



کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی ریسک بانکی

امید قاسمی پور^۲

علیرضا نجف‌پورکردی^۱

ابراهیم علی‌پورنوشری^۳

چکیده

هدف این تحقیق بررسی کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی ریسک مالی بانک‌های پذیرفته‌شده بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. ریسک مالی یکی از خطراتی است که در سرمایه‌گذاری باید مورد توجه قرار بگیرد. این مفهوم در صورت تخمین و تحلیل نادرست می‌تواند منجر به از دست دادن سرمایه برای ذینفعان شود. ریسک‌های مالی در همه سطوح و مشاغل وجود دارند و در اندازه‌های مختلف تجارت‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ریسک مالی یکی از متغیرهای مهم در تداوم فعالیت بنگاه‌های اقتصادی می‌باشد و بانک‌ها نیز در اقتصاد ایران نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بدین منظور از اطلاعات مالی ۱۰ بانک پذیرفته‌شده در بورس طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۲ و روش هوش مصنوعی استفاده شده است. نتایج حاکی از تأثیر بالای بازده دارایی‌ها به‌عنوان نماینده سودآوری بانک بر ریسک مالی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ریسک مالی، بانک‌ها، الگوریتم هوش مصنوعی

طبقه‌بندی JEL: G21، M40، G32

^۱ استاد دانشگاه امام صادق (ع)، عضو هیئت عامل و معاون بازرسی بانک سپه، دکترای حسابداری؛ PhD.Nadjafpour@gmail.com

(نویسنده مسئول)

^۲ کارشناس ارشد حسابداری، بازرسی معاونت بازرسی بانک سپه؛ Ghasemipuromid@gmail.com

^۳ کارشناس ارشد ریاضی کاربردی، آنالیز عددی، معاون پایش سیستمی تسهیلات اداره کل بازرسی غیرحضور بانک سپه؛

Ebrahim.alipour@gmail.com



۱ مقدمه

پیش‌بینی از این نظر که عنصر بنیادین و کلیدی در تصمیم‌گیری استفاده‌کنندگان درون‌سازمانی و همچنین برون‌سازمانی محسوب می‌شود، مهم است. بر این اساس، کارایی و اثربخشی نهایی هر تصمیم، به نتایج رویدادهایی بستگی دارد که به دنبال هر تصمیم روی می‌دهد. بدین ترتیب تصمیمی کارا و اثربخش خواهد بود که بر اساس پیش‌بینی‌هایی انجام گیرد که مبنای آن صحیح بوده باشد. یکی از این پیش‌بینی‌ها، پیش‌بینی ریسک می‌باشد. بانک‌های به‌عنوان یک‌نهاد مهم مالی در سال‌های اخیر رشد و توسعه زیادی از نظر نیروی انسانی داشته‌اند و به همین دلیل بخش مهمی از اقتصاد کشور را در دست دارند لذا پژوهش در حیطه بانک‌ها همیشه می‌تواند به توسعه مبانی تئوری و درنهایت کمک به اقتصاد کشور منتج شود. لذا در این پژوهش هدف پیش‌بینی ریسک مالی بانک‌ها می‌باشد و بدین منظور در ادامه مقاله مبانی نظری در خصوص ریسک و روش تحقیق و تجزیه و تحلیل آماری و درنهایت نتیجه‌گیری بیان می‌گردد.

۲ مبانی نظری

تصمیم‌گیری سازمانی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد سازمان می‌باشد که ویژگی‌های افراد و مدیران ارشد می‌تواند بر این عامل تصمیم‌گیری تأثیرگذار باشد. درواقع یکی از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، نحوه تصمیم‌گیری مدیران آن می‌باشد و امری بسیار دشوار می‌باشد، زیرا آن‌ها بایستی تمامی گزینه‌ها را ارزیابی و این خطر را بپذیرند که امکان دارد در آینده با نتایج متفاوتی روبرو شوند. بسیاری از تصمیمات سلسله‌وار در جهان واقعی نظیر انتخاب سبد سهام، بودجه‌بندی و تأمین مالی طرح‌های جدیدی، انتخاب ساختار سرمایه مناسب و استفاده به میزان لازم از بدهی و نقدینگی با خطر همراه بوده و همچنین شرایط کلی اقتصادی، اجتماعی و ویژگی‌های شخصیتی و ویژگی‌های آن‌ها بر آن تأثیر می‌گذارد. به عبارت کلی افراد و مدیرانی که خطر گریز هستند، رویکرد محافظه‌کارانه‌ای دارند و ترجیح می‌دهند که یک بازده مطمئن به دست آورند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۹). سازمان‌ها با انواع خطرهای سیستماتیک و غیر سیستماتیک در کلیه دوران کاری خود مواجه می‌باشند، مطمئناً ویژگی‌های حاکمیت شرکتی احتمالاً می‌تواند نقش مهمی را بر خطرهای پیش روی شرکت داشته باشد. یکی از انواع خطرهای پیش روی شرکت‌ها که بیشترین تأثیر را می‌تواند بر تصمیمات و عملکرد شرکت‌ها داشته باشد، خطرهای مالی که زیرمجموعه خطر غیر سیستماتیک شرکت‌ها می‌باشد است. بدون شک شرکت‌ها همواره با خطرهایی روبرو می‌شوند. یکی از مهم‌ترین خطرهایی که می‌توان به آن اشاره کرد خطر مالی شرکت‌ها است و خطر غیر سیستماتیک زیرمجموعه‌ای قابل‌ذکر در بحث خطرهای مالی است، همان‌طور که وکیلی فرد و همکاران در سال (۱۳۹۲) بیان می‌کنند، خطرهای مالی، مهم‌ترین، نقش در کاهش یا افزایش سود ذینفعان و پیش‌بینی بازده سهام هستند. همچنین آن‌ها اظهار دارند که از عوامل مهمی که در کاهش یا افزایش خطر شرکت می‌توان نام برد توانمندی مدیران در اجرای موفق مدیریت و حسابداری است. در حقیقت خطرهای مالی، مربوط به شیوه تأمین مالی شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌باشد؛ و این موضوع که شرکت از چه منابع سرمایه‌ای استفاده می‌کند و هزینه آن‌ها چقدر است، نقش بسزایی در حیات و ادامه رقابت در بازار خواهد داشت. مدیریت و مدیران ارشد شرکت می‌بایست مشخص کنند برای تأمین مالی منابع موردنیاز شرکت،

