فصلنامه راهبرد مدیریت مالی
دانشگاه الزهرا
سال یازدهم، شماره چهل و دوم، پاییز ۱۴۰۲
صفحات ۱۵۴-۱۲۷

مقاله پژوهشی

بررسی دقت ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های متداول خطی در پیش‌بینی سود هر سهم[۱]

صدیقه عزیزی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷

چکیده

اطلاعات مربوط به سود و سود پیش‌بینی شده هر سهم معیارهایی هستند که از دیدگاه بسیاری از استفاده‌کنندگان با اهمیت تلقی می‌شوند؛ لذا شرکت‌ها برای جذب سرمایه‌گذاران تلاش می‌کنند سود هر سهم را با بیشترین دقت پیش‌بینی کنند. از سوی دیگر، علی‌رغم روش‌های متعدد پیش‌بینی سود، پیش‌بینی دقیق سود هر سهم در حوزه مالی کار چندان آسانی نیست و اغلب پژوهشگران درصدد تعیین بهترین روش برای پیش‌بینی سود هستند؛ بنابراین، هدف اصلی این پژوهش بررسی دقت ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های متداول خطی در پیش‌بینی سود هر سهم است. بدین منظور، نمونه‌ای متشکل از ۱۰۰ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۸ بررسی شده است. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا با مطالعه پژوهش‌های پیشین در حوزه پیش‌بینی سود ۱۴ نسبت مالی اثرگذار بر پیش‌بینی سود انتخاب شده است. سپس، به منظور ارائه مدلی در زمینه پیش‌بینی سودآوری شرکت‌ها، به مقایسه مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون خطی پرداخته شده است. نتایج پژوهش نشان داد مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی روند حرکتی سود هر سهم بسیار بهتر عمل کرده و در مقایسه با مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس توابع کرنلی و روش رگرسیون خطی از دقت بالاتری برخوردار است. به گونه‌ای که با توسعه مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایهٔ الگوریتم ژنتیک خطای آموزش مدل به مقدار ۰/۰۳۶ کاهش و بر دقت مدل تا ۷۵ درصد افزوده می‌شود.

واژگان کلیدی: سود هر سهم، ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم ژنتیک، مدل‌های خطی.
طبقه‌بندی موضوعی: *L25, G32, E31*

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/JFM.2023.33611.2442
۲. استادیار، گروه حسابداری، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران. (نویسنده مسئول). Email: s_azizi23@yahoo.com

مقدمه

اتخاذ تصمیمات بهینه اقتصادی توسط مدیران مستلزم ارزیابی توان واحد تجاری در ایجاد وجه نقد و زمان قطعیت ایجاد آن است. یکی از پارامترهای مهم ارزیابی توان ایجاد وجه نقد توسط واحدهای تجاری سودآوری است. سودآوری در برگیرنده بازده حاصل از منابع تحت کنترل واحد تجاری و معنکس کننده سلامت اقتصادی و تداوم فعالیت واحد تجاری است. در واقع سودآوری مطلوب باعث تداوم فعالیت‌های واحد تجاری و استفاده بهینه از منابع در سطح خرد و کلان می‌شود، در حالی که سودآوری نامطلوب می‌تواند منجر به ورشکستگی شود (رضایی و امیرحسینی، ۱۳۹۶)؛ از این‌رو، دقت در پیش‌بینی سود هر سهم از اهمیت بالایی برای جذب سرمایه‌گذاران بالقوه و اطمینان خاطر به سرمایه‌گذاران بالفعل دارد؛ زیرا هر اندازه خطای پیش‌بینی سود هر سهم کمتر باشد، نوسانات قیمت سهام پایین‌تر خواهد بود. به بیانی دیگر، اگر سود هر سهم واقعی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده باشد، منجر به کاهش اعتبار شرکت در برآوردن انتظارات می‌شود و این موضوع از منظر سهامداران به عنوان نشانه‌ای از ضعف در عملکرد شرکت تلقی می‌شود (پاین[1]، ۲۰۰۸). با در نظر گرفتن اهمیت سودآوری و پیش‌بینی سود هر سهم، یافتن فن‌ها و مدل‌هایی که بتواند پیش‌بینی سود را با حداقل خطای ممکن انجام دهد از جایگاه ویژه‌ایی برخوردار می‌باشد. در همین راستا، مطالعات متعددی در بورس اوراق بهادار تهران تلاش کرده‌اند تا به صورت تجربی نقش پیش‌بینی سود هر سهم را بررسی کنند (مانند حجازی و همکاران، ۱۳۹۴؛ نیاسانی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ اما مطالعات اولیه اغلب از مدل‌های رگرسیون پانل و سری زمانی برای نشان دادن دقت مدل پیش‌بینی سود هر سهم استفاده کرده‌اند، این در حالی است که این مدل‌ها به دلیل در نظر نگرفتن عوامل پیچیده و غیرخطی موثر در پیش‌بینی سود همواره با خطای پیش‌بینی مواجه هستند (مهدوی و بهمنش، ۱۳۸۴)؛ لذا طی سال‌های اخیر روش‌های نوینی از پیش‌بینی به نام روش‌های داده‌کاوی، به عنوان ابزاری جهت برآورد روابط غیرخطی پا به عرصه گذاشته‌اند. استفاده موفقیت‌آمیز این روش‌ها در پیش‌بینی‌های اقتصادی، سمت و سویی تازه به پژوهش‌های دارای عوامل پیچیده و غیرخطی داده است. اگر چه این روش‌های هوش مصنوعی دارای مزایای زیادی در پیش‌بینی، طبقه‌بندی و تکنیک‌های بهینه‌سازی هستند؛ اما دارای برخی معایب مانند گیر کردن شبکه در نقاط مینیمم محلی و سرعت پایین همگرایی محاسبات نیز هستند. تأثیر منفی این قبیل نارسایی‌ها بر روایی و دقت پیش‌بینی باعث شده است تا الگوریتم‌های دیگری جهت بهبود سرعت همگرایی محاسبات و دقت پیش‌بینی طراحی شود (هایکین[2]، ۱۹۹۸)؛ از این‌رو، در این پژوهش تلاش شده با استفاده از ترکیب ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک معیار جامع‌تری ارائه شود به کمک متغیرهای ورودی، به بررسی عملکرد دقت مدل پیش‌بینی سود هر سهم پرداخته می‌شود و سپس جهت بررسی دقت این مدل؛ نتایج مدل با روش رگرسیون چندگانه مقایسه خواهد شد؛ به بیانی دیگر، در این پژوهش تلاش شده است به دلیل درصد خطای کمتر ترکیب ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل‌های استفاده شده

