



کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر بر سلامت مالی

پریسا پازوکی^۱

فاطمه صراف^۲

محبوبه جعفری^۳

علی باغانی^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۳۰

چکیده

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 ۱۳۹۸ استفاده شد. معیارهای عملکرد حسابداری مورد استفاده در این تحقیق ریسک سیستماتیک، نسبت بدهی بلندمدت به کل دارایی‌ها، نسبت دارایی جاری به کل دارایی‌ها، نسبت سرمایه در گردش، نسبت آبی، نسبت حساب دریافتی به کل دارایی، بازده دارایی، رشد شرکت، رشد فروش، می‌باشند. نتایج نشان داد روش الگوریتم هوش مصنوعی با قدرت بیش از ۹۰ درصد توانایی پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها را دارد و همچنین از بین معیارهای عملکرد مالی، رشد شرکت، بازده دارایی، رشد فروش و نسبت دارایی جاری به دارایی‌ها جهت تبیین سلامت مالی شرکت‌ها دارای بالاترین میزان تأثیرگذاری هستند.

کلمات کلیدی

عملکرد، سلامت مالی، رویکرد هوش مصنوعی

۱-دانشجو دکتری، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. parisapazouki@yahoo.com

۲-استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) aznyobe@yahoo.com

۳-استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Jafari.f@gmail.com

۴-استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. alibaghani@gmail.com

مقدمه

از آنجاکه امروزه پرهیز از ورشکستگی، راهبردی بنیادی است که هدف آن تضمین فعالیت‌های کسب‌وکار است، پژوهشگران به بحث پیش‌بینی سودآوری و ارزیابی تداوم فعالیت شرکت‌ها توجه کرده‌اند. سلامت مالی به مفهوم توان سودآوری و تداوم فعالیت واحد اقتصادی برای کلیه سهامداران و صاحبان منافع، اهمیت بسیار زیادی دارد و اساساً همه صاحبان منافع در واحدهای اقتصادی به داشتن ابزارهای مناسبی علاقه‌مندند که سودآوری و تداوم فعالیت این واحدها را بتوانند ارزیابی و پیش‌بینی کنند. پیشرفت سریع فناوری و تغییرات محیطی وسیع نیز شتاب فزاینده‌ای به اقتصاد بخشیده است و 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 وجود ابزارهایی را برای ارزیابی توان و سلامت مالی شرکت‌ها با توجه به شرایط محیطی نشان می‌دهد. یکی از ابزارهای ارزیابی توان مالی شرکت‌ها، استفاده از نسبت‌های مالی مستخرج از صورت‌های مالی و انواع مؤلفه‌های مبتنی بر ارزش به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی‌کننده‌ی سلامت مالی شرکت‌ها است [۴]. مسئله‌ی عدم سلامت مالی شرکتی همواره به‌عنوان موضوع درخور تأمل، مورد توجه اندیشمندان حسابداری و مالی بوده و این افراد به‌طور مستمر به دنبال یافتن روش‌ها و معیارهایی برای پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی بنگاه‌های اقتصادی بوده‌اند. شرایط نابسامانی مالی می‌تواند پیامدهای گوناگونی را به دنبال داشته باشد. از این‌رو، هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی درماندگی مالی، بسیار بااهمیت و اساسی عنوان شده است؛ زیرا بستانکاران، اعتباردهندگان، گروه مدیریت، کارکنان و سهامداران، مهم‌ترین گروه‌هایی هستند که از درماندگی مالی شرکت‌ها متضرر می‌شوند. از این‌رو، پیش‌بینی نابسامانی مالی از نظر اجتماعی و خصوصی بسیار مهم است، چراکه نشان‌دهنده‌ی تخصیص نامناسب منابع می‌باشد [۲].

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

یکی از عمده‌ترین انگیزه‌های سرمایه‌گذاران جهت ورود به بازار سرمایه، کسب بازده مناسب و درنهایت افزایش ثروت است. عملکرد شرکت، عامل مهمی در تغییر ارزش بازار سهام، در نتیجه تغییر ثروت سهامداران است. شرکت‌های کوچک معمولاً در برابر تغییر شرایط اقتصادی حساس هستند،

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

بنابراین در زمان تغییر چرخه‌های تجاری، نوسانات بیشتری از خود نشان می‌دهند، بنابراین ریسک بیشتری دارند از طرفی شرکت‌هایی که بازده بیشتری دارند عملکرد بهتری نسبت به شرکت‌هایی که بازده کمتری دارند خواهند داشت و از سلامت مالی مطلوب‌تری برخوردار هستند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یک رابطه منفی بین اندازه شرکت و عملکرد شرکت و سلامت مالی وجود دارد [۵]. بخاری^۱ و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در کشور انگلستان، شرکت‌های بزرگ‌تر نسبت به شرکت‌های کوچک‌تر در سلامت مالی باثبات‌ترند و سلامت مالی شرکت‌های کوچک‌تر بیشتر تابع شرایط و نوسان‌های بازار است. آچیمپنگ^۲ و همکاران (۲۰۱۴) به یک رابطه مثبت و معنادار بین اندازه شرکت و سلامت مالی و یک رابطه منفی و معنادار بین اهرم مالی و سلامت مالی شرکت‌ها دست یافتند. با توجه به اینکه نسبت‌های مالی معتقدند نایت و برتونبیچ^۳ (۲۰۰۱) فقط تعداد خاصی از نسبت‌های بااهمیت را که تشخیص انتقادی انحراف‌های آن‌ها بر سلامت مالی تأثیرگذار هستند را در چهار دسته به این شرح معرفی کردند:

۱- نسبت‌های سودآوری (حاشیه سود، حاشیه سود ناخالص، بازده دارایی‌ها، بازده سرمایه‌گذاری، جریان نقد عملیاتی به کل دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام).

۲- نسبت‌های کارایی (بازده دارایی‌ها، دوره وصول مطالبات، دوره گردش موجودی کالا).

۳- نسبت‌های اهرم مالی (نسبت بدهی، نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، نسبت اهرمی، نسبت پوشش هزینه بهره).

۴- نسبت‌های نقدینگی (نسبت جاری، نسبت سریع، دوره پرداخت بدهی، دوره گردش وجه نقد).