چه مقدار از بدهی‌های بلندمدت و با چه نرخ بهره‌ای استفاده شود و چه مقدار باید از محل بدهی‌های کوتاه‌مدت تأمین گردد (استادی پور و تدریسی پژو، ۱۳۹۸). در دنیای صنعت و تولید رقابتی، «خطر» بخشی جدایی‌ناپذیر از سرمایه‌گذاری است. امروزه هر سازمانی بسته به ماهیت کار خود، خطرات مختلفی را تجربه می‌کند و موفقیت آن‌ها تا حدود زیادی به نحوه مدیریت خطرات بستگی دارد. با شناسایی و مدیریت خطر، تأثیر آن‌ها بر واحد تجاری به حداقل می‌رسد زیرا خود خطر یک ضرر یا نتیجه نامطلوب بالقوه است (چوی و همکاران^۱، ۲۰۱۶). از طرفی معیارهای مالی سازمان‌ها نیز می‌تواند در تشدید یا تضعیف ریسک مالی تأثیرگذار باشد. اصلی‌ترین هدف تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی و همچنین مقایسه آن‌ها در شرکت‌های مختلف، پی بردن به عملکرد شرکت از گذشته تاکنون و پیش‌بینی آینده در راستای تصمیم‌گیری برای خرید یا فروش سهام آن شرکت است. نوسانات نسبت مالی را می‌توان یک سیگنال تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری در نظر گرفت. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد مدیران برای مخفی کردن اطلاعات در مورد عملکرد ضعیف خود، محیط اطلاعاتی را دست‌کاری می‌کنند که علاوه بر بروز مشکلات نمایندگی، سرمایه‌گذاران در تحلیل اطلاعات با مشکل مواجه شده، در تصمیم‌گیری‌های معاملاتی خود نمی‌توانند منطقی عمل کنند و از این طریق باعث به وجود آمدن قیمت‌های نادرست در بازار سرمایه می‌گردند. (دسوزا، ۲۰۱۹). نسبت‌های نقدینگی توانایی واحد تجاری را در انجام تعهدات کوتاه‌مدت اندازه‌گیری می‌کند. با نسبت‌های نقدینگی می‌توان بررسی کرد که آیا یک شرکت می‌تواند به تعهدات مالی کوتاه‌مدت خود پاسخ دهد یا خیر. اگر نسبت نقدینگی کمتر از ۱/۰ باشد، دارایی‌های کوتاه‌مدت شرکت کمتر از بدهی‌های کوتاه‌مدت است؛ بنابراین، این شرکت ممکن است در برابر شوک‌های غیرمنتظره در اقتصاد یا محیط کسب‌وکار آسیب‌پذیرتر باشد. ممکن است مدیران برای رفع این ضعف اقدام به دست‌کاری و ارائه ارقامی متفاوت با واقعیت نموده و از این طریق باعث به وجود آمدن قیمت‌های نادرست در بازار سرمایه می‌گردند. نسبت‌های فعالیت نشان می‌دهند که منابع شرکت با چه کارایی و اثربخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدیران با عملکرد ضعیف، برای مدیریت محیط اطلاعاتی و دست‌کاری آن‌ها تلاش می‌کنند و از این طریق باعث به وجود آمدن قیمت‌های نادرست در بازار سرمایه می‌گردند. نسبت‌های اهرمی مقدار منابع دریافت شده از بدهی را اندازه‌گیری می‌کنند. اهرم مالی بالاتر، پراکندگی سود خالص را افزایش می‌دهد و انگیزه‌ای قوی به مدیران می‌دهد تا با استفاده از مکانیزم‌های مختلف همانند مدیریت سود، تلاش کنند تا قیمت بازار سهام شرکت را به سمت اهداف مدنظر خود هدایت کنند. نسبت‌های سودآوری میزان موفقیت واحد تجاری را در کسب سود نشان می‌دهند و نوسانات سود و بازده ابزاری برای اندازه‌گیری ریسک مرتبط با تغییرات آتی در وضعیت شرکت است. پرداخت سود سهام به سهامداران نیز منابع تحت کنترل مدیران و بالطبع قدرت مدیر را کاهش می‌دهد به کم کردن رفتار فرصت‌طلبانه مدیران و کنترل مشکل نمایندگی کمک می‌کند. ارزش افزوده، یکی از محبوب‌ترین ابزارها برای ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌ها با رویکرد ارزش خلق شده است. هراندازه که ارزش افزوده مثبت‌تر باشد به معنای آن است که شرکت برای سهامداران و مالکان خود، ثروت بیشتری ایجاد کرده است و در صورت منفی شدن این معیار، ثروت آن‌ها کاهش یافته است. این امر می‌تواند منجر به دست‌کاری اطلاعات توسط مدیران شرکت شود. نسبت کیوتوبین، به‌طور معمول به‌عنوان معیاری از عملکرد مدیریت به کار می‌رود. پایین بودن این نسبت نشان‌دهنده

¹ Choi et al

عملکرد ضعیف مدیریت بوده و می‌تواند باعث اتخاذ تصمیم‌هایی توسط آن‌ها شود که مشکلات نمایندگی را افزایش دهد. نسبت هزینه‌های عملیاتی به فروش، معیاری از افراطی‌گری مدیریت در انجام مخارج اختیاری است و به‌عنوان معیار مستقیم هزینه‌های نمایندگی به کار می‌رود. هزینه سرمایه یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های رشد و توسعه شرکت‌هاست و تأثیر چشمگیری بر روند ارزش‌گذاری شرکت‌ها دارد. شرکت‌هایی که با رشد هزینه‌های سرمایه روبرو هستند، ریسک بالاتر و ارزش پایین‌تری خواهند داشت. مدیران ممکن است برای پایین نشان دادن این ریسک سرمایه‌گذاری اقدام به دست‌کاری اطلاعات نمایند. ریسک سیستمی نوعی ناپایداری مالی و به معنای احتمال سقوط ناگهانی است که باعث اختلال در عملکرد سیستم مالی می‌شود و می‌تواند به بی‌ثباتی یا آشوب بازارهای مالی منجر شده و بر قیمت سهام موجود در بازار مالی تأثیر بگذارد. در نتیجه احتمال دست‌کاری و غیرواقعی نشان دادن اطلاعات توسط مدیران شرکت وجود دارد. درماندگی مالی شرکت‌ها یکی از عواملی است که در صورت مواجهه شدن با آن، مدیریت شرکت دست به عملکردهای خاصی می‌زند و به تبع آن سود حسابداری را به‌عنوان یکی از بارزترین اقلام ارزیابی عملکرد، در زمان مواجهه با درماندگی مالی دست‌کاری می‌کند (مناجاتی، ۱۴۰۱). در این پژوهش انتظار می‌رود که معیارهای مالی و حاکمیتی بر ریسک مالی تأثیرگذار باشد.

۳ پیشینه تحقیق

سیروا واسپیکا^۱ (۲۰۲۳) به بررسی ارتباط غیرمستقیم بین مدیریت ریسک شرکت و عملکرد مالی پرداختند. این مقاله به فقدان شواهد تجربی در مورد چگونگی ارتباط مدیریت ریسک سازمانی (ERM) و عملکرد مالی شرکت‌های کوچک و متوسط (SMEs) پاسخ می‌دهد. مدل‌سازی معادلات ساختاری برای کشف واسطه‌های جدید در رابطه بین عملکرد مالی ERM و SME استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که فرهنگ سازمانی (بعد مأموریت) و عملکرد مدیریت ریسک استراتژیک میانجی‌های کامل و مثبت بین مدیریت ریسک سازمانی و عملکرد مالی هستند. این نتایج تحقیق این واقعیت را برجسته می‌کند که پیاده‌سازی مدیریت ریسک سازمانی در یک شرکت به‌خودی‌خود اثرات مورد انتظار را بدون وجود فرهنگ سازمانی بالغ و نظارت بر عملکرد مدیریت ریسک استراتژیک ایجاد نمی‌کند. این یافته‌ها به‌ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط با «تظاهر به مدیریت ریسک سازمانی» که فاقد مؤلفه‌های استراتژیک و عملیاتی هستند، مرتبط است. مدیریت ریسک سازمانی همچنین به تبدیل اثر منفی سرمایه خارجی در سهام SME بر عملکرد مالی به اثر مثبت کمک می‌کند. مالک و همکاران^۲ (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «مدیریت خطر و عملکرد سازمانی» این‌گونه بیان می‌کنند که در سال‌های اخیر، تلاش‌های فزاینده‌ای در دنیای شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری در معرض خطر وجود دارد از جمله فرآیندهای مدیریت و حاکمیت؛ و بررسی کردند که آیا باوجود مدیریت خطر در شرکت اوضاع بهتر خواهد شد یا خیر؟ با ایجاد کمیته خطر در سطح هیئت‌مدیره تقویت یا تضعیف می‌شود، سازوکار حاکمیتی مهمی که بر فرآیندهای مدیریت خطر نظارت می‌کند. بر اساس ۲۶۰ مشاهده از FTSE350 شرکت‌های ذکرشده در انگلیس طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۵، در نتیجه پژوهش اعلام می‌دارند که مدیریت خطر سازمانی به‌طور