1. Payen
2. Haykin

در پژوهش‌های پیشین به آزمون مدلی جامع‌تر پرداخته شود که بتواند مبنای دقیق‌تری برای پیش‌بینی سود هر سهم قرار گیرد که از این دیدگاه انجام این پژوهش در جهت ارتقاء پیش‌بینی سود هر سهم است. با توجه به آنچه بیان است این پژوهش در پی پاسخ‌گویی به پرسش‌های ذیل است. توانایی ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل در پیش‌بینی سود هر سهم چقدر است؟ توانایی روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی سود هر سهم چقدر است؟ توانایی روش رگرسیون پانل در پیش‌بینی سود هر سهم چقدر است؟ آیا توانایی و عملکرد روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل و روش متداول پیش‌بینی (روش رگرسیون پانل) بهتر است.

در ادامه تحقیق، ابتدا مبانی نظری و فرضیات پژوهش ارائه می‌شود. سپس، روش پژوهش و یافته‌ها توضیح داده می‌شود. در نهایت ،نتیجه‌گیری و پیشنهادات حاصل از پژوهش بیان شده است.

مبانی نظری پژوهش

هدف اصلی گزارشگری مالی ارائه اطلاعات مناسب، صحیح و مربوط برای تصمیم‌گیری استفاده‌کنندگان اطلاعات مالی است. یکی از ویژگی‌های لازم برای مربوط بودن اطلاعات مالی و اقتصادی، سودمندی در پیش‌بینی است. پیش‌بینی به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا فرآیند تصمیم‌گیری خود را بهبود بخشند و ریسک تصمیم‌های خود را کاهش دهند (کردستانی، بهرامفر و امیری، ۱۳۹۸)؛ بنابراین پیش‌بینی یک عامل کلیدی در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی به شمار می‌رود؛ زیرا سرمایه‌گذاران، اعتباردهندگان، مدیران و سایر ذینعفان در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی متکی به پیش‌بینی و انتظارات هستند.

در حسابداری مواردی مانند سود، قیمت سهام، بازده سهام، ورشکستگی و ریسک را تا حدی می‌توان پیش‌بینی کرد؛ اما پیش‌بینی سود هر سهم به عنوان یک عامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری‌های اقتصادی از دیرباز مورد علاقه استفاده‌کنندگان بوده است (علوی طبری و جلیلی، ۱۳۸۵). این توجه از آنجا نشات می‌گیرد که سود پرکاربردترین و ملموس‌ترین نیاز سهامداران و سایر استفاده‌کنندگان در برآوردهای بازار سرمایه است. به عنوان مثال میزان جذابیت تحصیل یک شرکت، علاوه بر وضعیت فعلی شرکت، به توان بالقوه آن در ایجاد درآمدهای آتی بستگی دارد. شرکتی که در حال حاضر سودآور است و سودآوری شرکت در آینده استمرار خواهد داشت، نسبت به شرکتی که سودهای بالقوه آن به زودی تقلیل می‌یابد، جذابتر است؛ لذا می‌توان ادعا کرد که مهمترین ملاک تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در انتخاب شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری، سطح سودآوری فعلی و آتی شرکت است؛ به گونه‌ای که سرمایه‌گذاران در استراتژی‌های مختلف سرمایه‌گذاری، به طور عمده با توجه به سود شرکت‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند (امیدی گهر و دارابی، ۱۳۹۴).

برای سرمایه‌گذاران، اهمیت سود پیش‌بینی شده به مقدار انحراف آن از سود واقعی بستگی دارد. هرچه انحراف کمتر باشد، پیش‌بینی دقیق‌تر است. بازار برای تحقق انتظارات سود هر سهم ارزش زیادی

قائل است و به عدم تحقق آن واکنش نشان می‌دهد (ریس و سیواراماکریشنان[1]، ۲۰۰۷). در مواقعی که میزان سود واقعی هر سهم بیش از انتظارات شود، بازار نسبت به آن نگاه خوش‌بینانه دارد و آن را خبر خوبی می‌داند و در مقابل در مواقعی که سود هر سهم کمتر از سود مورد انتظار شود، اعتبار شرکت در برآوردن انتظارات کاهش می‌یابد (پاین، ۲۰۰۸).

در همین راستا، پژوهش‌ها متعددی نشان داده‌اند واحدهای تجاری که از عملکرد نسبتا ضعیفی برخوردارند خطاهای گسترده‌تری در سود پیش‌بینی شده خود دارند و احتمالاً در تأمین سود پیش‌بینی شده با مشکل روبرو می‌شوند (کوتاری، شو و ویسوکی[2]، ۲۰۰۵). اغلب شرکت‌های سهامی با دوراندیشی و احتیاط سود سالانه را پیش‌بینی می‌کنند تا در صورت عدم تحقق مبلغ اعلامی، ذهنیت منفی در سهامداران ایجاد نشود. عدم تحقق سود پیش‌بینی شده به معنای ناتوانی شرکت در پوشش سود پیش‌بینی شده است. علاوه بر ظرفیت تولید، شرایط نقدینگی و وضعیت مالی شرکت نیز بر آن تأثیر می‌گذارد. تصور بر این است که در شرکت‌هایی که وضعیت مالی مناسب نیست و از نظر ریسک مالی در وضعیت مطلوبی قرار ندارند، سود کمتری را پوشش می دهند؛ از اینرو سوال‌های اساسی که در این زمینه مطرح می‌شود این است که بر اساس کدام متغیرها می‌توان پیش‌بینی دقیق‌تری از سودآوری آتی واحدهای تجاری داشت. پرسش دوم این است که آیا می‌توان اساسا با استفاده از اطلاعات موجود در صورت‌های مالی نتیجه عملکرد آتی واحد تجاری را به شکل قابل اتکایی پیش‌بینی کرد؟ در این زمینه لانگ و لاندهولم[3] (۱۹۹۶) بیان می‌کنند میزان اطلاعات افشا شده برای مشارکت‌کنندگان بازار بر دقت پیش‌بینی سود تحلیل‌گران تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب که با افزایش میزان افشای اطلاعات شرکت دقت پیش‌بینی سود افزایش می‌یابد. این یافته‌ها بر آن دلالت دارند که شرکت‌هایی که اطلاعات بیشتری برای استفاده‌کنندگان خارجی منتشر می‌کنند دارای دقت پیش‌بینی سود بالاتری هستند (ساربان‌ها و آشتاب، ۱۳۸۷).