گودرزی و جنانی (۱۳۹۴) در بررسی ارتباط بین سلامت مالی و فرصت‌های سرمایه‌گذاری نشان دادند که وجود رابطه معنای بین سلامت مالی و فرصت‌های سرمایه‌گذاری است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که رشد تحقق‌یافته و رشد دارایی‌ها می‌تواند بر رابطه بین متغیرهای تحقیق (نسبت بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام) اثرگذار باشد.

مژده و همکارانش (۱۳۹۹) اثر سلامت مالی بر بقای صادرات صنایع کارخانه‌ای با استفاده از الگوی بقای انعطاف‌پذیر را بررسی و نشان می‌دهند که متغیرهای مالی یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد صادراتی بنگاه‌ها بوده و افزایش سلامت مالی به عبارتی کاهش محدودیت مالی آن‌ها احتمال خروج از بازار صادراتی را کاهش می‌دهد.

زارعی و زارعی (۱۳۹۷) به بررسی اثر هوش تجاری بر عملکرد مالی بانک‌های ایران، با تأکید بر

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پاییز ۱۴۰۰

شاخص‌های سلامت مالی پرداختند. بازده دارایی، بازده سرمایه، نسبت وام به دارایی و نسبت هزینه به سود به‌عنوان نماینده‌ای از شاخص‌های سلامت مالی بانک‌ها برای بیان عملکرد مالی مورد استفاده قرار گرفت. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد هوش تجاری بر بازده دارایی و نسبت وام به دارایی اثر مثبت و معنی‌دار داشته از سوی دیگر، این فناوری می‌تواند نسبت هزینه به سود را کاهش دهد.

گودرزی و جنانی (۱۳۹۴) بررسی ارتباط بین سلامت مالی و عملکرد مالی را انجام دادند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده وجود رابطه معنای بین سلامت مالی و عملکرد مالی است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که رشد دارایی‌ها می‌تواند بر رابطه بین متغیرهای تحقیق یعنی سلامت مالی و عملکرد مالی اثرگذار باشد.

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.

ویسواناتان^۴ و همکاران (۲۰۲۰) به پیش‌بینی سلامت مالی بانک‌ها برای راهنمایی سرمایه‌گذاران با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازند. با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین، ۴۴ بانک هندی را به داده‌های ۱۲ ساله از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷، به دسته‌های متفاوتی از سلامت مالی طبقه‌بندی می‌کنند. آن‌ها نشان می‌دهند که استفاده از روش تجزیه و تحلیل خطی (LDA)، درخت طبقه‌بندی و رگرسیون (CART) و جنگل تصادفی، قدرت توضیحی بالاتری در مورد پیش‌بینی سلامت مالی دارد.

سون^۵ و همکاران (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 مدل‌های آماری سنتی گرفته تا حالت مدل‌های یادگیری ماشین بردار پشتیبان، مدل‌های پیش‌بینی مختلف توسعه یافته و به مجموعه داده‌های مختلف اعمال می‌شود. با این حال، مدل‌هایی که از یادگیری

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

ماشینی استفاده می‌کنند درزمینه‌ی کسب‌وکار به دو دلیل اصلی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. اول، دقت پیش‌بینی خیلی فراتر از مدل‌های آماری نیست و دوم، نتایج قابل تفسیر نیست. در این مطالعه، آن‌ها بر حل چولگی که مشخصه داده‌ها مالی است، تمرکز کرده‌اند. با حل این مشکل، آن‌ها ۱۷ درصد پیشرفت متوسط را در مقایسه با مدل‌های موجود به دست آوردند. برای پرداختن به محدودیت دوم، آن‌ها اهمیت ویژگی‌های شناسایی‌شده توسط مدل الگوریتم بوستینگ را تحلیل کردند. تفسیر مدل در میان دسته‌بندی داده‌ها متفاوت است. مدل پیش‌بینی ورشکستگی آن‌ها از دقت پیش‌بینی بالا با توضیحات روشن برخوردار است و بنابراین مستقیماً در صنعت کاربرد دارد.

رفیق^۶ (۲۰۱۸) جریان‌های نقدی عملیاتی در شرکت‌های درمانده و سالم مالی را در بورس کراچی پاکستان مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد، شرکت‌های درمانده‌ی مالی، جریان‌های نقدی عملیاتی منفی دارند.

سایاری و موگان^۷ (۲۰۱۷) اقدام به ارائه‌ی الگوی جدید نابسامانی مالی نمودند. نتایج بیانگر این موضوع بود که نوع صنعت، عامل اثرگذاری بر سطح سلامت مالی واحدهای تجاری است.

اکسی^۸ (۲۰۱۱) از مدل درخت تصمیم در داده‌کاوی برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرد. ۱۵ متغیر را به کار گرفت. الگوریتم CART 92/87% داده‌ها را در گام آموزش و ۸۸/۵۷٪ داده‌ها را در گام تست به درستی پیش‌بینی کرد درحالی‌که 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 ورشکستگی و درماندگی مالی و هوش مصنوعی مقالات و پژوهش‌هایی انجام شده است اما با توجه به شاخص سلامت مالی مدنظر این پژوهش و رویکرد نوین هوش مصنوعی (رویکرد دومرحله‌ای متغیر گزینی و پیش‌بینی) می‌توان بیان کرد که این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌های مرتبط دارای نوآوری 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 پس رویدادی استفاده شده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش آنالیز همسایه معیارهایی که با سلامت مالی رابطه و

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پاییز ۱۴۰۰

همبستگی بالایی دارد انتخاب می‌شود سپس با استفاده از روش قانون‌گرا اقدام به پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها می‌شود. در این تحقیق برای این‌که نمونه آماری یک نماینده مناسب از جامعه آماری موردنظر 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 به‌عنوان 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 ۱۳۹۸ 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 ۱۳۹۸ در دسترس باشد.

- شرکت‌های نمونه آماری در دوره زمانی مدنظر پژوهش، فعال بوده‌اند.