¹ Lenka Syrova & Jindřich spicka

² Malik et all

قابل توجهی و مثبت بر عملکرد شرکت تأثیر می‌گذارد و در نهایت کنترل هیئت‌مدیره در سطح عالی قرار خواهد گرفت و تفکیک هیئت‌مدیره از مدیریت خطر اشتباه است و با یک ساختار هیئت‌مدیره خوب می‌توان مدیریت خطر را به نحو احسن نشان داد. عارف منش و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی رابطه بین مدیریت خطر سازمانی و عملکرد شرکت با نقش مزیت رقابتی و سواد مالی پرداختند. نتایج تحلیل ۲۲۰ پرسشنامه تکمیلی نشان داد مدیریت خطر رابطه مثبت و معنی‌داری با مزیت رقابتی و عملکرد شرکت دارد. همچنین، رابطه سواد مالی با مزیت رقابتی و نقش تعدیل‌گر سواد مالی در رابطه مدیریت خطر با مزیت رقابتی پذیرفته شد. پور احمدی و فرساد امان الهی (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «تأثیر مدیریت خطر سازمانی بر رابطه بین تأمین مالی و مدیریت سود» نتایج حاصل از پژوهش خود را این‌چنین بیان کردند که مدیریت خطر سازمانی می‌تواند سطوح خطر را شناسایی، اندازه‌گیری، کنترل و نقش نظارتی را ایفا کند. نتایج پژوهش بین ۱۱۸ شرکت در بورس اوراق بهادار تهران نشان داد که مدیریت خطر سازمانی بر مدیریت سود و هم‌چنین تأمین مالی خارجی بر مدیریت سود تأثیر دارد. سرانجام مدیریت خطر سازمانی بر رابطه بین تأمین مالی خارجی و مدیریت سود تأثیرگذار است. استادی پور و تدریسی پژو (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «ارائه مدلی برای اندازه‌گیری رابطه بین خطرهای مالی و نسبت‌های مالی» این‌گونه نتایج حاصل از پژوهش خود را بیان کردند که کلیه سازمان‌ها و بانک‌ها در جریان عملیات خود با خطرهای گوناگون روبرو می‌باشند که قادر به از بین بردن آن نیستند ولی می‌توانند آن‌ها را مدیریت کنند که در نتایج آماری مشخص شد که خطرهای نقدینگی بیشترین تأثیر را به ترتیب بر نسبت‌های نقدینگی، اهرمی و سودآوری بانک‌ها دارد. عامر^۱ (۲۰۲۳)، به بررسی تأثیر انتخاب حسابرس از شرکت‌های حسابرسی زیرمجموعه Big-4 و شرکت‌های غیر Big-4 بر کیفیت گزارشگری مالی صنعت بانکداری در پاکستان پرداختند. دو موضوع در بازار حسابرسی پاکستان حائز اهمیت است، اول اینکه بانک‌ها هزینه حسابرسی بالاتری را به شرکت‌های زیرمجموعه Big-4 می‌پردازند و دوم اینکه شرکت‌های غیر Big-4 دارای سهم کمتری در بازار حسابرسی محلی هستند. نتایج حاکی از آن است که بین کیفیت گزارشگری مالی بانک‌های حسابرسی شده توسط شرکت‌های زیرمجموعه Big-4 و شرکت‌های غیر Big-4 تفاوت معناداری وجود ندارد؛ بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که اولاً صنعت بانکداری در پاکستان می‌تواند خدمات حسابرسی باکیفیت را با هزینه حسابرسی پایین‌تر به دست آورد و دوماً، باید به شرکت‌های غیر Big-4 نیز فرصت منصفانه‌ای در بازار حسابرسی محلی در پاکستان داده شود.

۴ روش پژوهش

بر اساس روش‌شناسی بنی‌مهد و همکاران (۱۳۹۷) به این شرح است: از نظر منطق اجرا ترکیبی (قیاسی - استقرایی)، از نظر بعد زمانی مقطعی - طولی، از نظر نتیجه اجرا کاربردی، از نظر فرآیند اجرا ترکیبی (کیفی - کمی)، از نظر هدف پیمایشی - توصیفی در بخش کیفی تحلیلی - همبستگی در بخش کمی پژوهش. داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

¹ Umar

۱.۴ الگوریتم Lasso و Relief-F

این روش از یک راه‌حل آماری برای انتخاب ویژگی استفاده می‌کند (کیرا و لری، ۱۹۹۲؛ داش و لیو^۱، ۱۹۹۷). این روش یک الگوریتم مبتنی بر وزن دهی به متغیرهای مستقل است که ایده آن از الگوریتم‌های مبتنی بر نمونه الهام گرفته شده است. در شکل ۱ الگوریتم این روش مشاهده می‌شود که در ادامه به توضیح آن خواهیم پرداخت. این الگوریتم از میان مجموعه D نمونه آموزشی یا به عبارتی مجموعه شرکت - سال به همراه مجموعه متغیر مستقل S که در مجموع تعداد متغیرها N است، یک زیرمجموعه شرکت انتخاب می‌کند. کاربر تعداد شرکت‌های (NoSample) در این زیرمجموعه را به عنوان مقدار از پیش تعریف شده مشخص می‌کند. الگوریتم به صورت تصادفی یک شرکت - سال از این زیرمجموعه را به عنوان یک نمونه انتخاب می‌کند، سپس مبتنی بر ویژگی‌های (متغیرهای مستقل) این نمونه، نزدیک‌ترین برخورد^۲ و نزدیک‌ترین شکست^۳ را بر اساس تابع ارزیابی فاصله اقلیدسی پیدا می‌کند. نزدیک‌ترین برخورد نمونه‌ای (شرکت - سالی) است که کمترین فاصله اقلیدسی را در میان سایر نمونه‌های هم‌کلاس با نمونه انتخاب شده دارد. نزدیک‌ترین شکست نیز شرکت - سالی است که کمترین فاصله اقلیدسی را در میان نمونه‌هایی که هم‌کلاس با نمونه انتخاب شده نیستند، دارد. ایده اصلی در این الگوریتم این است که هر چه اختلاف بین اندازه یک ویژگی در شرکت - سال انتخاب شده و نزدیک‌ترین برخورد کمتر باشد، این ویژگی بهتر است و بعلاوه یک ویژگی خوب آن است که اختلاف بین اندازه آن ویژگی و نزدیک‌ترین شکست آن بیشتر باشد. دلیل کار هم خیلی ساده است، ویژگی‌هایی که به خوبی متغیر وابسته را از هم تمیز می‌دهند، برای نمونه‌های متعلق به دو کلاس متفاوت، مقادیری نزدیک به هم نمی‌دهند و یک فاصله معنی‌داری بین مقادیری که به نمونه‌های یک کلاس می‌دهند و مقادیری که به کلاس دیگر می‌دهد وجود دارد.