البته باید این نکته را در نظر گرفت که بسیاری از اطلاعات و متغیرهای شناسایی شده کمکی به پیش‌بینی سودآوری نمی‌کنند؛ بنابراین افزایش حجم اطلاعات درباره شرکت‌ها عملا کار پیش‌بینی سودآوری شرکت‌ها به روش‌های رایج و سنتی را سخت و دشوار کرده است. انباشتگی اطلاعات غیرسودمند مسلماً با خطاهای انسانی و مشکلاتی از جمله طولانی شدن فرآیند شناسایی، سطحی بودن امر شناسایی یا اعمال سلیقه‌ها همراه است (حبیب زاده و ایزدپور، ۱۳۹۹)؛ بنابراین استفاده از فن‌هایی که به کمک آن بتوان شناخت بیشتر و ارزیابی دقیق‌تری از سودآوری شرکت‌ها به دست آورد، حائز اهمیت است (افسر و همکاران، ۱۳۹۳).

همواره روش‌هایی برای انتخاب و متمایز نمودن داده‌های ورودی به مدل‌های پیش‌بینی کننده وجود دارد که از این طریق می‌توان شناسایی بهتری در این حجم انبوه از اطلاعات داشت. در این زمینه، پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد استفاده از ابزارها و روش‌های پیش‌بینی سنتی مانند رگرسیون، خطای

1. Rees & Sivaramakrishnan
2. Kothari, Shu & Wysocki
3. Long & Lundholm

بـالایی دارد و در مقایسه با روش‌های جدیدتر و مدل‌های غیرخطی عملکرد ضعیف‌تری دارند؛ لذا روش‌ها و رویکردهای پیشرفته‌ای جهت بهبود عملکرد مدل‌های پیش‌بینی ارائه شده است. رویکردهای داده کاوی، یکی از شاخص‌ترین این تکنیک‌ها است که تلاش می‌کند دانش نهفته در داده‌های تاریخی را استخراج کرده و از آن در جهت پیش‌بینی سود، بهره گیرد (پویان‌فر و همکاران، ۱۳۹۲).

از جمله تکنیک‌های داده کاوی، روش ماشین بردار پشتیبان[1] است که در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی جهت پیش‌بینی سود با استفاده از آن صورت گرفته است که از آن میان می توان به مطالعات هوانگ و سانگ[2] (۲۰۰۷)؛ یو، وانگ و کائو[3] (۲۰۱۱) و ژو، لیا و یو[4] (۲۰۱۰) اشاره کرد. نتایج پژوهش‌های مذکور بیانگر عملکرد مطلوب این روش نسبت به سایر روش‌های ارزیابی بوده است. ماشین بردار پشتیبان یکی از شیوه‌های یـادگیری تحت نظارت است کـه در دسته‌بندی و رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش یکی از شیوه‌های نسبتاً جدیدی می‌باشد که در دهه‌های گذشته نسبت به شیوه‌های دسته‌بندی قدیمی‌تر مانند شبکه‌های عصبی عملکرد بهتری از خود به نمایش گذاشته است (وپنیک[5]، ۱۹۹۵). از سوی دیگر، در سال‌های اخیر با توجه به محدودیت‌های موجود در روش‌های هوش مصنوعی، مانند گیر کردن شبکه در نقاط مینیمم محلی و سرعت پایین همگرایی محاسبات باعث شده است تا پژوهش‌هایی در زمینه استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در جهت بهینه‌سازی روش‌های هوش مصنوعی انجام شود و به رفع معایب و بهینه‌سازی روش‌های هوش مصنوعی بپردازند. یکی از کاراترین تکنیک‌های مورد استفاده در این حوزه بهینه‌سازی، تکنیک الگوریتم ژنتیک[6] است.

الگوریتم ژنتیک نخستین بار توسط جان (۱۹۷۵) ارائه شده است، الگوریتم ژنتیک یک روش جستجوی موثر در فضاهای بسیار بزرگ ایجاد می‌کند که در نهایت منجر به جهت گیری به سمت یافتن جواب بهینه می‌گردد. (میکائیل[7]، ۱۹۹۹). الگوریتم ژنتیک با مجموعه‌ای از جواب‌ها که از طریق کروموزوم‌ها نشان داده می‌شود شروع می‌گردد. در این الگوریتم جواب‌های حاصل از یک جمعیت برای تولید جمعیت بعدی استفاده می‌شود که عمل تولید نسل جدید با ترکیب و یا جهش همراه خواهد بود. در این فرایند امید است که جمعیت جدید نسبت به جمعیت قبلی بهتر باشد.

با توجه به آنچه بیان شد پژوهشگران با استفاده از ابزارهای و تنکنیک‌های ترکیبی پیشرفته قادر به طراحی مدل‌های جدید در پیش‌بینی سود شده‌اند؛ از اینرو در این پژوهش تلاش شده است محدودیت‌های پیشین برای بهینه کردن تابع هدف تا حد بسیار زیادی برداشته و از یک روش ترکیبی برای بهینه‌سازی پیش‌بینی سود استفاده شود. بدین ترتیب که با استفاده از روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان

1. Support Vector Machine (SVM)
2. Huang & Sun
3. Yu, Wang & Cao
4. Zhou, Lai & Yu
5 .Vapnik
6. Genetic Algorithm
7 .Michael

بر پایه الگوریتم ژنتیک قواعد پیش‌بینی سود به صورتی استخراج گردیده تا به سطح مطلوبی از پیش‌بینی سود دست یافت.

