به دست آمد.

شکل ۳. انتخاب متغیر  $\lambda$  در روش  $NVF$ 

پس از انتخاب مقدار  $\lambda$  برای انتخاب متغیرهای مستقل روش NCA نتایج میانی زیر را به دست آورد.

## جدول ۴. انتخاب متغیرهای مستقل از روش NCA

ITER	FUN VALUE	NORM GRAD	NORM STEP	CURV	GAMMA	ALPHA	ACCEPT
۵,۱۷۰۱۱۳-	۰	e-01	1.474e-02	0.000e+00		4.072e+01	0.000e+00   YES
۵,۳۹۳۴۷۶-	۱	e-01	8.505e-03	1.150e+00	OK	5.258e+01	1.000e+00   YES
۵,۴۹۲۷۲۶-	۲	e-01	4.035e-03	1.476e+00	OK	7.424e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۳۲۲۶۳-	۳	e-01	2.395e-03	8.739e-01	OK	9.854e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۷۳۷۸۷-	۴	e-01	5.618e-03	9.416e-01	OK	5.419e+01	2.000e+00   YES
۵,۵۷۹۷۹۷-	۵	e-01	2.468e-03	3.432e-01	OK	5.759e+01	1.250e-01   YES
۵,۵۸۵۸۳۸-	۶	e-01	1.049e-03	2.229e-01	OK	6.581e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۳۸۹-	۷	e-01	4.420e-04	1.830e-01	OK	8.260e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۶۷۶-	۸	e-01	2.387e-04	6.131e-02	OK	8.242e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۷۷۰-	۹	e-01	1.523e-04	4.026e-02	OK	1.388e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۲۱-	۱۰	e-01	6.560e-05	4.317e-02	OK	2.309e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۱-	۱۱	e-01	3.302e-05	2.285e-02	OK	1.249e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۳-	۱۲	e-01	1.696e-05	8.560e-03	OK	1.049e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۴-	۱۳	e-01	1.166e-05	3.696e-03	OK	2.177e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۴-	۱۴	e-01	7.705e-06	3.842e-03	OK	2.153e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۴-	۱۵	e-01	4.214e-06	2.020e-03	OK	1.869e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۵-	۱۶	e-01	2.943e-06	2.331e-03	OK	2.644e+02	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۵-	۱۷	e-01	2.096e-06	8.370e-04	OK	7.374e+01	1.000e+00   YES
۵,۵۸۷۸۳۵-	۱۸	e-01	2.722e-07	3.417e-04	OK	6.793e+01	1.000e+00   YES

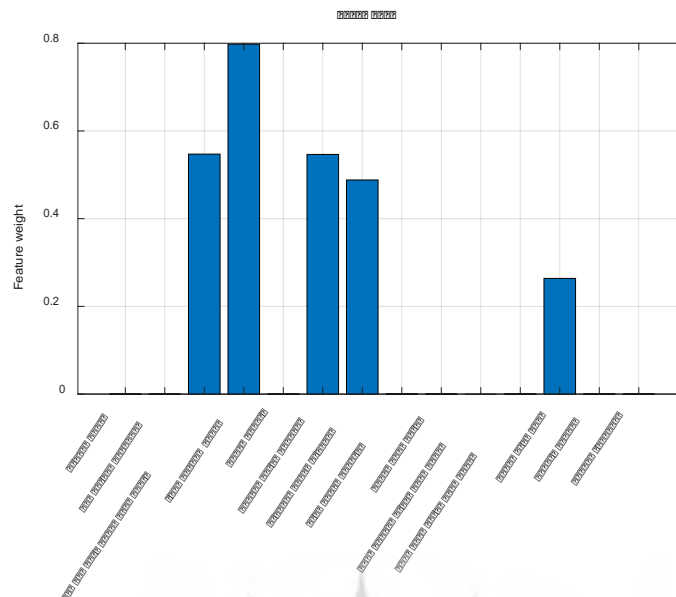
Infinity norm of the final gradient = 2.722e-07

Two norm of the final step = 3.417e-04, TolX = 1.000e-06

Relative infinity norm of the final gradient = 2.722e-07, TolFun = 1.000e-06

Solver = LBFGS, HessianHistorySize = 15, LineSearchMethod = weakwolfe

تعداد ۵ متغیر مستقل انتخاب شدند. این متغیرها به همراه وزنشان در نشان داده شده است. این متغیرها عبارت‌اند از نسبت مدیران غیرموظف اعضای هیئت‌مدیره، درصد مالکان نهادی، اندازه کمیته حسابرسی، استقلال کمیته حسابرسی و تغییر مدیرعامل.