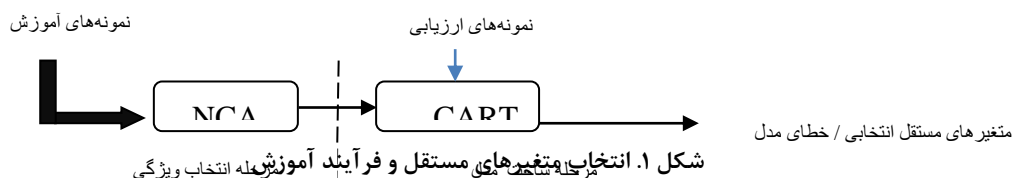
با توجه به شرایط فوق تعداد ۱۳۸ شرکت طی مدت ۹ سال جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش انتخاب شده است.

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^۹ (NCA) 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^{۱۰} (CART) 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،

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

مرحله اول انتخاب یک زیرمجموعه از متغیرهای مستقل توسط الگوریتم NCA و مرحله دوم ساخت مدل به منظور پیش‌بینی سلامت مالی مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم می‌باشد. دورنمای روش پیشنهادی در شکل 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 مدل داده می‌شوند و میزان خطای پیش‌بینی گزارش می‌گردد.



فرضیه‌های پژوهش

سلامت مالی شرکت‌ها موضوعی است که به بحث تداوم فعالیت، ورشکستگی، درماندگی مالی و ویژگی‌های کیفی اطلاعات حسابداری در ارتباط است، لذا باید در حوزه‌های عملیاتی، بازاریابی و مالی و حسابداری دست به ارزیابی عملکرد شرکت‌ها زد. نسبت‌های مالی که شاخص‌هایی از توان سودآوری و نقدشوندگی محسوب شده و از عوامل درون‌سازمانی مؤثر بر تحلیل درماندگی مالی محسوب می‌شوند. نسبت‌های مالی، گسترده‌ترین ابزارهای مورد استفاده برای محاسبه عملکرد و سلامت و درماندگی مالی شرکت‌ها هستند. نسبت‌های سودآوری وضعیت مالی کامل یک شرکت را اندازه‌گیری می‌کنند [۱۶]. زیمسکی با استفاده از نسبت‌های مالی، نقدینگی، عملکرد توانست الگویی با دقت ۹۲ درصد را برای درماندگی مالی شرکت‌ها ارائه کند [۲۱]. برور^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۲) از نسبت‌های مالی که شامل اطلاعات سودآوری، عملکرد، نقدینگی هستند، برای تعیین قدرت مالی و سلامت مالی شرکت‌ها استفاده کرده‌اند

با توجه به هدف پژوهش فرضیه‌های زیر تدوین شده است:

فرضیه اول: معیارهای عملکرد بر سلامت مالی شرکت‌ها تأثیر دارد.

فرضیه دوم: سلامت مالی شرکت‌ها با استفاده از معیارهای عملکرد قابلیت پیش‌بینی دارد.

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پاییز ۱۴۰۰

متغیرهای پژوهش

با توجه به فرضیه‌های مطرح‌شده در این پژوهش از معیارهای مالی جهت پیش‌بینی سلامت مالی استفاده‌شده است.

جدول ۱. متغیرهای پژوهش

متغیرهای عملکرد	تعریف عملیاتی
نسبت بدهی جاری	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم بدهی‌های جاری بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
ریسک سیستماتیک	ریسک سیستماتیک درجه تغییرات بازده یک سرمایه‌گذاری خاص نسبت به تغییرات بازده مجموعه سرمایه‌گذاری بازار است و با شاخص β اندازه‌گیری می‌شود (مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۲). $\beta = \frac{\text{Cov}(R_m, R_i)}{\delta^2 R_m}$
نسبت بدهی بلندمدت	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم بدهی‌های بلندمدت بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
نسبت دارایی جاری	CA/TA (آزاد و آرین‌تبار، ۱۳۹۱).
نسبت سرمایه در گردش	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم دارایی جاری بر بدهی جاری استفاده‌شده است (کرمی و دیگران، ۱۳۸۸).
اندازه شرکت	لگاریتم طبیعی کل دارایی‌ها (دستگیر و همکاران، ۱۳۹۴).
نسبت آنی	برای محاسبه این متغیر حاصل جمع وجه نقد، سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت و حساب‌های دریافتی تقسیم بر جمع کل دارایی‌ها استفاده‌شده است (حاجیها و فیض‌آبادی، ۱۳۹۰).
نسبت فروش	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم کل فروش بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
نسبت حساب دریافتی	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم حساب‌های دریافتی بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
نسبت دارایی ثابت	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم دارایی‌های ثابت بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
حاشیه سود عملیاتی	از تقسیم سود عملیاتی بر فروش به‌دست‌آمده است (سعیدی و رامشه، ۱۳۹۰).
بازده دارایی	سود خالص/کل دارایی‌ها (مشایخی و حسین پور، ۱۳۹۵).
بازده سهام	برای محاسبه بازده سهام از تفاوت ارزش بازار شرکت در اول و انتهای سال و تعدیل سود سهام مصوب به دست می‌آید (میرعسکری و همکاران، ۱۳۹۷).
نسبت وجه نقد عملیاتی	وجه نقد عملیاتی / دارایی‌ها (حجازی و همکاران، ۱۳۹۰).
رشد شرکت	از تقسیم ارزش بازار شرکت بر ارزش دفتری شرکت به‌دست‌آمده است (مهرآذین و رحیمی، ۱۳۸۹).
نسبت سود تقسیمی	سود تقسیمی هر سهم / سود هر سهم (حجازی و همکاران، ۱۳۹۰).
رشد فروش	حاصل تفاوت فروش سال جاری منهای فروش سال قبل تقسیم بر فروش سال قبل (حقیقت و موسوی، ۱۳۸۶).
نسبت موجودی کالا	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم موجودی کالا دریافتی بر جمع دارایی‌ها استفاده‌شده است.
بازده فروش	برای محاسبه این متغیر از حاصل تقسیم سود خالص بر فروش استفاده‌شده است (فدایی نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

یافته‌ها

آمار توصیفی

اولین گام در تحلیل آماری، تعیین مشخصات خلاصه‌شده داده‌ها و محاسبه شاخص‌های توصیفی

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

است. هدف از این تحلیل، شناخت روابط درونی متغیرها و نشان دادن رفتار آزمودنی‌هاست تا مقدمات تحلیل آماری فراهم‌شده و خصوصیات توصیفی داده‌ها برای تحلیل بیشتر آشکار گردد. نتایج تحلیل توصیفی داده‌ها شامل اندازه‌های تمایل به مرکزیت و پراکندگی متغیرهای پژوهش است که در جدول (۲) ارائه‌شده است. میانگین و میانه از متداول‌ترین معیارهای گرایش به مرکز هستند. میانه نشان از ارزش عددی واقع‌شده در وسط یک مجموعه داده دارد. انحراف معیار نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های پراکندگی نشان می‌دهد به‌طور میانگین داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله‌دارند.