پیشینه پژوهش

پیرامون موضوع سود و پیش‌بینی آن، پژوهش‌های متعددی انجام شده است. ادبیات غنی موجود در این زمینه، به اهمیت فراوان این موضوع به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی پژوهشگران اشاره می‌کند؛ اما پیش‌بینی سود با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی موضوع نوینی است که در ادامه به برخی پژوهش‌های محدود انجام شده در این حوزه اشاره شده است.

در همین راستا ژانگ[1] (۲۰۰۴) با استفاده از چهار مدل خطی تک متغیره، شبکه عصبی تک متغیره، خطی چند متغیره و شبکه عصبی چند متغیره به پیش‌بینی سود هر سهم پرداخت و نشان داد مدل شبکه عصبی چند متغیره در مقایسه با سایر مدل‌ها دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی سود است. باروچ و همکاران[2] (۲۰۰۹) به بررسی سودمندی برآوردهای حسابداری در پیش‌بینی سود پرداختند و به این نتیجه رسیدند برآوردهای حسابداری در پیش‌بینی سود و جریان‌های نقد آتی مفید نیستند و میزان تاثیر برآوردهای حسابداری در تصمیمات سرمایه‌گذاران محدود است. کائو و پری مارک[3] (۲۰۰۹) دقت پیش‌بینی روش‌های شبکه عصبی منصوعی خطی یک متغیره و چند را در پیش‌بینی سود هر سهم مورد مقایسه قرار دادند. در این پژوهش جهت تخمین وزن‌ها از الگوریتم پس انتشار خطا و الگوریتم ژنتیک استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد مدل شبکه عصبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک که شامل متغیرهای بنیادی حسابداری است، نسبت به مدل شبکه عصبی مبتنی بر الگوریتم پس انتشار خطا و مدل‌های خطی، از دقت پیشبینی بیشتری برخوردار است. ژانگ و همکاران[4] (۲۰۱۵) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مولفه‌های اول اصلی (PCA) و ماشین بردار پشتیبانی (SVM) به پیش‌بینی سودآوری در شرکت‌های ساختمانی پذیرفته شده در بازار سهام A در چین پراختند و به این نتیجه رسیدند ترکیب روش‌های PCA و SVM می‌تواند دقت پیش‌بینی سودآوری را به میزان ۸۰ درصد بهبود بخشد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، مدل SVM دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی سود است. هوآنگ و سان[5] (۲۰۱۷) طی پژوهشی به بررسی رابطه بین توانایی مدیریت و مدیریت سود در ایالات متحده پرداختند. در مطالعات پیشین، تعیین عوامل و پیامدهای مدیریت سود واقعی به عنوان عملکرد و مشخصه شرکت بررسی می‌شود. در حالی که در این پژوهش آنها بررسی کردند چگونه توانایی‌های مدیریتی به استفاده از مدیریت سود واقعی و عملکرد آتی شرکت مربوط است. نتایج پژوهش نشان داد مدیران با توانایی بالاتر، کمتر شرکت را

1 .Zhang
2 .Baruch et al.
3. Cao, & Parry Mark
4. Zhang et al.
5. Huang & Sun

درگیر مدیریت سود واقعی می‌کنند. علاوه بر این، مدیران با توانایی برتر، تأثیر منفی مدیریت سود واقعی را بر عملکرد آتی شرکت کاهش می‌دهند. تانگ و کیان[1] (۲۰۱۸) در پژوهشی به پیش‌بینی عملکرد عرضه اولیه اوراق بهادار پرداختند. اگرچه بسیاری از نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد شبکه‌های عصبی می‌تواند تقریبا تمام مشکلات را موثرتر از روش ماشین بردار پشتیبان حل کند؛ اما نتایج این پژوهش نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان بهتر از شبکه عصبی عمل می‌کند. در راستای پژوهش‌های انجام شده، کاوه و همکاران[2] (۲۰۱۹) قابلیت مدل شبکه عصبی مصنوعی را در زمینه پیش‌بینی سود مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند استفاده از الگوریتم مذکور باعث بهبود پیش‌بینی سود می‌گردد. جاشوا ، جیمز و لیندا[3] (۲۰۱۲) با استفاده از فن یادگیری ماشین به بهبود پیش‌بینی سود و بازده غیرعادی پرداختند و دریافتند تکنیک غیرپارامتری یادگیری ماشین (جنگل تصادفی) دقت پیش‌بینی سود و بازده استراتژی معاملاتی را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد. نتایج پژوهش تأیید می‌کند که اطلاعات صورت‌های مالی می‌تواند برای تصمیمات سرمایه‌گذاری مفید باشد و نشان می‌دهد که تکنیک‌های غیرپارامتری یادگیری ماشین در تائید محتوای اطلاعاتی سود می‌توانند سودمند باشند.

وکیلیان آغویی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی رابطه بین متغیرهای ارزش افزوده اقتصادی و سود باقی‌مانده به عنوان نماینده‌های مدل‌های اقتصادی اروپایی با سود آتی هر سهم پرداختند. آنها با استفاده از یک نمونه ۶۲ تایی از شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۳ الی ۱۳۸۷ به این نتیجه رسیدند ارزش افزوده اقتصادی دارای قدرت پیش‌بینی نیست؛ اما سود باقی‌مانده دارای قدرت پیش‌بینی سود هر سهم سال آتی است. حسینی نسب و کریمی تکلو و یوسفی نژاد (۱۳۹۲) با استفاده از رویکردهای نوین هوش مصنوعی به ارائه مدلی جهت بهبود پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۴ الی ۱۳۹۱ پرداختند و نشان دادند مدل ماشین بردار پشتیبان سود هر سهم سال آتی را با میزان خطای مطلوب ۵ درصد پیش‌بینی می‌کند و در این مدل سود هر سهم سال جاری با ضریب تاثیر ۲۵ درصد موثرترین متغیر برای پیش بینی سود هر سهم آتی است. علاوه بر این نتایج نشان داد مدل ماشین بردار پشتیبان در مقایسه با مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی عملکرد نسبتا مشابهی دارد. حسینی نسب و کریمی تکلو (۱۳۹۳) با استفاده از اطلاعات مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۲ و به‌کارگیری فن ماشین بردار پشتیبان فازی به ارائه مدلی برای پیش‌بینی سود هر سهم پرداختند و به این نتیجه رسیدند ماشین بردار پشتیبان فازی قادر به پیش‌بینی سود هر سهم با خطای قابل قبول ۲ درصد است. علی محمدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی باعنوان پیش‌بینی بازده سهام شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی تحت رویکرد درخت تصمیم، چهار الگوریتم درخت تصمیم (CRT،QUEST، ECHAID، CHAID) را مورد بررسی قراردادند. نتایج به دست آمده نشان داد الگوریتم CHAID در پیش‌بینی بازده آتی بهترین عملکرد را دارد.