شکل ۴. سلامت مالی

#### نتایج پیش‌بینی درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون

برای ارزیابی مدل‌های درخت تصمیم از نرخ شناسایی استفاده شده است. همچنین به منظور اجرای عادلانه و بررسی پدیده بیش‌بزارش از روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی استفاده شده است. شرکت-سال‌ها به دودسته آموزشی و ارزیابی توسط روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی تقسیم می‌گردند. داده‌های آموزش به الگوریتم درخت تصمیم داده می‌شوند. پس از اجرای فرآیند یادگیری این الگوریتم، به منظور اینکه بررسی شود چقدر مدل درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون، فرآیند یادگیری را با موفقیت سپری کرده است، ابتدا همان داده‌های آموزش را که قبلاً به الگوریتم داده شده است، مجدداً به مدل داده می‌شود، با این تفاوت که این بار مدل درخت تصمیم مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کند.

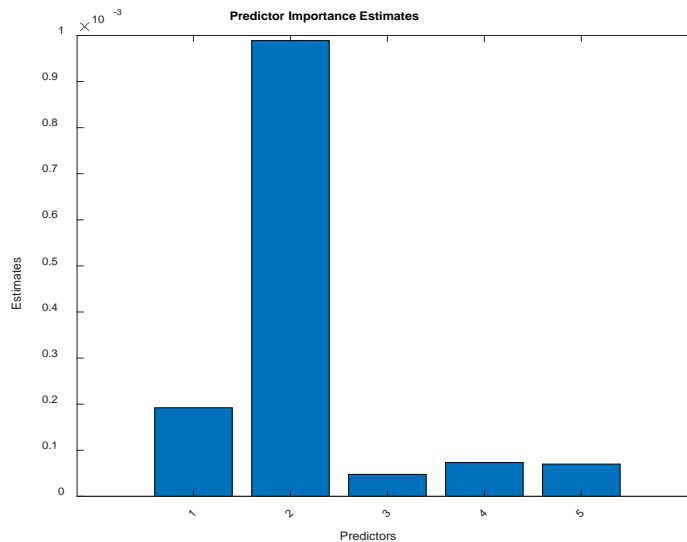
برای بررسی رخداد پدیده‌ای به نام بیش‌بزارش<sup>۱۰</sup> است، شرکت-سال‌های تست که تا به حال الگوریتم آن‌ها را مشاهده نکرده است به مدل به دست آمده درخت تصمیم داده می‌شود. الگوریتم درخت تصمیم سلامت مالی را برای این شرکت-سال‌ها پیش‌بینی می‌کند، از مقایسه مقدار پیش‌بینی شده با مقدار واقعی میزان کارایی مدل به دست آمده برای شرکت-سال‌هایی که تاکنون الگوریتم آن‌ها را مشاهده نکرده است به دست می‌آید. این فرآیند توسط روش

اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی انجام می‌شود تا تمامی شرکت‌ها حداقل یک‌بار به‌عنوان داده تست قرار بگیرند و بتوان به نتیجه حاصله اطمینان بیشتری داشت. در جدول شماره ۵ میانگین این نرخ شناسایی نشان داده شده است. الگوریتم CART برای شرکت-سال‌هایی که تا به حال ندیده است دارای دقت پیش‌بینی نزدیک به شرکت-سال‌های آموزش است و فقط مقداری خطا به آن اضافه شده است. از آنجا که اختلاف نرخ شناسایی داده‌های آموزش و تست کم است، پس بیش برآزش اتفاق نیفتاده است. در سال جاری نرخ شناسایی برای پیش‌بینی الگوریتم CART ۸۴,۷۹ است و در سال آتی برای ۸۴,۷۶ است.

#### جدول ۵. میانگین نرخ شناسایی برای ارزیابی کارایی مدل

الگوریتم	دقت پیش‌بینی	الگوریتم	دقت پیش‌بینی
سال جاری	سال آتی	سال جاری	سال آتی
CART	CART	CART	CART
آزمون	آزمون	آزمون	آزمون
۸۱/۹۸	۷۹/۱۳	۲	۸۳/۷۸
۸۰/۹۱	۸۴/۳۸	۴	۸۶/۴۹
۸۳/۷۸	۷۸/۱۳	۶	۸۹/۰۹
۸۰/۹۱	۸۷/۶۳	۸	۸۱/۸۲
۸۵/۴۵	۹۰/۷۲	۱۰	۸۳/۶۴
میانگین	۴/۷۹	سال آتی	۸۴/۷۶

در نهایت میزان اهمیت هر کدام از متغیرها در درخت تصمیم در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل منظور از ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نسبت مدیران غیرموظف اعضای هیئت‌مدیره، درصد مالکان نهادی، اندازه کمیته حسابرسی، استقلال کمیته حسابرسی و تغییر مدیرعامل است. این اعداد نشان‌دهنده میزان قدرت پیش‌بینی هر کدام از متغیرها از نقطه نظر دسته‌بندی درخت است.