Relief($D, S, NoSample, Threshold$)

- (1) $T = \phi$
 - (2) Initialize all weights, W_i , to zero.
 - (3) For $i = 1$ to $NoSample/*$ Arbitrarily chosen */
 - Randomly choose an instance x in D
 - Finds its $nearHit$ and $nearMiss$
 - For $j = 1$ to N
 - $W_j = W_j - diff(x_j, nearHit_j)^2 + diff(x_j, nearMiss_j)^2$
 - (4) For $j = 1$ to N
 - If $W_j \geq Threshold$
 - Append feature f_j to T
 - (5) Return T
-

شکل ۱. الگوریتم Relief

¹ Dash & Liu

² Near Hit

³ Near Miss

در این الگوریتم هرکدام از متغیرهای مستقل در ابتدا دارای یک وزن W هستند که در شروع الگوریتم مقدار آن برابر صفر است. الگوریتم پس از تعیین نزدیک‌ترین برخورد و نزدیک‌ترین شکست، وزن‌های ویژگی‌ها را به‌روزرسانی می‌کند. این به‌روزرسانی، به این صورت است که مربع اختلاف بین مقدار ویژگی موردنظر در نمونه انتخاب‌شده و نمونه نزدیک‌ترین برخورد از وزن ویژگی کم می‌شود و مربع اختلاف بین مقدار ویژگی در نمونه انتخاب‌شده و نزدیک‌ترین شکست، به وزن ویژگی اضافه می‌شود. هر چه مقدار این وزن بزرگ‌تر باشد، ویژگی موردنظر، بهتر می‌تواند شرکت‌های متعلق به یک کلاس را از دیگر شرکت‌ها جدا کند. بعد از تعیین فاصله برای تمام شرکت‌ها، سال‌های موجود در مجموعه نمونه‌ها، الگوریتم، ویژگی (متغیرهای مستقل) f را که وزن آن‌ها کمتر یا مساوی با یک حد آستانه (Threshold) و منفی است را حذف می‌کند و سایر ویژگی‌ها را به‌عنوان زیرمجموعه ویژگی جواب (T) ، بازمی‌گردند. مقدار حد آستانه توسط کاربر تعیین می‌گردد، البته ممکن است که به‌صورت اتوماتیک به‌وسیله تابعی از تعداد کل ویژگی‌ها تعیین شود و یا اینکه با سعی و خطا تعیین گردد. Relief برای ویژگی‌های نویزی و همبسته خوب عمل می‌کند و پیچیدگی زمانی آن به‌صورت تابعی خطی از تعداد ویژگی‌های داده‌شده و NoSample است. این الگوریتم برای نمونه‌های با ویژگی‌های پیوسته و اسمی^۱ هم خوب کار می‌کند. یکی از محدودیت‌های اساسی این الگوریتم این است که ویژگی‌هایی که دارای افزونگی^۲ باشند را پیدا نمی‌کند و بنابراین، مجموعه‌های غیر بهینه را پیدا می‌کند که دارای افزونگی هستند. این مشکل را می‌توان با یک جستجوی تعیین جامعیت^۳ برای زیرمجموعه‌های انتخاب‌شده توسط الگوریتم حل کرد. علاوه بر این، مشکل دیگر الگوریتم این است که با مسائل دو کلاسه خوب کار می‌کند. این محدودیت نیز با الگوریتم Relief-F مرتفع شده است، با الگوریتم جدید مشکل داده‌های غیر کامل (نمونه‌های آموزشی غیر کامل) نیز حل شده است. همچنین نسخه دیگری از این الگوریتم با نام RRelief-F برای مسائل رگرسیون نیز وجود دارد (روپنیک سیکنجا و کنوندنکو^۴، ۱۹۹۷). Relief-F برای محاسبه وزن ویژگی‌ها از الگوریتم KNN یا الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه که یک الگوریتم بسیار محبوب در زمینه‌ی داده‌کاوی به شمار می‌رود، استفاده می‌کند. الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه یکی از این الگوریتم‌های توانمند برای آموزش سیستم‌های یادگیر در الگوریتم‌های یادگیری ماشین است و از ویژگی‌های آن سادگی و آسانی این الگوریتم برای پیاده‌سازی است که می‌تواند برای حل مسائل طبقه‌بندی و رگرسیون مورد استفاده قرار گیرد. این پارامتر تعیین می‌کند که الگوریتم Relief-F برای هر نمونه انتخاب‌شده چند نمونه‌ی نزدیک‌تر را برای محاسبه وزن ویژگی‌ها در نظر بگیرد. عملکرد پارامتر به این صورت است که ابتدا در هر تکرار از الگوریتم، الگوریتم برای یک نمونه‌ی هدف، نزدیک‌ترین همسایگان (به تعداد k) را بر اساس معیار فاصله (مانند فاصله اقلیدسی) پیدا می‌کند و این k همسایه به‌عنوان نزدیک‌ترین نمونه‌های «هم‌کلاس» و «غیرهم‌کلاس» (در رگرسیون، همسایگان نزدیک در مقدار متغیر وابسته) در نظر گرفته می‌شوند. سپس بر اساس تفاوت ویژگی‌های این همسایگان و نمونه هدف، وزن ویژگی‌ها به‌روزرسانی می‌شود. اگر