1. Tong & Kian
2. Cao et al.
3. Joshua, James & Linda

کاردان و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند الگوریتم‌های غیرخطی از دقت بیشتری نسبت به الگوریتم‌های خطی برخوردار بوده و الگوریتم رگرسیون بردار پشتیبان، مدیریت سود را بهتر از سایر الگوریتم‌ها پیش‌بینی می‌کند. همچنین الگوریتم‌های خطی در پیش‌بینی مدیریت سود نتایج تقریباً مشابهی را از خود نشان دادند. مهربانپور و همکاران (۱۳۹۶) با در نظرگرفتن ۱۱متغیر، اقدام به شناسایی عوامل موثر بر سودآوری کردند. در این پژوهش، متغیر بازده حقوق صاحبان سهام به عنوان معیار سودآوری مطرح شد و سپس با استفاده از اطلاعات مالی ۱۰ ساله بانک‌ها؛ ساختار دارایی، تنوع درآمدی، رشد اقتصادی و تورم به عنوان متغیرهای موثر بر سودآوری شناسایی شدند. حبیب زاده و ایزدپور (۱۳۹۹) به پیش‌بینی سودآوری با رویکرد شبکه عصبی و مقایسه آن با ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم C5 پرداختند و دریافتند بهترین مدل پیش‌بینی سودآوری شرکت‌ها با در نظر گرفتن متغیرهای معنی‌دار، الگوریتم درخت‌تصمیم C5 با دقت۹۳,۵۴٪ است و پس از آن مدل شبکه عصبی با دقتی برابر۸۱,۴۵٪ نسبت به ماشین بردارپشتیبان (۶۹,۳۵٪) دقیق‌تر و دارای سطح خطای کمتری است.

فرضیه‌های پژوهش

همانگونه که در بخش مبانی نظری بیان شد در ادبیات مبتنی بر مدل‌های الگوریتمی، صرفاً به پیش‌بینی با استفاده از یک یا دو الگوریتم خاص اکتفا شده است؛ اما این مطالعات به طور همزمان از مدل‌های الگوریتمی و مدل‌های رگرسیون برای نشان دادن دقت مدل پیش‌بینی سود هر سهم استفاده نکرده‌اند و به مقایسه این مدل‌های الگوریتمی ترکیبی و رگرسیون نپرداخته‌اند؛ لذا در این پژوهش قدرت پیش‌بینی مدل‌های الگوریتمی ترکیبی و رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور چهار فرضیه به شرح زیر تدوین شده است.

فرضیه اول: ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل توانایی پیش‌بینی سود را دارد.

فرضیه دوم: روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک توانایی پیش‌بینی سود را دارد.

فرضیه سوم: روش رگرسیون پانل توانایی پیش‌بینی سود را دارد.

فرضیه چهارم: روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک عملکرد بهتری نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل و روش متداول پیش‌بینی (روش رگرسیون پانل) برای پیش‌بینی سود دارد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است. نمونه آماری در برگیرنده شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد که دارای شرایط زیر می‌باشند. سال مالی آن به پایان اسفندماه منتهی شود و تا پایان اسفندماه ۱۳۸۶ در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده باشند؛ داده‌ها مالی مورد نیاز شرکت‌ها بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ در اختیار پژوهشگر باشد؛ با توجه به ساختار متفاوت

بانک‌ها، مؤسسات مالی و سرمایه‌گذاری، شامل این دسته از شرکت‌ها نباشند؛ بنابراین پس از گردآوری اطلاعات، ۱۰۰ شرکت از جامعه هدف باقی ماندند که در بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ جمعاً ۱۲۰۰ سال-شرکت را دربر گرفت.

در این پژوهش جهت پیش‌بینی سود از سه روش مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون خطی استفاده شده است؛ از اینرو پس از طراحی مدل‌ها و پیش‌بینی نتایج و محاسبه میزان خطای هر سه مدل، به مقایسهٔ دقت پیش‌بینی مدل‌ها پرداخته شده است. به منظور طراحی مدل‌های هوش مصنوعی و برآورد آن از نرم‌افزار MATLAB و Molder استفاده شده است. در مورد هر یک از روش‌ها در ادامه به اختصار توضیحاتی ارائه شده است.

مدل‌ها و متغیرهای پژوهش

مدل ماشین بردار پشتیبان

در مدل ماشین‌های بردار پشتیبان، ساخت مدل شامل دو مرحله آموزش و آزمایش می‌باشد. در انتهای فاز آموزش، قابلیت تعمیم مدل آموزش داده‌شده با استفاده از داده‌های آزمایش ارزیابی می‌شود. ماشین بردار پشتیبان الگوریتمی است که نوع خاصی از مدل خطی را پیدا می‌کند که حاشیه ابرصفحه را به حداکثر می‌رساند. به حداکثر رساندن حاشیه ابرصفحه منجر به حداکثر رساندن جدایی بین لایه‌ها می‌شود. به نزدیک‌ترین نقاط آموزشی به حداکثر حاشیه ابر صفحه، بردارهای پشتیبان اطلاق می‌شوند. فقط از این بردارها (نقاط) برای تعیین مرز بین لایه‌ها استفاده می‌شود (شین و همکاران[1]، ۲۰۰۵).