شکل ۵. میزان اهمیت هر کدام از متغیرهای مستقل

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت شناسایی عوامل مؤثر بر سلامت مالی و پیش‌بینی درجه سلامت مالی شرکت‌ها در این پژوهش اقدام به شناسایی شاخص‌های مناسب برای تبیین سلامت مالی و همچنین پیش‌بینی درجه سلامت مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد مبتنی بر هوش مصنوعی شده است. بدین منظور از اطلاعات ۱۳۸ شرکت طی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ استفاده شد نتایج نشان داد از بین معیارهای حاکمیت شرکتی نسبت مدیران غیرموظف، نسبت مالکان نهادی، اندازه کمیته حسابرسی و استقلال کمیته حسابرسی و تغییر مدیرعامل جهت تبیین سلامت مالی شرکت‌ها بالاترین همبستگی را دارد و روش الگوریتم قانون‌گرا درخت تصمیم با قدرت بیش از ۸۰ درصد توانایی پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها را دارد. نتایج تحقیق با پژوهش‌های سیدی و همکاران (۱۳۹۸)، پورعلی (۱۳۹۲)، سون و همکاران (۲۰۱۹)، میگلانی و همکاران (۲۰۱۵) مرتبط است. این نتایج حاکی از این موضوع می‌باشد که برخی از معیارهای نظام راهبری نقش خود را در جهت بهبود روند شرکت به درستی انجام می‌دهند و مواردی همچون استقلال کمیته حسابرسی و هیئت‌مدیره و همچنین مالکان نهادی را می‌توان از شاخص‌های ارزشمند نظام راهبری در تبیین سلامت مالی شرکت‌ها نام برد. به شرکت‌ها پیشنهاد

می‌شود سطح حاکمیت شرکتی را افزایش دهند و یا افراد و گروه‌های ذینفع در شرکت‌هایی سرمایه‌گذاری نمایند که از سطوح بالای مالکیت نهادی و استقلال هیئت‌مدیره نسبت به سایر شرکت‌ها برخوردار باشند چرا که این شرکت‌ها از سلامت مالی بیشتری نسبت به سایر شرکت‌ها برخوردار و وضعیت بهتری برخوردار دارند. به‌طور کلی اطلاعات به‌دست آمده می‌تواند در کنار سایر بررسی‌ها و تحلیل‌هایی که یک سرمایه‌گذار آگاه (یا سایر استفاده‌کنندگان)، برای پیش‌بینی به کار می‌گیرند یاری‌رسان آن‌ها در پیش‌بینی نتایج سرمایه‌گذاری‌های بالفعل و بالقوه و رتبه سلامت مالی شرکت‌ها باشد. همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند به‌صورت کاربردی مورد توجه مدیران بورس اوراق بهادار تهران قرار گیرد به‌طوری‌که با پیش‌بینی سلامت مالی در شرکت‌ها و کار کردن بر روی عوامل مؤثر بر آن، نسبت به مدیریت کردن جذب سرمایه سهامداران، کاهش ریسک بحران‌های مالی و کمک به سرمایه‌گذاران جهت اجتناب از زیان‌های بزرگ در بازار سهام، اقدام نمایند.