¹ nominal

² redundant

³ subsequent exhaustive search

⁴ Robnik-Šikonja & Kononenko

مقدار k کوچک باشد (مثلاً ۱ یا ۲): الگوریتم تنها به نزدیک‌ترین همسایه‌ها توجه می‌کند که ممکن است به برخی از ویژگی‌های خاص توجه بیش از حد داشته باشد. اگر مقدار k بزرگ باشد: الگوریتم میانگین فاصله بیشتری از همسایه‌ها را در نظر می‌گیرد که می‌تواند به تعمیم بهتری منجر شود، اما ممکن است بر روی نمونه‌هایی که نویزی هستند تأثیر منفی بگذارد. مقدار k معمولاً به شکل تجربی و بر اساس داده‌های خاص تنظیم می‌شود. معمولاً مقادیر بین ۵ تا ۱۰ برای k در داده‌های مختلف پیشنهاد می‌شود، اما ممکن است برای داده‌های متفاوت نیاز به تنظیم دقیق‌تری داشته باشد. یکی از روش‌های متداول برای انتخاب ویژگی‌های برتر، استفاده از درصدی از توزیع جمعیتی وزن‌ها است که در اینجا از ۹۵٪ استفاده شده است. ابتدا وزن‌های به‌دست‌آمده متغیرهای مستقل با استفاده از الگوریتم Relief-F محاسبه می‌شوند. سپس، وزن‌ها به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند تا ویژگی‌هایی که بیشترین تأثیر را دارند، در ابتدای لیست قرار گیرند. توزیع جمعیتی وزن‌های مرتب‌شده محاسبه می‌شود. توزیع جمعیتی نشان می‌دهد که هر وزن چه درصدی از مجموع کل وزن‌ها را تشکیل می‌دهد. در نهایت، ویژگی‌هایی انتخاب می‌شوند که توزیع جمعیتی آن‌ها کمتر یا مساوی با ۹۵٪ باشد. این به معنای انتخاب ویژگی‌هایی است که در مجموع ۹۵٪ از تأثیر کل را پوشش می‌دهند. در توزیع جمعیتی، معمولاً مشاهده می‌شود که بخش اعظم اطلاعات یا اهمیت توسط مقدار مشخصی از توزیع (در اینجا ۹۵٪) پوشش داده می‌شود. این به این معناست که با حذف آن ۵٪ باقی‌مانده، تقریباً هیچ اطلاعات بااهمیت بالایی از دست نمی‌رود. متغیرهای مستقل انتخابی برای پیش‌بینی در سال جاری و سال آتی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت متغیرهای مستقل از نقطه‌نظر هر دیدگاه («حاکمیت شرکتی»، «اطلاعات مالی» و «رویکرد ترکیبی»)، به‌منظور پیش‌بینی متغیر وابسته قیمت‌گذاری نادرست سهام، برای انتخاب متغیرهای مستقل برتر در مدل‌های رگرسیونی، می‌توان از وزن‌هایی که توسط الگوریتم‌های انتخاب ویژگی Relief-F به دست می‌آیند، استفاده کرد. این وزن‌ها نشان‌دهنده اهمیت هر ویژگی در پیش‌بینی متغیر هدف هستند. پس از انتخاب متغیرهای مستقل مسئله، این متغیرهای مستقل جهت پیش‌بینی به الگوریتم PINSVR داده می‌شود. فرض کنید مجموعه از $n + 1$ متغیر داشته باشیم که اندازه‌گیری شده‌اند $x_1, x_2, \dots, x_n, y$. در تقریب تابع^۱ (رگرسیون^۲) به دنبال تابع (و یا مدلی) هستیم که مقدار متغیر وابسته y را به صورت تابعی خطی از $x_j, j = 1, \dots, n$ تقریب بزنند. بردار $x \in R^n = (x_1, x_2, \dots, x_n)^t$ ، بردار از متغیرهای مستقل است. می‌خواهیم f را طوری بیابیم که داشته باشیم $y = f(x)$. فرض کنید می‌دانیم $f(x)$ متعلق به خانواده مدل‌های خطی است، یعنی $f(x) = \sum_{j=1}^n x_j \beta_j + p = \langle x, \beta \rangle$ ، $\beta \in R^n$ که $x^t \beta + p$ که در آن $\langle \cdot, \cdot \rangle$ ضرب داخلی دو بردار و p جمله ثابت است. همچنین می‌توان نوشت $f(x) = \langle x, \beta \rangle + p$ که $\beta \in R^n$ و p همان مدلی است که ما به دنبال آن می‌گردیم. فرض کنید زوج‌های نمونه زیادی به صورت زیر داریم:

¹ Function Approximation

² Regression

$$\begin{aligned}(x_1, x_2, \dots, x_n)_1 &= X_1 \leftrightarrow y_1 \\ X_2 &\leftrightarrow y_2 \\ &\vdots \\ X_m &\leftrightarrow y_m\end{aligned}$$

ما می‌خواهیم β را طوری بیابیم که $\forall i \quad X_i^T \beta = y_i$ یا $X\beta = y$ اگر بخواهیم به صورت ماتریسی نمایش دهیم، β حل رابطه $X\beta = y$ است؛ که در آن ماتریس $X \in R^{m \times n}$ در هر سطر رگرسیون متفاوتی را دارد و $y \in R^m$ حاوی تمامی هدف‌هاست. ستون‌ها X حاوی متغیرهای مستقل یا به اختصار همان متغیرها است. اگر $m \leq n$ باشد می‌توان به راحتی β را با استفاده از حذف گوس - جردن محاسبه کرد؛ اما ما معمولاً علاقه‌مند به حالتی هستیم که $m \gg n$. ما می‌خواهیم مدل β^* را بیابیم که خطای تقریب کل $TPError$ ^۱ مینیمم باشد. اگر این خطا را به صورت زیر تعریف کنیم:

$$Sum \ of \ Squared \ Errors(\beta) = \sum (X_i \beta - y_i)^2 = (X\beta - y)^2 = \|X\beta - y\|_2^2 \quad (1)$$

که $\| \cdot \|_2$ ، $L2 - norm$ بردار است، به همان رگرسیون کلاسیک خطی ^۲ یا حداقل مزدوج ^۳ (LS) می‌رسیم:

$$Classical \ Linear \ Regression: \ \beta^* \text{ is the solution to: } \min_{\beta} (\|X\beta - y\|_2) = \min_{\beta} ((X\beta - y)^2) \quad (2)$$

دفع PINSVR ارزیابی مدل رگرسیون از طریق تطبیق خودکار ناحیه غیرحساس - پارامتریک یک شکل دلخواه و با سایز حداقل است به طوری که دربرگیرنده داده‌های معلوم جهت ذخیره سایز داده و اطلاعات مرزی با دقت بالاتری باشد (یانگ و همکاران^۴، ۲۰۱۶). فرض کنید مجموعه مشاهدات (شرکت - سال) N تایی به همراه بردار ورودی (متغیرهای مستقل) x موجود باشد که تمام این شرکت - سال‌ها توسط یک ماتریس داده X نشان داده شود، به طوری که n امین ردیف آن را با x_n^T نشان دهیم و بیانگر متغیرهای مستقل شرکت n ام باشد و $n = 1, 2, \dots, N$ باشد و y نشان دهنده متغیر وابسته یعنی قیمت گذاری نادرست سهام باشد. الگوریتم PINSVR به دنبال یافتن توابع خطی پروکسیمال غیر موازی $f_1(x)$ و $f_2(x)$ به طور هم زمان و همچنین، دو تابع خطی پروکسیمال غیر موازی متفاوت $g_1(x)$ و $g_2(x)$ است. این توابع در زیر نشان داده شده‌اند.

$$f_1(x) = w_1^T x + b_1 \text{ و } f_2(x) = w_2^T x + b_2 \quad (3)$$

$$g_1(x) = w_3^T x + b_3 \text{ و } g_2(x) = w_4^T x + b_4 \quad (4)$$

¹ Total Prediction Error

² Classical Linear Regression

³ Least-Min-Square (LS)

⁴ Yang et al

که در آن $g_1(x) \geq 0$ و $g_2(x) \geq 0$ است.