اگر داده‌ها به شکل خطی از یکدیگر جدا شوند، ماشین بردار پشتیبان ماشین‌های خطی را برای تولید یک سطح بهینه که داده‌ها را بدون خطا و با حداکثر فاصله بین صفحه و نزدیکترین نقاط آموزشی (بردارهای پشتیبان) جدا می‌کند، آموزش می‌دهد.

اگر نقاط آموزشی به صورت $[x_i,y_i]$، بردار ورودی $x_i \in R^n$ و ارزش طبقه $i = 1,2,...,l$ و $y_i \in \{-1,1\}$ تعریف شود، آنگاه در حالتی که داده‌ها به صورت خطی قابل‌تفکیک هستند، قواعد تصمیم‌گیری که تعریف می‌شود و توسط یک صفحه بهینه که طبقات تصمیم‌گیری باینری را تفکیک می‌کند، به صورت رابطه (۱) است.

$$y = sign(\sum_{i=1}^{N} y_i \alpha_i (X \bullet X) + b) \qquad (۱)$$

در رابطه فوق y خروجی معادله، y_i ارزش طبقه نمونه آموزشی و X_i نشان دهنده ضریب داخلی است. بردار $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ نشان‌دهنده یک داده ورودی و بردارهای X_i و $i = (1, 2, 3, \dots, N)$ بردارهای پشتیبان هستند. در رابطه (۱) پارامترهای b و a_i تعیین‌کننده ابر صفحه هستند.

اگر داده‌ها به صورت خطی قابل‌تفکیک نباشند، رابطه (۱) به رابطه (۲) تبدیل می‌شود.

1. Shin et al

$$Y = sign(\sum_{i=1}^{N} y_i \alpha_i K(X \bullet X_i) + b) \quad (۲)$$

تابع $K(X, X_i)$، تابع کرنلی است که برای ایجاد ماشین‌هایی با انواع مختلفی از سطوح تصمیم‌گیری غیرخطی در فضای داده‌ها، ضرب‌های داخلی تولید می‌کند (راعی و فلاح پور، ۱۳۸۷). تابع $K(X, X_i)$ در حقیقت یک تابع فضای اولیه است که برابر با ضرب داخلی دو بردار در فضای ویژگی است. برای معادل بودن تابع $K(X, X_i)$ با ضرب داخلی دو بردار در فضای ویژگی باید تابع $K(X, X_i)$ یک تابع معین مثبت متقارن باشد و در شرط مرسر صدق کند. برخی از توابع کرنل در این شرط صدق می‌کنند. توابع کرنل مورد استفاده در مدل ماشین بردار پشتیبان که در این شرط صدق می‌کنند، معمولا به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل خطی به صورت رابطه (۳) است.

$$K(x_i, x_j) = x_i x_j \quad (۳)$$

ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل چند جمله‌ای به صورت رابطه (۴) است.

$$K(x_i, x_j) = (g x_i x_j + r)^d, \ g > 0 \quad (۴)$$

ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل پایه شعاعی گاوسی (آر بی اف) به صورت رابطه (۵) است.

$$K(x_i, x_j) = exp\left(-g \parallel x_i - x_j \parallel^2\right), \ g > 0 \quad (۵)$$

ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل حلقوی به صورت رابطه (۶) است.

$$K(x_i, x_j) = \tanh(g x_i x_j - r) \quad (۶)$$

در روابط فوق g عملکرد تابع کرنل برای همه کرنل‌ها بجز کرنل خطی است. d عملکرد تابع برای کرنل چند جمله‌ای است. r پارامتر گرایش کرنل در کرنل پایه شعاعی است. g، d و r پارامترهای کاربر کنترل هستند که دقت و صحت روش ماشین بردار پشتیبان را افزایش می‌دهند.

مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک

در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس الگوریتم ژنتیک، یک مدل ماشین بردار پشتیبان ساده، به طوری که تعداد متغیرهای ورودی نهایی توسط الگوریتم ژنتیک برای تمامی شرکت‌ها تعیین شود، طراحی می‌شود. در این پژوهش ۱۴ متغیر به منزله ورودی در مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک وارد می‌شوند. پس از وارد کردن کلیه متغیرها در الگوریتم ژنتیک، یک تابع برازش همانند آنچه شرح داده شد، در مدل مذکور گنجانده شده است، هر بار که الگوریتم یک کروموزوم از یک نسل را بررسی می‌کند، متغیرهایی که در آن کروموزوم لحاظ شده است، با مدل ماشین بردار پشتیبان آزمایش می‌شود، خطای آن محاسبه و به عنوان برازش به آن کروموزوم اختصاص می‌یابد. پس از آزمایش کروموزوم‌ها در هر نسل از الگوریتم ژنتیک، بهترین برازش‌ها که برابر با کمترین خطا است، انتخاب و به نسل بعدی منتقل می‌شود.

در طی این فرآیند از روش‌های جهش و متقاطع نیز برای تولید نسل بعدی استفاده شده است. ذکر این نکته ضروری است که پارامترهای کنترلی الگوریتم ژنتیک از طریق آزمون و خطا سنجش شده است. پس از چندین بار تکرار و تولید نسل‌های بعدی، در نهایت بر اساس پارامترهای کنترلی توقف تکرار، بهترین کروموزوم که شامل تعدادی از متغیرها است شناسایی می‌شود (فلاح پور و همکاران، ۱۳۹۲). به طور کلی در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس الگوریتم ژنتیک، مدل ماشین بردار پشتیبان با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک، تعدادی از ۱۴ متغیر ورودی را که برای پیش‌بینی فرآیند حرکت سود بهتر می‌باشند را انتخاب می‌کند و در نتیجه مدل مورد نظر و متغیرهایی که به عنوان سیگنال منفی عمل می‌کنند و باعث عملکرد نامناسب مدل پیش‌بینی و کاهش دقت پیش‌بینی می‌شوند را از روند پیش‌بینی خارج می‌کند.