## منابع

- برادران حسن‌زاده، رسول؛ بادآورنده‌ی، یونس و نگهبان، لیلا. (۱۳۹۳). تأثیر محدودیت‌های مالی و هزینه‌های نمایندگی بر کارایی سرمایه‌گذاری. *پژوهش‌های حسابداری*، ۱(۱۹): ۸۹-۱۰۶
- پورعلی، محمدرضا. (۱۳۹۲). ارائه مدل سنجش و ارزیابی سلامت مالی در شرایط محیطی ایران. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۲(۵): ۱۷۶-۲۰۶
- تاران، سارا. (۱۳۹۴). سلامت مالی و کیفیت گزارشگری مالی داوطلبانه، همایش منطقه‌ای ایده‌های نوین در حسابداری و مدیریت مالی. زنجان، معاونت آموزشی و پژوهشی سازمان سما، مرکز آموزش و فرهنگی سما زنجان.
- تقوی، مهدی و پورعلی، محمدرضا. (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل نسبت‌های مالی در تشخیص سطوح مختلف سلامت مالی واحدهای تولیدی ایران. *مجله مطالعات مالی*، ۴(۸): ۲۳-۵۱
- حسینی، سید علی؛ کرمی، غلامرضا و عبدزاده کنفی، محمد. (۱۳۹۰). سرمایه‌گذاران نهادی، سلامت مالی و ارزش‌گذاری سهام. *تحقیقات حسابداری و حسابرسی*، ۳(۱۱): ۸۰-۹۵
- رحیمی، فرشاد؛ همراهی، مهرداد و حافظی، شهرام. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر حسابرسی داخلی بر محافظه‌کاری مشروط با نقش میانجی سلامت مالی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *دستاورد‌های نوین در مطالعات علوم انسانی*
- رضایی، سیدمهدی؛ خراشادی‌زاده، محمد و محمدی‌بوشو، عصمت. (۱۳۹۶). ارائه مدل ارزیابی و پیش‌بینی سلامت بانک‌های منتخب ایران با استفاده از شاخص‌های کم‌لنز (CAMELS). *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۲(۵۲): ۴۳-۷۱
- سهیلی، حسین و عسرتی، محمدرضا. (۱۳۹۴). بررسی اثرات سرمایه‌فکری و سلامت مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. *سومین کنفرانس بین‌المللی حسابداری و مدیریت*، تهران، موسسه همایشگران مهر اشراق.
- سیدی، سید احمد؛ عبدلی، محمدرضا و جباری‌نوقایی، مهدی. (۱۳۹۸). ارزیابی شاخص‌های سلامت مالی بانک‌های تجاری از دیدگاه خبرنگاران بانکی. *پیشرفت‌های حسابداری*، ۱۱(۲): ۲۰۷-۲۵۲
- صادقی، حسین؛ رحیمی، پریسا و سلمانی، یونس. (۱۳۹۳). تأثیر عوامل کلان اقتصادی و نظام راهبری بر درماندگی مالی شرکت‌های تولیدی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. *دوفصلنامه اقتصاد پولی مالی*، ۲۱(۸): ۱۰۷-۱۲۷
- کردستانی، غلامرضا؛ تاتلی، رشید و کوثری‌فرد، حمید. (۱۳۹۳). ارزیابی توان پیش‌بینی مدل تعدیل‌شده آلتمن از مراحل درماندگی مالی نیوتن و ورشکستگی شرکت‌ها. *فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری*، ۹(۹): ۱۰۰-۱۱۳

- نیک‌کار، جواد؛ همت‌فر، محمود و اعصامی، مریم. (۱۳۹۷). تأثیر سرمایه‌گذاری در دارایی نامشهود در توضیح دهندگی تأثیر سلامت مالی و مشکلات نمایندگی در ارزش بازار شرکت. *مدیریت دارایی و تأمین مالی*، ۱(۶): ۱۱-۲۸
- وقفی، سید حسام و دارابی، رؤیا. (۱۳۹۹). تحلیل شرکت‌های درمانده مالی از دیدگاه هموارسازی سود با استفاده از قانون بنفورد. *پژوهش‌های تجربی حسابداری*، ۱۰(۳۷): ۲۷-۵۳
- هنرمند، مهدی و گرایلو، سحر. (۱۳۹۷). نقش حاکمیت شرکتی بر سلامت و فساد مالی بانک‌ها. *رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری*، ۲(۷): ۱۰۷-۱۲۲