جدول ۲. آمار توصیفی

متغیر	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	کشیدگی	چولگی
نسبت بدهی جاری به کل دارایی‌ها	۰,۵۲	۰,۵۲	۱,۳۶	۰,۰۵	۰,۱۹	۰,۱۷	۰,۱۹
ریسک سیستماتیک	۰,۶۲	۰,۵۵	۵,۹۴	-۲,۸۲	۰,۸۹	۲,۹۲	۰,۶۵
نسبت بدهی بلندمدت به کل دارایی‌ها	۰,۰۷	۰,۰۴	۱,۳۷	۰	۰,۰۹	۴۰,۳۴	۴,۶۱
نسبت دارایی جاری به کل دارایی‌ها	۰,۶۶	۰,۷۰	۰,۹۷	۰,۰۶	۰,۱۹	-۰,۳۹	-۰,۶۱
نسبت سرمایه در گردش	۱,۵۱	۱,۲۸	۱۳,۱۵	۰,۲۰	۱,۰۹	۳۷,۱۸	۴,۹۵
اندازه شرکت	۱۴,۱۰	۱۳,۹۷	۱۹,۳۱	۱۰,۱۶	۱,۴۴	۱,۰۸	۰,۶۳
نسبت آنی	۰,۹۷	۰,۸۳	۱۹,۳۱	۰,۰۸	۰,۸۰	۵۰,۱۷	۵,۶۷
نسبت فروش به کل دارایی‌ها	۰,۹۰	۰,۷۶	۵,۱۴	۰,۰۵	۰,۵۵	۹,۵۶	۲,۳۵
نسبت حساب دریافتی به کل دارایی	۰,۲۸	۰,۲۵	۰,۹۲	۰	۰,۱۷	-۰,۰۰	۰,۶۷
نسبت دارایی ثابت به کل دارایی	۰,۲۵	۰,۲۱	۰,۹۳	۰,۰۱	۰,۱۷	۰,۶۳	۱,۰۴
حاشیه سود عملیاتی	۰,۱۵	۰,۱۳	۰,۹۷	-۲,۷۹	۰,۲۴	۳۳,۸۹	-۳,۳۶
بازده دارایی	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۶۲	-۰,۴۰	۰,۱۳	۱,۷۶	۰,۴۶
بازده سهام	۰,۴۹	۰,۱۸	۸,۵۹	-۰,۶۵	۰,۹۷	۱۳,۸۱	۲,۹۵
نسبت وجه نقد عملیاتی	۰,۱۱	۰,۰۹	۰,۶۴	-۰,۴۶	۰,۱۲	۱,۶۲	۰,۵۴
رشد شرکت	۲,۶۳	۲,۱۹	۱۲۱,۵۰	-۵۳,۲۱	۵,۷۷	۲۲۰,۱۲	۸,۹۳
نسبت سود تقسیمی	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۸	-۰,۰۰	۰,۰۰	۲۸,۶۷	۴,۲۹
رشد فروش	۰,۲۳	۰,۱۷	۶,۵۵	-۰,۸۲	۰,۴۸	۳۸,۰۷	۴,۱۸
نسبت موجودی کالا به کل دارایی‌ها	۰,۲۳	۰,۲۱	۰,۷۱	۰	۰,۱۳	۰,۴۹	۰,۸۵
بازده فروش	۰,۱۲	۰,۱۰	۲,۰۳	-۳,۴۲	۰,۲۷	۴۲,۳۹	-۲,۶۸
سلامت مالی ۱ ناسالم صفر	۰,۶۶	۱	۱	۱	۰,۴۷	-۱,۴۸	-۰,۷۱
امتیاز سلامت مالی	۳,۶۱	۴	۴	۱	۰,۵۹	۰,۹۶	-۱,۳۲

انتخاب متغیرهای مستقل توسط تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه

الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه (NCA)، یک رویکرد فیلتر برای انتخاب متغیرهای مستقل است. NCA روشی غیر پارامتری و جاسازی شده^{۱۲} برای انتخاب ویژگی باهدف حداکثر رساندن دقت پیش‌بینی الگوریتم‌ها است. 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)، $y_i \in \{1, 2, \dots, c\}$ 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 ($\text{Ref}(x)$).

برچسب شرکت-سال انتخابی، یعنی x انتخاب می‌شود.

این روش شبیه به طبقه‌بندی 1-NN^{۱۳} است که در آن نقطه مرجع^{۱۴} به‌عنوان نزدیک‌ترین همسایه نقطه جدید x انتخاب شده است؛ اما در روش NCA، نقطه مرجع به‌طور تصادفی انتخاب شده و تمام نقاط در S با احتمال یکسان شانس انتخاب شدن به‌عنوان نقطه مرجع را دارند؛ بنابراین، احتمال $P(\text{Ref}(x) = x_j | S)$ که شرکت-سال x_j به‌عنوان نقطه مرجع x از مجموعه S انتخاب شود بیشتر است از اینکه، نقطه x_j به‌عنوان 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

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

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

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

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

در نظر گرفته شود. نقطه مرجع \mathbf{x} از مجموعه S انتخاب شده است و در نتیجه مجموعه تمام $P(\text{Ref}(\mathbf{x}) = \mathbf{x}_j | S)$ به ازای تمام j ها برابر یک است و بنابراین می توان نوشت:

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

الگوریتم درخت تصمیم (CART)

درخت تصمیم CART مشابه با C4.5 است فقط به جای استفاده از آنتروپی از ضریب جینی^{۱۵} استفاده می کند. رابطه ضریب جینی به صورت زیر تعریف می گردد.