۵ متغیرهای پژوهش

متغیرهای این پژوهش به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۱

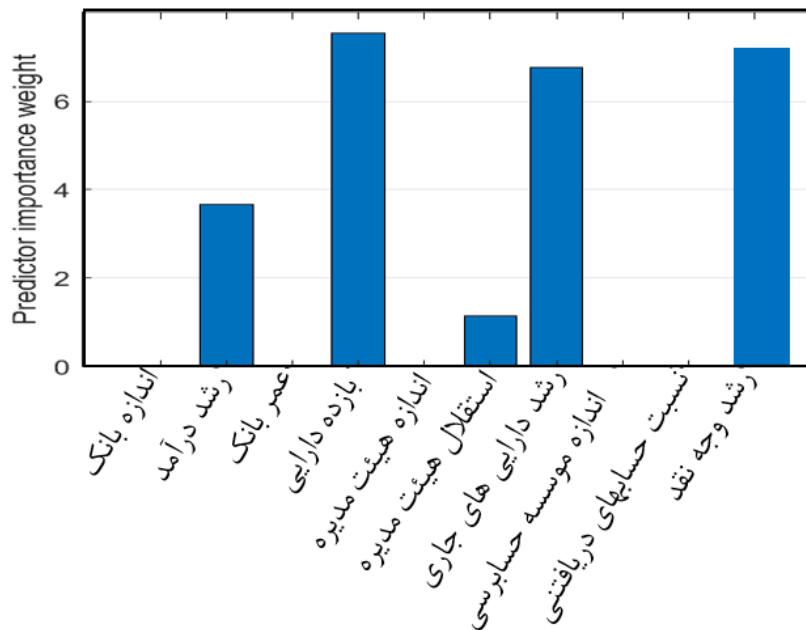
متغیرهای تحقیق

نام متغیر	روش محاسبه منبع مورد استفاده
اندازه بانک	لگاریتم مجموع دارایی‌های بانک محاسبه شده است.
رشد درآمد	از تفاوت درآمد سال جاری و سال قبل تقسیم بر درآمد سال قبل محاسبه شده است.
عمر بانک	لگاریتم سال تأسیس بانک و سال مدنظر تحقیق محاسبه شده است.
بازده دارایی	نسبت سود خالص تقسیم بر جمع دارایی محاسبه می‌شود.
اندازه هیئت‌مدیره	تعداد اعضای هیئت‌مدیره بانک مدنظر است.
استقلال هیئت‌مدیره	نسبت اعضای غیرموظف به کل اعضای هیئت‌مدیره محاسبه شده است.
رشد دارایی‌های جاری	از تفاوت دارایی جاری و سال قبل تقسیم بر دارایی سال قبل محاسبه شده است.
اندازه موسسه حسابرسی	اگر موسسه حسابرسی سازمان حسابرسی باشد عدد یک قرار می‌گیرد.
نسبت حساب‌های دریافتی	مبلغ حساب دریافتی به کل دارایی‌ها محاسبه شده است.
رشد وجه نقد	از تفاوت وجه نقد سال جاری و سال قبل تقسیم بر وجه نقد سال قبل محاسبه شده است.
ریسک مالی	نسبت بدهی‌های بانک به کل دارایی‌های بانک محاسبه شده است.

۶ تجزیه و تحلیل آماری

متغیرهای مستقل با اهمیت مبتنی بر Relief-F

برای انتخاب متغیرهای مستقل برتر در مدل‌های رگرسیونی، از وزن‌هایی که توسط الگوریتم‌های انتخاب ویژگی Relief-F به دست می‌آیند، استفاده شده است. متغیرهای مستقل انتخابی برای پیش‌بینی در سال جاری و سال آتی استفاده می‌شود. در شکل زیر، متغیرهای مستقل انتخابی نشان داده شده است.



شکل ۲. متغیرهای انتخاب شده

۱.۶ روش تقسیم‌بندی داده‌ها و معیارهای ارزیابی مدل‌ها

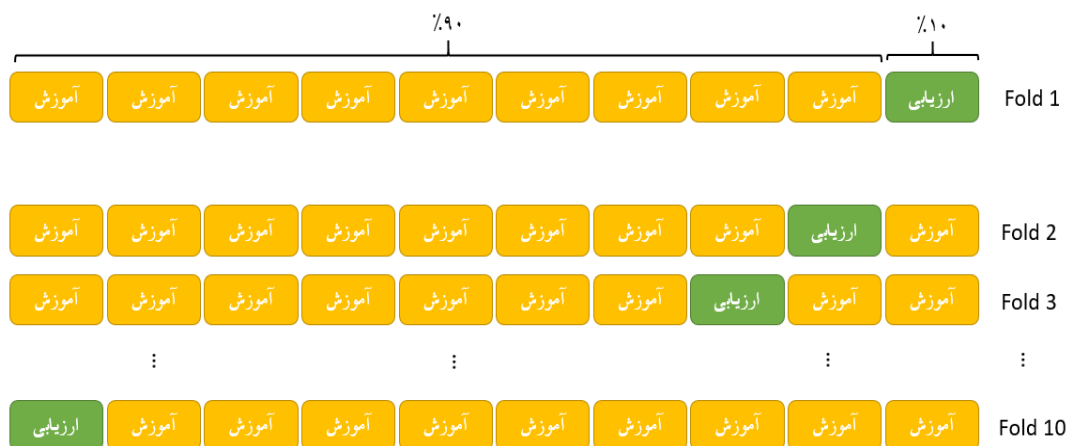
برای آموزش مدل‌ها، در ابتدا باید مجموعه نمونه‌های شرکت - سال باید به گروه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی^۱ و داده‌های آزمون^۲ تقسیم شوند (آلپایدین، ۲۰۱۴). از داده‌های آموزش و اعتبارسنجی به منظور یادگیری پارامترها و ابر پارامترهای مدل‌ها و از داده‌های آزمون جهت ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی بهتر و کارآمدتر پیش‌بینی مدل‌ها از روش 10-Fold Cross-Validation در این تحقیق استفاده شده است (آلپایدین، ۲۰۱۰). این نمونه‌ها مطابق شکل زیر به ۱۰ تکرار^۳ با جابه‌جایی نمونه‌های ارزیابی تقسیم شدند. مجموع ۹ قسمت آموزش و ۱ قسمت تست روش اعتبارسنجی - متقابل ۱۰ - تایی را تشکیل می‌دهد. بدون از دست دادن عمومیت، برای تکرار دوم، مطابق شکل داده‌های قسمت دوم به عنوان داده‌های ارزیابی و سایر قسمت‌ها به عنوان داده‌های آموزش - اعتبارسنجی انتخاب شدند. این تکرارها با همین ترتیب تا ده مرتبه تکرار می‌شود. در ادامه به توضیح هدف این کار پرداخته می‌شود. به کمک روش اعتبارسنجی - متقابل ۱۰ - تایی و با استفاده از مجموعه داده‌های آموزش - اعتبارسنجی برای مدل‌ها در هر تکرار یک مدل یاد گرفته می‌شود. به عبارت ساده‌تر، در تکرار اول، هر مدل به صورت مستقل از دیگر به کمک ۹ قسمت آموزش - اعتبارسنجی پارامترها و ابر پارامترهای خود را مبتنی بر توضیح این الگوریتم‌ها در فصل قبل یادگیری انجام می‌دهد و مدل خود را می‌سازد. برای بررسی اینکه چقدر این مدل‌ها داده‌های آموزش - اعتبارسنجی را یاد گرفته‌اند، دقیقاً همان ۹ قسمت به مدل‌های آموزش داده شده وارد می‌شود تا قیمت‌گذاری