## References

- Bredart, X. (2014). Financial Distress and Corporate Governance around LehmanBrothers Bankruptcy. *International Business Research*, 7:23-50
- Eksi,I. (2011). Classification of firm failure with classification and regression trees. *Journal of Finance and Economics*, vol76:15-36
- Fitriyah, Suaibatul; Makaryanawati, Makaryanawati & Slamet ,Fauzan .(2020)The Effect of Corporate Governance and Financial Health on The Value of Companies Registered in Indonesia Stock Exchange .*International Journal of Accounting & Finance in Asia Pasific (IJAFAP)*, 10:1-30
- Francisco, González. (2020). Creditor rights, financial health, and corporate investment efficiency. *The North American Journal of Economics and Finance*, 51: 85-110
- Hassanzadeh brothers, Rasul, Badavarnahandi, Yunus & Gardhan, Leila (2013). The effect of financial constraints and agency costs on investment efficiency. *Accounting Research*, 1(19): 89-106 (In Persian).
- Honaremand, Mehdi & Graylo, Sahar. (2018). the role of corporate governance on the health and corruption of banks. *New research approaches in management and accounting*, 2(7): 107-122. (In Persian).
- Hosseini, Seyyed Ali, Karmi, Gholamreza & Mohammad, Abdzadeh Konfi. (2013). Institutional investors, financial health and stock valuation. *Accounting and auditing research*. 3(11): 80-95. (In Persian).
- Kordestani, G; Tatli, R; Kosari & H, Far. (2014). The Evaluate ability of Altman adjusted Model to Prediction Stages of Financial Distress Newton and Bankruptcy. *Journal of Investment Knowledge*. 9(9): 83-100. (in Persian).
- Lashkan, A. M. et al. (2012). Corporate governance and corporate failure. *Procedia Economics and Finance*. 2:190-198
- Miglani, S; Ahmed, K; & Henry, D. (2015). Voluntary corporate governance structure & financial distress: evidence from Australia. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*. 111: 18-30
- Nikkar, J; Hemat far, M; & M. Esami. (2018). the Effect of Investments in Intangible Assets in the Explanatory Impact of Financial Health and Agency Problems on the Market Value Company's. *Asset Management and Financing*. 1(20): 11-28. (In Persian).



- Pourali, M. (2013). Developing a Model for the Assessment and Evaluation of Financial Health in Iran. *Journal of Investment Knowledge*, 1(5): 176-206. (In Persian).
- Rahimi, F.; Accompaniment, M; & Hafezi, Sh. (2019). Investigating the Impact of Internal Audit on Conditional Conservatism with the Mediating Role of Financial Health in Companies Listed on the Tehran Stock Exchange. *New Achievements in the Humanities Studies of the Second*. (In Persian).
- Ramezani, Seyed Mehdi, Mohammad & Kharashadizadeh, Esmat Mohammadi, Yosho. (2017). Presenting a health assessment and forecasting model for selected Iranian banks using CAMELS indices. *Economic researches and policies*, Issue 82(52): 78-43. (In Persian).
- Sadeghi, Hossein; Rahimi, Parisa & Salmani, Yunes (2013). The Effect of Macroeconomic and Governance Factors on Financial Distress i Manufacture Firms Listed in Tehran Stock Exchange. *FINANCIAL monetary economics*. 21(8): 107-127. (In Persian).
- Seyedi, S; Abdoli, M; Jabbari & M. noghabi. (2019). Assessing the Financial Stability Indicators of Commercial Banks from the Experts point of View. 11(2): 207-252. (In Persian).
- Soheili ,Hossein & Mohammad Reza, Asrati. (2015). A Study of the Effects of Intellectual Capital and Financial Health of Companies Listed on the Tehran Stock Exchange, *International Conference on Accounting and Management, Tehran, Mehr Ishraq Conference*, [https://www.civilica.com /Paper-MOCONF03-MOCONF03\\_192.html](https://www.civilica.com/Paper-MOCONF03-MOCONF03_192.html). (In Persian).
- Son H; C.Hyun, D.Phan, & H.J.Hwang. (2019). Data analytic approach for bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, 138, 30 December 2019, 112816.
- Taghavi Mehdi & Mohammad Reza, Pour Ali. (2010). Study and analysis of financial ratios in identifying different levels of financial health of production units in Iran. *Financial Knowledge of Securities Analysis (Financial Studies)*, 4(8):23-51 (in Persian).
- Taran, Sara. (2015) Financial Health and Quality of Voluntary Financial Reporting, Regional Conference on New Ideas in Accounting and Financial Management, Zanzan, Sama Educational and Research Deputy, *Sama Education and Cultural Center, Zanzan*.(in Persian).
- Vaghfi, seyed hesam & darabi, roya. (2021). Analysis of Financial Distress From the perspective of manipulating earning base on Benford law. *The Journal of Empirical Researches in Accounting*, 10(37):27-53. (In Persian).
- Wang, Z; & Deng, X. (2006). Corporate governance and financial distress. *The Chinese Economy*21:702-715.
- Zoričák, Martina, Peter, Gnıpb, Peter, Drotárb & Vladimír, Gazdaa. (2020). Bankruptcy prediction for small- and medium-sized companies using severely imbalanced datasets. *Economic Modelling*, 84: 165-176.

## COPYRIGHTS



This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.