$$I_{gini} = 1 - \sum_j p(c_j)^2 \quad (6)$$

که در آن $p(c_j)$ نسبت داده های متعلق به کلاس c را نشان می دهد. این الگوریتم ابتدا برای تمامی ویژگی های داده های اولیه ضریب جینی را با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می کند. سپس، مقدار سودمندی اطلاعات^{۱۵} هر یک از ویژگی ها از رابطه زیر به دست می آید.

$$Gain(A) = I_{gini} - I_{res_{gini}}(A) \quad (7)$$

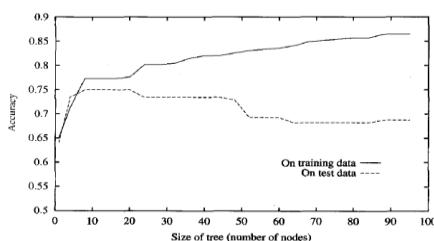
که $I_{res_{gini}}(A)$ از رابطه (۷) محاسبه می گردد که در آن $I_{res_{gini}}$ میزان بی نظمی باقیمانده در دسته ها به واسطه استفاده از ویژگی A می باشد که با کمک مجموع احتمال وقوع هر یک از تقسیمات قابل حصول است. سپس ویژگی F که دارای بیشترین سودمندی است، به عنوان ریشه ویژگی جداساز^{۱۶} انتخاب می شود.

$$I_{res_{gini}}(A) = \sum_j \left(p(a) \times \left(1 - \sum_j p(c_j | a)^2 \right) \right) \quad (8)$$

که در رابطه (۸)، α بیانگر زیرشاخه به وجود آمده با انتخاب ویژگی A ام به عنوان ویژگی جداساز است. فرض کنید یک فرضیه^{۱۷} به نام h (در اینجا منظور همان درخت تصمیم است) وجود داشته باشد. خطای فرضیه h روی داده های یادگیری به صورت $error_{train}(h)$ و خطای آن روی کل داده ها به صورت $errorD(h)$ نمایش داده شود. تعریف می گردد فرضیه h داده های یادگیری را بیش از حد یاد گرفته است، اگر فرضیه دیگری (درخت دیگری) مانند h' وجود داشته باشد به شکلی که شرایط زیر برقرار باشد.

$$error_{train}(h) < error_{train}(h') \quad \text{and} \quad error_D(h) > error_D(h') \quad (9)$$

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 بیش از حد نامیده می‌شود. شکل ۲ به خوبی 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 بیش از حد جلوگیری به عمل آورند.



شکل ۲. مفهوم یادگیری بیش از حد 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. برای این منظور متغیرهای مستقل عملکرد حسابداری وارد الگوریتم متغیر گزینی به کمک تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه شدند. پارامترهای الگوریتم NCA به صورت یکسان برای هر دسته انتخاب شد. مقدار این پارامترها در جدول نشان داده شده است.

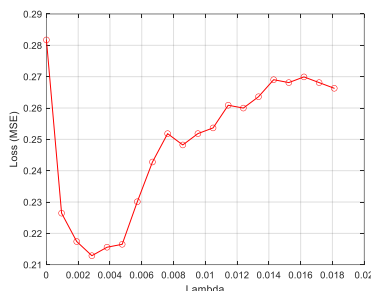
جدول ۳. پارامترهای الگوریتم تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های همسایه

FitMethod	exact
Solver	lbfgs
IterationLimit	۱۰۰
GradientTolerance	1e-5
Standardize	True
Prior	empirical

مقدار پارامتر λ با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل به کمک قسمتی از داده‌ها انتخاب شد. با توجه به این نکته که مقدار این پارامتر وابسته به نوع و مقدار داده‌ها است، برای هر دسته متغیرهای مستقل این مقدار به صورت مجزا تعیین شده است. شکل زیر نمودار خطای MSE برای معیارهای

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

حسابداری نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است مقدار $\lambda = 0.0029$ به ازای میانگین خطا ۰,۲۱۲۶ برای معیارهای عملکرد حسابداری به دست آمده است.



شکل ۳. نمودار انتخاب متغیر λ در روش NCA

پس از انتخاب مقدار λ برای انتخاب متغیرهای مستقل روش NCA نتایج میانی زیر با استفاده از روش حل LBFSGS برای معیارهای نظام راهبردی نشان داده شده است. مشابه همین نتایج نیز برای معیارهای عملکرد حسابداری به دست آمده است:

Solver = LBFSGS, HessianHistorySize = 15, LineSearchMethod = weakwolfe

```

=====
| ITER | FUN VALUE | NORM GRAD | NORM STEP | CURV | GAMMA | ALPHA | ACCEPT |
=====
| 0 | -6.156491e-01 | 1.124e-02 | 0.000e+00 | | 5.338e+01 | 0.000e+00 | YES |
| 1 | -6.393985e-01 | 5.804e-03 | 1.424e+00 | OK | 5.632e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 2 | -6.464846e-01 | 4.794e-03 | 9.084e-01 | OK | 7.129e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 3 | -6.541572e-01 | 6.334e-03 | 2.016e+00 | OK | 9.749e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 4 | -6.576698e-01 | 6.849e-03 | 1.079e+00 | OK | 5.767e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 5 | -6.610060e-01 | 7.529e-03 | 8.607e-01 | OK | 4.865e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 6 | -6.629369e-01 | 2.464e-03 | 4.300e-01 | OK | 4.224e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 7 | -6.635960e-01 | 2.237e-03 | 3.454e-01 | OK | 7.742e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 8 | -6.641165e-01 | 2.167e-03 | 5.023e-01 | OK | 1.155e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 9 | -6.643832e-01 | 9.642e-04 | 1.716e-01 | OK | 6.605e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 10 | -6.644709e-01 | 2.074e-04 | 1.587e-01 | OK | 8.354e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 11 | -6.644820e-01 | 1.268e-04 | 3.897e-02 | OK | 1.053e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 12 | -6.644879e-01 | 7.868e-05 | 4.485e-02 | OK | 1.236e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 13 | -6.644896e-01 | 5.943e-05 | 2.077e-02 | OK | 7.844e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 14 | -6.644914e-01 | 5.781e-05 | 3.321e-02 | OK | 2.314e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 15 | -6.644935e-01 | 1.054e-04 | 5.246e-02 | OK | 9.764e+01 | 1.000e+00 | YES |
| 16 | -6.644971e-01 | 9.300e-05 | 7.760e-02 | OK | 1.997e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 17 | -6.645018e-01 | 8.513e-05 | 1.200e-01 | OK | 5.620e+02 | 1.000e+00 | YES |
| 18 | -6.645024e-01 | 1.357e-04 | 7.731e-02 | OK | 8.388e+01 | 1.000e+00 | YES |
=====
    
```