¹ Training and Validation Data

² Test Data

³ Fold

نادرست سهام را پیش‌بینی کنند. حال با استفاده از معیارهای ارزیابی که در ادامه معرفی می‌شوند مانند MSE میزان خطای پیش‌بینی و مقدار واقعی متغیر قیمت‌گذاری نادرست سهام اندازه‌گیری می‌شوند. این عدد به عنوان خطای یادگیری تکرار اول ذخیره می‌شود. این کار برای سایر قسمت‌ها تکرار می‌شود و ده خطای MSE به دست می‌آید. میانگین این خطاها به عنوان خطای فاز یادگیری هر مدل ذخیره می‌شود. علت استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل ۱۰-تایی، کاهش تأثیر تنوع داده‌ها در یادگیری است. نمی‌توان با مقایسه میانگین خطای یادگیری روی داده‌های آموزش، قضاوت مناسبی در خصوص توانایی‌های الگوریتم‌ها برای پیش‌بینی آینده انجام داد. معمولاً نرخ خطای روی داده‌های آموزش کمتر از نرخ خطای روی داده‌های ارزیابی است که در فرایند یادگیری دیده نشده‌اند؛ بنابراین، نمی‌توان از خطای یادگیری برای مقایسه دو الگوریتم استفاده نمود، زیرا ممکن است پدیده بیش برازش^۱ اتفاق بیفتد. پدیده کم برازش یعنی مدل‌ها داده‌های آموزش-اعتبارسنجی را به خوبی پیش‌بینی کنند؛ ولی داده‌های دنیای واقعی که هنوز ندیده‌اند را خیلی بد و با اختلاف زیاد پیش‌بینی کنند؛ بنابراین، علاوه بر مجموعه داده‌های آموزش، مجموعه‌ای از داده‌ها برای آزمون مورد نیاز است که داده‌های آزمون که در هر تکرار در شکل زیر نشان داده شده‌اند برای همین منظور هستند. این داده‌ها تاکنون توسط مدل‌ها دیده نشده‌اند و در هر تکرار داده‌ها با تکرارهای دیگر متفاوت هستند. در هر تکرار مدل متناظر آن پیش‌بینی داده‌های ارزیابی را که تاکنون ندیده است انجام می‌دهد و معیارهای ارزیابی مقدار پیش‌بینی شده و واقعی قیمت‌گذاری نادرست سهام محاسبه می‌شود و در نهایت میانگین این خطاها به عنوان خطای پیش‌بینی هر مدل ذخیره می‌شود. حال اگر میانگین خطای فاز یادگیری و خطای فاز ارزیابی نزدیک هم باشد، یعنی پدیده بیش برازش اتفاق نیفتاده است.



شکل ۳. مراحل انتخاب دو مجموعه داده‌های آموزش و آزمون با اعتبارسنجی متقابل ۱۰ تایی

پس از تقسیم شرکت-سال‌ها به دو گروه داده‌های آموزش-اعتبارسنجی و آزمون با استفاده از اعتبارسنجی متقابل ۱۰ تایی برای ارزیابی میانگین مربعات خطا^۲ (MSE) استفاده شده است که با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردند.

^۱ OverFitting

^۲ Mean Squared Error

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - d_i)^2 \quad (5)$$

که در روابط بالا y_i و d_i به ترتیب متغیر وابسته واقعی و متغیر وابسته پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها برای شرکت - سال i ام است و n تعداد شرکت - سال‌ها (در مرحله آموزش یا مرحله تست) را نشان می‌دهد.

۲.۶ ارزیابی قدرت یادگیری و پیش‌بینی مدل‌ها

در این مرحله با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل ۱۰-تایی (که در بخش قبل بیان شد)، مجموعه داده‌های آموزش - اعتبارسنجی الگوریتم در هر دسته داده می‌شود. این الگوریتم پارامترها و ابر پارامترهای خود را با استفاده از این داده یاد می‌گیرند.

در فاز (مرحله) آموزش مدل بعد از یادگیری، مجدداً همان داده‌های آموزشی - اعتبارسنجی بدون متغیر وابسته به آن‌ها داده می‌شود تا مقدار متغیر ریسک مالی را پیش‌بینی کنند،

جدول ۲

میانگین معیار خطای آتی

الگوریتم	MSE
PINSVR	Fold
۰/۰۷۳۵	۱
۰/۰۷۳۴	۲
۰/۰۷۲۵	۳
۰/۰۷۲۹	۴
۰/۰۷۴۵	۵
۰/۰۷۳۰	۶
۰/۰۷۲۲	۷
۰/۰۷۳۰	۸
۰/۰۷۴۱	۹
۰/۰۷۳۳	۱۰
۰/۰۷۳۲۴	میانگین

۷ نتیجه‌گیری

ریسک مالی به توانایی یک شرکت برای ایجاد جریان نقدی کافی برای پرداخت سود برای تأمین مالی یا سایر تعهدات مربوط به بدهی مربوط می‌شود. شرکتی با سطح نسبتاً بالاتر تأمین مالی بدهی، سطح ریسک مالی بالاتری را به همراه دارد، زیرا احتمال بیشتری وجود دارد که شرکت نتواند به تعهدات مالی خود عمل کند و ورشکسته شود. هدف این تحقیق بررسی کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی ریسک مالی بانک‌های پذیرفته‌شده بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. ریسک مالی یکی از متغیرهای مهم در تداوم فعالیت بنگاه‌های اقتصادی می‌باشد و بانک‌ها نیز در اقتصاد ایران نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بدین منظور از اطلاعات مالی ۱۰ بانک پذیرفته‌شده در بورس طی سال‌های ۱۳۹۵

تا ۱۴۰۲ و روش هوش مصنوعی استفاده شده است. نتایج حاکی از تأثیر بالای بازده دارایی‌ها به‌عنوان نماینده سودآوری بانک بر ریسک مالی می‌باشد. همان‌طور که در نتایج تحقیق مشخص شده است از بین متغیرهای تحقیق معیارهای بازده دارایی، رشد وجه نقد، رشد دارایی جاری رشد درآمد و استقلال هیئت‌مدیره بیشتری ارتباط و تأثیر را با ریسک مالی بانک‌ها دارد و نتایج الگوریتم PINSVR نشان می‌دهد که این متغیرها خطا اندکی در پیش‌بینی ریسک مالی بانک‌ها پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران دارد در نتیجه می‌توان با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد داد که الگوریتم‌های هوش مصنوعی در حوزه پیش‌بینی‌های متغیرهای بانک کاربرد دارد و همچنین معیارهای نقدینگی و سودآوری بر ریسک مالی بانک بیشترین تأثیرگذاری را دارد که سرمایه‌گذاران و مدیران باید به این مهم توجه داشته باشند.