در این پژوهش مدل سازی به وسیلهٔ ۱۴ متغیر ورودی انجام می‌گیرد. داده‌های هر ۱۴ متغیر از صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران گردآوری شده است. در نهایت، برای هر شرکت یک ماتریس متشکل از ۱۴ متغیر ورودی و یک متغیر خروجی تشکیل می‌شود. معیار مقایسهٔ عملکرد مدل‌ها نیز دقت پیش‌بینی درست روند حرکتی سود است. بر این اساس که هم پیش‌بینی مثبت و هم پیش‌بینی منفی آتی را لحاظ می‌کند و چنانچه پیش‌بینی درست باشد، هر دو حالت یاد شده، معیار عملکرد محاسبه می‌شود و دقت مدل مورد نظر به دست می‌آید.

مدل رگرسیون خطی

هدف از آزمون فرضیه سوم پژوهش، بررسی دقت روش‌های متداول رگرسیون خطی پانل در پیش‌بینی سود هر سهم است؛ از این‌رو، به منظور آزمون فرضیه سوم از مدل رگرسیون پانل (۱) استفاده می‌شود.

مدل (۱)

$$EPS_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 DPS_{i,t} + \beta_2 NE_{i,t} + \beta_3 AEPS_{i,t} + \beta_4 EPS_{i,t} + \beta_5 AR_{i,t} + \beta_6 CFO_{i,t} + \beta_7 ACC_{i,t} + \beta_8 SIZE_{i,t} + \beta_9 LEV_{i,t} + \beta_{10} GRO_{i,t} + \beta_{11} RET_{i,t} + \beta_{12} ROA_{i,t} + \beta_{13} RI_{i,t} + \beta_{14} EVA_{i,t} + \varepsilon_{i.t}$$

در مدل فوق EPS سود هر سهم، DPS سود تقسیمی هر سهم، NE سود ناخالص، AEPS متوسط سود هر سهم، AR حساب‌های دریافتنی،CFO جریان وجه نقد عملیاتی، ACC اقلام تعهدی عملیاتی، SIZE اندازه شرکت،LEV اهرم مالی، GRO نرخ رشد دارایی‌ها، RET نرخ بازده سهام، ROA نرخ بازده دارایی‌ها، RI سود باقی‌مانده و EVA ارزش افزوده اقتصادی است.

پس از طراحی مدل‌ها و پیش‌بینی نتایج با سه روش مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک (مدل ترکیبی)، ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل، مدل رگرسیون خطی پانل و محاسبه میزان خطای سه روش، دقت پیش‌بینی این روش‌ها با یکدیگر مقایسهٔ شده است. از آنجایی که در پژوهش حاضر از مدل طبقه‌بندی استفاده می‌شود، برای مقایسهٔ دقت پیش‌بینی از خطای کل پیش‌بینی استفاده شده است.

متغیر وابسته

متغیر وابسته در این پژوهش، سودآوری شرکت‌ها در سال آینده است. مطالعه ادبیات موجود در مدل‌سازی پیش‌بینی سودآوری نشان می‌دهد، اغلب از متغیرهای نسبت سود به فروش، بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام برای اندازه‌گیری سودآوری استفاده می‌شود. سود هر سهم آتی (EPS_{t+1}) یکی از آماره‌های مالی بسیار مهم است که همواره مورد توجه سرمایه‌گذاران و تحلیل گران مالی می‌باشد. در این پژوهش سود هر سهم آتی (EPS_{t+1}) از تقسیم سود پس از کسر مالیات شرکت i در سال t+1، بر قیمت بازار هر سهم در پایان سال مالی محاسبه می‌شود که نشان دهنده سودی است که شرکت در یک دوره مشخص به ازای یک سهم عادی به دست آورده است.

متغیر مستقل

پس از بررسی ادبیات پژوهش دو گروه متغیر به عنوان متغیرهای مستقل و موثر بر سودآوردی شناسایی شدند. گروه اول متغیرهای حسابداری شامل سود تقسیمی هر سهم، سود ناخالص، متوسط سود هر سهم، حساب‌های دریافتنی، جریان وجه نقد عملیاتی، اقلام تعهدی عملیاتی و گروه دوم متغیرهای اقتصادی شامل نرخ بازده دارایی‌ها، سود باقی‌مانده و ارزش افزوده اقتصادی است.

سود تقسیمی هر سهم (DPS): بخشی از سود پس از کسر مالیات به ازای هر سهم که بین سهام‌داران تقسیم می‌شود (اسکینر، ۲۰۰۳). سود سهام تقسیمی، نرخ سود سهام نقدی است که از تقسیم سود نقدی هر سهم بر قیمت بازار هر سهم بدست می‌آید.

سود ناخالص (NE): سودی است که یک شرکت بعد از کسر هزینه‌های مربوط به ساخت و فروش کالاها یا هزینه‌های مربوط به تهیه خدمات به دست می‌آورد. سود ناخالص هر شرکت با تقسیم بر قیمت بازار هر سهم در پایان سال مالی همگن می‌شود.

متوسط سود هر سهم (AEPS): میانگین سود هر سهم سه دوره قبل است که با تقسیم بر قیمت بازار هر سهم در پایان سال مالی همگن می‌شود (فینگر، ۱۹۹۳؛ دیجو و تانک، ۲۰۰۹؛ جنت رستمی، ۱۳۷۸).

سود هر سهم جاری (EPS_t): یکی ازآماره های مالی است که عموما مورد توجه سرمایه‌گذاران و تحلیل گران مالی است و اغلب برای ارزابی سودآوری و ریسک مرتبط با سود و نیز قضاوت در خصوص قیمت سهام استفاده می‌شود (فینگر، ۱۹۹۴). سود هر سهم شرکت i در سال t اطلاعات آن از صورت سود و زیان هر شرکت استخراج می‌شود که با تقسیم بر قیمت بازار هر سهم در پایان سال مالی همگن می‌شوند.

حساب‌های دریافتنی (AR): مطالبات واحد تجاری از اشخاص و شرکت‌ها می‌باشد. برای استانداردسازی، محاسبات بر جمع دارایی‌ها تقسیم می‌شود.

جریان وجه نقد عملیاتی (CFO): افزایش یا کاهش در مبلغ وجه نقد ناشی از فعالیت‌های اصلی و مستمر مولد درآمد عملیاتی واحد تجاری نسبت به دوره قبل است (رضازاده و گروسی، ۱۳۹۰). برای استانداردسازی، محاسبات بر جمع دارایی‌ها تقسیم می‌شود.