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پائیز ۱۴۰۰

19	-6.645045e-01	2.658e-05	2.320e-02	OK	5.969e+01	1.000e+00	YES
=====							
ITER	FUN VALUE	NORM GRAD	NORM STEP	CURV	GAMMA	ALPHA	ACCEPT
=====							
20	-6.645046e-01	2.244e-05	9.323e-03	OK	1.294e+02	1.000e+00	YES
21	-6.645047e-01	1.524e-05	1.003e-02	OK	1.479e+02	1.000e+00	YES
22	-6.645049e-01	1.669e-05	1.092e-02	OK	1.628e+02	1.000e+00	YES
23	-6.645049e-01	2.045e-05	1.205e-02	OK	1.012e+02	1.000e+00	YES
24	-6.645050e-01	1.267e-05	1.040e-02	OK	7.890e+01	1.000e+00	YES
25	-6.645050e-01	5.854e-06	2.301e-03	OK	5.464e+01	1.000e+00	YES
26	-6.645050e-01	6.516e-06	1.964e-03	OK	9.064e+01	1.000e+00	YES
27	-6.645050e-01	1.394e-05	5.893e-03	OK	1.597e+02	1.000e+00	YES
28	-6.645051e-01	1.499e-05	1.367e-02	OK	7.262e+02	1.000e+00	YES
29	-6.645051e-01	2.741e-05	5.279e-03	OK	5.877e+01	2.500e-01	YES
30	-6.645051e-01	8.803e-06	1.086e-02	OK	8.041e+01	1.000e+00	YES
31	-6.645051e-01	1.943e-06	2.658e-03	OK	8.212e+01	1.000e+00	YES
32	-6.645051e-01	1.450e-06	5.922e-04	OK	5.959e+01	1.000e+00	YES
33	-6.645051e-01	1.478e-06	4.765e-04	OK	1.692e+02	1.000e+00	YES
34	-6.645051e-01	1.839e-06	1.289e-03	OK	2.370e+02	1.000e+00	YES
35	-6.645051e-01	1.652e-06	2.334e-03	OK	3.929e+02	1.000e+00	YES
36	-6.645051e-01	3.527e-06	3.148e-03	OK	1.280e+02	1.000e+00	YES
37	-6.645051e-01	8.585e-07	7.213e-04	OK	6.575e+01	1.000e+00	YES

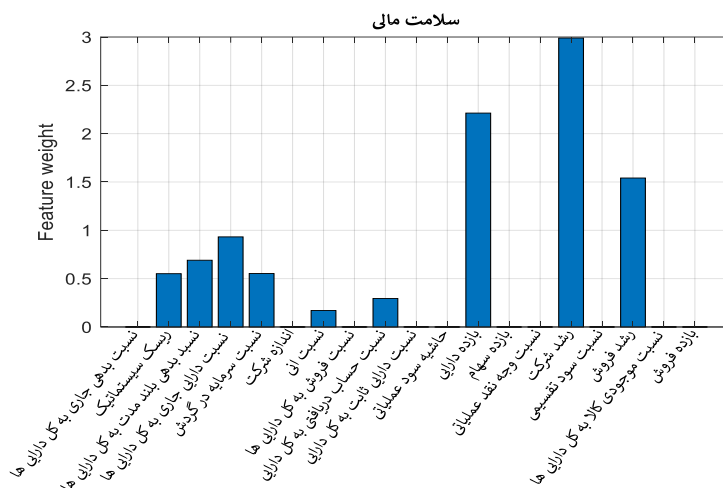
Infinity norm of the final gradient = 8.585e-07

Two norm of the final step = 7.213e-04, TolX = 1.000e-06

Relative infinity norm of the final gradient = 8.585e-07, TolFun = 1.000e-06

برای معیارهای عملکرد حسابداری تعداد ۹ متغیر از ۱۹ متغیر انتخاب شدند. این متغیرها به همراه وزن شان در نشان داده شده است. متغیرهای معیارهای عملکرد حسابداری عبارتند از ریسک سیستماتیک، نسبت بدهی بلندمدت به کل دارایی‌ها، نسبت دارایی جاری به کل دارایی‌ها، نسبت سرمایه در گردش، نسبت آنی، نسبت حساب دریافتی به کل دارایی، بازده دارایی، رشد شرکت، رشد فروش. در شکل ۴ این متغیرها نشان داده شده است.

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی



شکل ۴. متغیرهای انتخاب شده توسط روش NCA

نتایج پیش‌بینی درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون

معیارهای عملکرد حسابداری انتخابی به همراه سلامت مالی به الگوریتم درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون تا مدل خود را یاد بگیرند و سلامت مالی را پیش‌بینی کنند. برای ارزیابی مدل‌های درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون از نرخ شناسایی استفاده شده است. همچنین به منظور اجرای عادلانه و بررسی پدیده بیش‌بزارش از روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی استفاده شده است. شرکت‌سال‌ها به دو دسته آموزشی و ارزیابی توسط روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی تقسیم می‌گردند. داده‌های آموزش به الگوریتم درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون 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 طبقه‌بندی و رگرسیون مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کند، سپس میانگین ۱۰ نرخ شناسایی روش اعتبارسنجی مقاطع ۱۰ تایی محاسبه شده و در **Error! Reference source not found.** و جدول به ترتیب نتایج میانگین نرخ شناسایی برای بررسی میزان یادگیری مدل درخت مبتنی بر معیارهای عملکرد حسابداری گزارش شده است. هر چقدر این نرخ شناسایی به صد نزدیک‌تر باشند نشان‌دهنده یادگیری بهتر مدل هست. برای معیار عملکرد حسابداری، مطابق جدول، میانگین نرخ شناسایی الگوریتم درخت تصمیم ۹۴،۳۸٪ برای سال جاری و ۹۳،۳۷٪ برای سال آتی به دست آمده است. از مقایسه میانگین نتایج

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پاییز ۱۴۰۰

به دست آمده دو معیار مشخص است که معیارهای عملکرد حسابداری با دقت بیشتری می‌توانند سلامت مالی را پیش‌بینی کنند.