فهرست منابع

- آزاد، رحمت‌ا...؛ کامیابی، یحیی و خلیل پور، مهدی. (۱۳۹۹). ویژگی‌های رفتاری مدیران و نقدشوندگی سهام، تحقیقات حسابداری و حسابرسی مالی، ۱۲ (۴۵)، ۱۹۱ - ۲۱۳.
- آقای، چابکی. (۱۳۸۸). بررسی رابطه بین ویژگی‌های حاکمیت شرکتی و مدیریت سود در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، تحقیقات حسابداری و حسابرسی (تحقیقات حسابداری)، ۱ (۴)، ۵۴ - ۷۷.
- استادی‌پور، بختیار و تدریسی‌پژو، پروین. (۱۳۹۸). ارائه مدلی برای اندازه‌گیری رابطه بین خطرهای مالی و نسبت‌های مالی، فصلنامه علمی مطالعات تجربی حسابداری مالی، ۱۶ (۶۳)، ۱۰۹ - ۱۲۷.
- پوراحمدی، محمدحسین و فرسادامان‌الهی، غلامرضا. (۱۴۰۰). تأثیر مدیریت خطرسازمانی بر رابطه بین تأمین مالی خارجی و مدیریت سود، تحقیقات حسابداری مالی و حسابرسی، ۱۳ (۴۹)، ۷۳ - ۹۵.
- حسنی‌القار، مسعود و مرفوع، محمد. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر توانایی مدیریت بر سیاست تقسیم سود، پژوهش‌های تجربی حسابداری، ۷ (۱)، ۱۰۳ - ۱۲۹.
- خدادادی، ولی؛ عربی، مهدی و آل‌بوعلی، صادق. (۱۳۹۴). اثر تعدیل‌کننده عدم اطمینان محیطی بر رابطه بین مدیریت سود و عدم تقارن اطلاعاتی، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۷ (۲۶)، ۵۱ - ۶۶.
- دیانتی دیلمی، زهرا؛ مرادزاده فرد، مهدی و مظاهری، علی. (۱۳۹۲). تأثیر دوره تصدی مدیریت بر ارزش شرکت، هزینه‌های نمایندگی و خطر اطلاعات، تحقیقات تجربی حسابداری، ۳ (۹)، ۲۱ - ۳۹.
- زالی، اعظم و جهانشاد، آریتا. (۱۳۹۶). تأثیر پیچیدگی سازمانی بر رفتار پیش‌بینی سود، تحقیقات حسابداری و حسابرسی (تحقیقات حسابداری)، ۹ (۳۳)، ۴۲ - ۵۵.
- رهنما رودپشتی، فریدون و زندی، آناهیتا. (۱۳۹۸). قدرت و ساختار سرمایه مدیرعامل بر اساس مدل لی، تحقیقات حسابداری، ۹ (۱)، ۲۰ - ۱.
- صیادی، محمد؛ دستگیر، محسن و علی احمدی، سعید. (۱۳۹۸). بررسی نقش مدیریت خطر شرکت بر رابطه بین توانایی مدیریت و افزایش کارایی سرمایه‌گذاری، مجله راهبرد مدیریت مالی، ۷ (۲۴)، ۱ - ۲۴.
- عارف‌منش، زهره؛ رامشه، منیژه و شکوهی، حامد. (۱۴۰۱). رابطه بین مدیریت ریسک سازمانی و عملکرد شرکت با نقش مزیت رقابتی و سواد مالی، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۱۴ (۵۴)، ۷۹ - ۱۰۰.
- قادری، کاوه؛ قادری، صلاح‌الدین و قادری، سامان. (۱۳۹۷). تأثیر عامل رفتاری بر اعتماد بیش‌ازحد مدیران بر اثربخشی مدیریت خطر، تحقیقات حسابداری و حسابرسی مالی (مجله حسابداری و حسابرسی مالی)، ۱۰ (۳۷)، ۲۴۳ - ۲۷۲.
- کریمی، شیوا؛ دهقان، عبدالمجید و خدادادی، عباس. (۱۳۹۹). نقش ابعاد تصمیم‌گیری و خطرپذیری بر عملکرد مدیران مالی، مجله علمی تحلیل مالی اوراق بهادار، ۱۳ (۴۷)، ۳۳ - ۵۰.

- محمودآبادی، حمید و زمانی، زینب. (۱۳۹۵). بررسی رابطه بین ریسک‌پذیری شرکت و عملکرد مالی با تأکید بر سازوکارهای راهبری شرکتی، *مطالعات تجربی حسابداری مالی*، ۱۳ (۴۹)، ۱۴۱-۱۷۰.
- وکیلی فرد، حمیدرضا؛ اوحدی، فریدون و کریمی‌حصاری، فرشاد. (۱۳۹۲). رابطه بین کنترل‌های داخلی ضعیف و خطر سیستماتیک، *مطالعات کمی در مدیریت*، ۱۴ (۱)، ۱۱۷-۱۳۴.
- Choi, Y., Ye, X., & Zhao, L. (2016). Optimizing enterprise risk management: a literature review and critical analysis of the work of Wu and Olson. *Annals of Operations Research* 237, 281-300. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1789-5>.
- Chang, P-Ru., Horace C., & Hsiu-I T. (2017). CEO power and its effect on performance and governance: Evidence from Chinese banks. *Emerging Markets Review*, 33, 42-61.
- Demerjian, P.R., Lev, B., & Lewis, M.F., McVay, S.E. (2013). Managerial ability and earnings quality. *Acc. Rev*, 88 (2), 463-498.
- Demerjian, P., Lev, B., & MacVay, S. (2012). Quantifying managerial ability: A new measure and validity test. *Management Science*, 58 (7), 1229-1248.
- Gul, F., Leung, S. (2004). Board Leadership, Outside Directors Expertise and Voluntary Corporate Disclosure. *Journal of accounting and public policy*, 23, 351-379.
- Gordon L. A. Martin P. & Loeb A, Chih-Yang T. (2009). Enterprise risk management and firm performance: a contingency perspective. *Account. Public Policy*, 123 -159.
- Hambrick, D., & P. Mason. (1984). Upper Echelons: The Organization as a Reflection of its Top Managers. *The Academy of Management Review*, 9, 193-206.
- Johnson, V.E. Khurana, I.K. Reynolds, J.K. (2002). Audit-firm tenure and the quality of financial reports. *Contemporary Accounting Research*, 423-449.
- Jared J., Robert s., Lloyd T. (2012). The effect organization complexity on earnings forecasting behavior. AAA 2013. Management Accounting Section (MAS)
- Jiang, F., Kim, K. A. (2015). Corporate governance in China: A modern perspective. *Journal of Corporate Finance*, 32, 190-216
- Kehoe, R. R., Wright, P. M. (2013). The impact of high-performance human resource practices on employees' attitudes and behaviors. *Journal of Management*, 39(2), 366-391
- Jensen, M.C. (1993). The Modern Industrial Revolution Exit and the Failure of the Internal Control Systems. *Journal of Finance*, 48, 831-880.
- Kiyamaz, H. (2006). The impact of announced motives, financial distress, and industry affiliation on shareholders' wealth: evidence from large sell-offs. *Business and economics*, 49 -99.
- Li, W., Zheng .K. (2020). Rollover risk and managerial cost adjustment decisions *Accounting & Finance*, Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1111/acfi.12417>
- Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967). *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration*, Boston, MA. Harvard Business School.
- Malik, M. F., Zaman, M., & Buckby Sh. (2020). Enterprise risk management and firm performance: Role of the risk committee. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 16(1), 100-178.



- Porter, M. (2008). The five competitive forces that shape strategy, Harvard Business review, pp78-93.
- Syrova, L. & Jindřich s. (2023). Exploring the indirect links between enterprise risk management and the financial performance of SMEs. Risk Manag 25(1). <https://doi.org/10.1057/s41283-022-00107-9>.
- Yermack, D. (1996). Higher Market Valuation of Companies With a small Board of directors. Journal of financial Economics, 40(2). 185-211.
- Wang.Z., Chen, M. H.Chin., C. L., & Zheng, Q. (2017). Managerial ability, political connections, and fraudulent financial reporting in China. Journal of Accounting and Public Policy, 36(2), 141-162.



Application of Artificial Intelligence in Predicting Banking Risk

Alireza Nadjafpour kordi

Omid Ghasemipur

Ebrahim Alipour

Abstract

The purpose of this research is to investigate the application of artificial intelligence in predicting the financial risk of banks admitted to the Tehran Stock Exchange. Financial risk is one of the risks that should be considered in investment. This concept, if estimated and analyzed incorrectly, can lead to the loss of capital for the beneficiaries. Financial risks exist at all levels and occupations and affect businesses of all sizes. Financial risk is one of the important variables in the continuation of business activities, and banks also play an important role in Iran's economy. For this purpose, the financial information of 10 banks admitted to the stock exchange during the years 1395 to 1402 and the method of artificial intelligence were used. The results indicate the high impact of asset returns as a representative of financial risk bank's profitability.

Keywords: Financial Risk, Banks, Artificial Intelligence Algorithm

JEL Classification: G32, M40, G21