جدول ۴. میانگین نرخ شناسایی برای ارزیابی میزان یادگیری مدل درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون برای سلامت مالی در سال جاری و آتی مبتنی بر معیارهای عملکرد حسابداری

دوره	سال جاری	سال آتی
الگوریتم	CART	CART
مرحله	آموزش	آموزش
۱	۹۴,۲۶	۹۳,۴۵
۲	۹۴,۶۶	۹۳,۵۶
۳	۹۴,۴۷	۹۳,۷۹
۴	۹۴,۲۶	۹۳,۱
۵	۹۴,۳۶	۹۳,۶۸
۶	۹۴,۶۷	۹۳,۲۱
۷	۹۴,۲۷	۹۳,۴۴
۸	۹۴,۲۷	۹۳,۱
۹	۹۴,۱۶	۹۳,۱
۱۰	۹۴,۴۷	۹۳,۳۳
میانگین.	۹۴,۳۸	۹۳,۳۷

برای بررسی رخداد پدیده‌ای به نام بیش‌برازش^{۱۸} است، شرکت-سال‌های تست که تا به حال الگوریتم آن‌ها را مشاهده نکرده است به مدل به دست آمده درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون داده می‌شود. الگوریتم درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون 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 یک بار به عنوان داده تست قرار بگیرند و بتوان به نتیجه حاصله اطمینان بیشتری داشت. در **Error! Reference source not found.** و جدول میانگین این نرخ شناسایی به ترتیب برای معیارهای عملکرد حسابداری 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.

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

از آنجاکه اختلاف نرخ شناسایی داده‌های آموزش و تست کم است، پس بیش برآزش اتفاق نیافتاده است. برای معیارهای نظام راهبردی در سال جاری نرخ شناسایی برای پیش‌بینی الگوریتم CART ۸۴,۷۹ است و در سال آتی برای ۸۴,۷۶ است. همچنین، برای معیارهای عملکرد حسابداری نرخ شناسایی سال جاری ۹۴,۳۸٪ و سال آتی ۹۳,۳۷٪ به دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود الگوریتم درخت تصمیم با معیارهای عملکرد حسابداری پیش‌بینی سلامت مالی بهتری نسبت به معیارهای نظام راهبردی انجام می‌دهند؛ بنابراین می‌توان سلامت مالی را با معیارهای عملکرد حسابداری دقت تر نسبت به معیارهای نظام راهبردی پیش‌بینی کرد.

جدول ۵. میانگین نرخ شناسایی برای ارزیابی کارایی مدل درخت تصمیم طبقه‌بندی و رگرسیون

برای سلامت مالی در سال جاری و آتی معیارهای عملکرد حسابداری

سال آتی	سال جاری	دوره
CART	CART	الگوریتم
آزمون	آزمون	مرحله
۹۲/۷۱	۹۵/۵	۱
۹۱/۷۵	۹۱/۸۹	۲
۸۹/۵۸	۹۳/۶۴	۳
۹۵/۸۸	۹۵/۵	۴
۹۰/۶۳	۹۴/۵۹	۵
۹۴/۸۵	۹۱/۸۲	۶
۹۲/۷۸	۹۵/۴۵	۷
۹۵/۸۳	۹۵/۴۵	۸
۹۵/۸۸	۹۶/۳۶	۹
۹۳/۸۱	۹۳/۶۴	۱۰
۹۳/۳۷	۹۴/۳۸	میانگین.

نتیجه‌گیری

یکی از مسائلی که می‌تواند به نحوه تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران کمک نماید، وجود ابزارها و مدل‌های مناسب برای ارزیابی شرایط مالی و وضعیت شرکت‌ها است. یکی از ابزارهای مورد استفاده برای تصمیم به سرمایه‌گذاری، مدل‌های پیش‌بینی سلامت مالی است. سرعت یافتن فعالیت‌ها و رویدادهای اقتصادی پیامدهای مثبت و منفی زیادی را به همراه داشته است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی این

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هشتم / پاییز ۱۴۰۰

تغییرات، افزایش رقابت‌ها به‌منظور کسب منابع مالی و محدود شدن دسترسی به سود توسط واحدهای تجاری و بنگاه‌های اقتصادی است. یکی از راه‌هایی که می‌توان با استفاده از آن به بهره‌گیری مناسب از فرصت‌های سرمایه‌گذاری و همچنین جلوگیری از به هدر رفتن منابع کمک کرد، پیش‌بینی ریسک درماندگی مالی و قدرت سلامت مالی شرکت است [۲۰].

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 ۱۳۹۸ استفاده شد نتایج نشان داد روش الگوریتم هوش مصنوعی با قدرت بیش از ۹۰ درصد توانایی پیش‌بینی سلامت مالی شرکت‌ها را دارد و همچنین از بین معیارهای عملکرد مالی، رشد شرکت، بازده دارایی، رشد فروش و نسبت دارایی جاری به دارایی‌ها بالاترین همبستگی را دارد، همانگونه که مهسوارا، (۲۰۱۱)، بیان داشت که نسبت‌های مالی از عوامل درون‌سازمانی مؤثر بر تحلیل درماندگی مالی محسوب می‌شوند. گودرزی و جنانی (۱۳۹۴) نشان دادند رشد تحقق‌یافته و رشد دارایی با سلامت مالی مرتبط است. نتایج تحقیق با مطالعات برور و همکاران (۲۰۱۲)؛ فروغی و متین نژاد (۱۳۹۳)؛ زمیسکی (۱۹۸۴)؛ بخاری و همکاران (۲۰۰۵)؛ آچیمپنگ و همکاران (۲۰۱۴)؛ نایت و برتونیچ (۲۰۰۱) و هاشمی و میرکی (۱۳۹۴) مرتبط است. لذا به مدیران بازار سرمایه توصیه می‌شود متغیرهای ذکر شده را جهت تصمیم‌گیری در زمینه تداوم فعالیت شرکت‌ها مدنظر قرار دهند. همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند به‌صورت کاربردی موردتوجه 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.

کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی عوامل عملکردی مؤثر.../پازوکی، صراف، جعفری و باغانی

منابع

- ۱) پورعلی محمدرضا. ارائه مدل سنجش و ارزیابی سلامت مالی در شرایط محیطی ایران دانش سرمایه‌گذاری. ۱۳۹۲. دوره ۲، شماره ۵، ص ۱۷۹-۲۰۶.
 - ۲) رحیمیان نظام‌الدین، قادری بهمن و فاطمه دانشیار. بررسی ارتباط بین هزینه‌های نمایندگی و سلامت مالی شرکت‌ها: شواهدی تجربی از بورس اوراق بهادار تهران. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار. ۱۳۹۸. دوره ۱۲، شماره ۴۳، ص ۱۵۹-۱۷۹.
 - ۳) زارعی بهنوش، ژاله زارعی. اثر هوش تجاری بر عملکرد مالی بانک‌های ایران (با تأکید بر شاخص‌های سلامت مالی بانک‌ها). فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران. ۱۳۹۷. دوره ۷، شماره ۲۵، ص ۱۱۱-۱۳۰.
 - ۴) عاطفی‌فر علیرضا، زاداله فتحی. بررسی اثربخشی شاخص‌های سلامت مالی به‌عنوان نمادهای بحران مالی بانکی با بکارگیری مدل‌های لاجیت چند متغیره. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۱۳۹۹. دوره ۱۱، شماره ۴۲، ص ۳۳۳-۳۶۱.
 - ۵) فروغی د، ر متین‌نژاد. تأثیر ویژگی‌های شرکت بر بازده مورد انتظار محاسبه شده به روش ساختار سرمایه ضمنی ترکیبی. مجله پیشرفت‌های حسابداری دانشگاه شیراز. ۱۳۹۳. دوره ۶، شماره ۱، ص ۹۱-۱۱۴.
 - ۶) گودرزی حسین، محمدحسن جنانی. بررسی ارتباط بین سلامت مالی و فرصت‌های سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. دومین همایش بین‌المللی مدیریت و فرهنگ توسعه. ۱۳۹۴. تهران.
 - ۷) گودرزی حسین، محمدحسن جنانی. بررسی ارتباط بین سلامت مالی و عملکرد مالی در بورس اوراق بهادار تهران. اولین همایش بین‌المللی نوآوری و تحقیق در هنر و علوم انسانی. ۱۳۹۴.
 - ۸) مژده زهرا و همکاران. اثر سلامت مالی بر بقای صادرات صنایع کارخانه‌ای با استفاده از الگوی بقای انعطاف‌پذیر. تحقیقات اقتصادی. ۱۳۹۹. دوره ۵۵، شماره ۲، ص ۴۱۱-۴۳۶.
 - ۹) هاشمی سیدعباس، فواد میرکی. تأثیر ریسک آشفتگی مالی بر بازده سهام. حسابداری و مدیریت مالی. ۱۳۹۴. شماره ۸، ص ۱۶۷-۱۸۰.
- 10) Acheampong, P. and Agalega, E., Shibu, Albert, K. "The Effect of Financial Leverage and Market Size on Stock Returns on the Ghana Stock Exchange: Evidence from Selected Stocks in the Manufacturing Sector". International Journal of Financial Research. 2004. Vol. 5, No. 1.

- 11) Bokhari, j. and Hudson, R. and keasey, k. "The Predictive Ability and Profitability of Technical Trading Rules: Does Company Size Matter?". Economics letters. 2005. 86, pp: 21-27.
- 12) Brewer, B. E., Wilson, C.A., Featherstone, A. M., Harris, J.M., Erickson, K. and Hallahan. Measuring the Financial Health of U.S. Production Agriculture. 2012.
- 13) Eksi,I. Classification of firm failure with classification and regression trees. Journal of Finance and Economics. 2011. 76: 113-120.
- 14) H.Son,C.Hyun, D.Phan, H.J.Hwang. Data analytic approach for bankruptcy prediction. Expert Systems with Applications. 2019. Volume 138, 30 December 2019, 112816.
- 15) Knight, Rory& Bertoneche, Marc. "Financial Performance". Butterworth - Heinemann Finance. 2001. pp.74-108.
- 16) Maheswara Reddy, D., Reddy, C. R. Application of Z Score Analysis in EvaluatingThe Financial Health of Pharmaceutical Companies- Acase Study. 2011.
- 17) P. K. Viswanathan, Suresh Srinivasan, N. Hariharan. Predicting Financial Health of Banks for Investor Guidance Using Machine Learning Algorithms. Journal of Emerging Market Finance. 2020. Vol 19, Issue 2.
- 18) Rafique, A. Effect of financial distress on operating cash flows. International Journal of Management and Applied Science. 2018. 4(1), 45-49.
- 19) Sayari, N. & Mugan, C. S. Industry specific financial distress modeling. Business Research Quarterly. 2017. 20, 45-62.
- 20) Yang, J., and Jiang, Y. "Accounting information quality, free cash flow and overinvestment: A Chinese study". The Business Review. 2008. 11 (1): 159-166.
- 21) Zmijewski M.E. Method logical Issues Relate to the Estimation of Financial Distress prediction Models . Journal of Accounting Research 1984. 22, 59-82.

یادداشت‌ها

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Bokhari, j. | 2 Acheampong, P. |
| 3 Knight & Bertoneche | 4 P. K. Viswanathan |
| 5 H.Son | 6 Rafique, A |
| 7 Sayari, N. & Mugan, C. S | 8 Eksi,I |
| 9 Neighborhood Component Analysis | 10 Classification and Regression tree |
| 11 Brewer, B. E | 12 Embedded |
| 13 Nearest Neighbor | 14 Reference point |
| 15 Gini Index | 16 Information Gain |
| 17 Splitting Feature | 18 Hypothesis |