اقلام تعهدی عملیاتی (ACC): تفاوت موجود بین سود عملیاتی و وجوه نقد حاصل از عملیات در دوره جاری است (مهدوی و رستگاری، ۱۳۸۶). برای استانداردسازی، محاسبات بر جمع دارایی‌ها تقسیم می‌شود.

اندازه شرکت (SIZE)، اندازه شرکت از طریق لگاریتم طبیعی مجموع دارایی‌ها به دست می‌آید.

اهرم مالی (LEV) یکی از مقیاس‌های نسبت اهرمی است. این نسبت از تقسیم بدهی‌های کل به دارایی‌های کل محاسبه می‌شود.

رشد دارایی‌ها (GROW)، رشد یکی از متغیرهای اساسی موثر بر وضعیت آتی سودآوری شرکت‌ها و بازده سهام میزان سرمایه‌گذاری شرکت‌ها در دارایی‌های ثابت می‌باشد که می‌تواند مبنایی برای دستیابی به بازده بهینه در آینده باشد (خواجوی، بهپور و رسولی، ۱۳۹۳). برای سنجش رشد، دارایی‌های ابتدای دوره از دارایی‌ها انتهای دوره کم می‌شود و سپس، باقی‌مانده بر دارایی‌های ابتدای سال تقسیم می‌شود.

نرخ بازده دارایی‌ها (ROA)، این نسبت یکی از شاخص‌های مهم سلامت مالی شرکت، توانایی آن در تحصیل سودی قابل قبول و بازده‌ای مناسب روی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در شرکت است که از تقسیم سود خالص به کل دارایی‌ها به دست می‌آید.

سود باقی‌مانده (RI): سود خالص عملیاتی پس از کسر مالیات منهای هزینه سرمایه بدون احتساب تعدیل‌های حسابداری (وکیلیان اغویی و همکاران، ۱۳۸۸). هزینه سرمایه نرخ متوسط بازده مورد انتظار سرمایه‌گذارانی است که در اوراق بهادار شرکت سرمایه‌گذاری کرده اند.

ارزش افزوده اقتصادی (EVA): در واقع برآورد سود اقتصادی واقعی یک شرکت در یک سال می‌باشد و بیانگر باقیمانده سود پس از کسر هزینه سرمایه است EVA .با کم کردن هزینه فرصت حقوق صاحبان سهام از سود خالص به‌دست می‌آید، بنابراین معیاری است که هزینه فرصت همه منابع به‌کار گرفته شده در شرکت را مدنظر قرار می‌دهد. ارزش افزوده اقتصادی، از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

رابطه (۳)

(سرمایه به کار گرفته شده × میانگین وزنی هزینه سرمایه) – سود خالص عملیاتی پس از کسر مالیات = ارزش افزوده اقتصادی

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی

آماره توصیفی در جدول ۱ گزارش شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میانگین نرخ سود سهام نقدی ۰/۰۳۶ است که نشان می‌دهد شرکت‌های ایرانی حدود ۳ درصد از سود را بین سهامداران تقسیم می‌کنند. میانگین نرخ رشد ۰/۲۶۳ نشان می‌دهد که شرکت‌های مورد پژوهش، طی دوره پژوهش ۲۵ درصد رشد داشته‌اند. این نرخ رشد بالا می‌تواند ناشی از تورم نیز باشد. همچنین میانگین نرخ بازده دارایی‌ها ۰/۱۸۵ است که نشان می‌دهد شرکت‌های مورد پژوهش در ازای هر یک ریال سرمایه‌گذاری ۱۸ درصد بازده در دارایی‌ها داشته‌اند. میانگین اهرم مالی نشان می‌دهد ۵۹ درصد از مجموع دارایی‌های شرکت‌ها از طریق بدهی تامین می‌شود.

جدول ۱. آمارهای توصیفی

متغیر	نماد	میانگین	میانه	انحراف معیار	بیشترین	کمترین
سود هر سهم آتی	EPS_{t+1}	۰/۱۵۲	۰/۱۶۶	۰/۱۷۲	۰/۶۸۳	-۰/۸۵۲
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۰۳۶	/۰۲۸	۰/۰۹۲	۰/۳۸۸	۰
سود ناخالص	NE	۰/۲۸۶	۰/۳۰۱	۰/۱۴۶	۰/۸۷۴	-۰/۶۵۸
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۳۲۵	۰/۳۶۴	۰/۱۵۲	۰/۷۲۵	-۰/۳۶۴
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۱۹۱	۰/۲۰۸	۰/۱۰۶	۰/۶۸۳	-۰/۸۵۲
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۱۰۳	/۰۹۷	۰/۱۸۵	۰/۶۲۴	۰
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۱۳۶	۰/۱۴۲	۰/۱۰۸	۰/۶۰۱	-۰/۳۴۲
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۲۱۰	۰/۱۸۶	۰/۲۶۴	۰/۷۲۵	۰
اندازه شرکت	SIZE	۶/۸۲۱	۵/۳۵۰	۲/۲۵۶	۹/۱۴۲	۳/۶۲۸
اهرم مالی	LEV	۰/۵۹۲	۰/۵۶۱	۰/۲۸۰	۰/۷۶۳	۰/۰۹۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۲۶۳	۰/۲۹۸	۰/۴۰۲	۱/۹۸۱	-۱/۶۰۸
نرخ بازده سهام	RET	۰/۲۵۴	۰/۲۶۸	۱/۲۰۵	۷/۹۶۴	-۰/۸۶۴
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۸۵	۰/۲۰۹	۰/۱۲۶	۰/۶۹۱	-۰/۴۷۰
سود باقی‌مانده	RI	۰/۲۵۸	۰/۲۰۱	۰/۱۱۴	۰/۹۷۶	-۰/۸۶۸
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۳۹۲	۰/۴۱۶	۰/۲۸۷	۱/۰۸۴	-۱/۰۵۴

منبع: یافته‌های پژوهش

برآورد مدل به روش داده‌های ترکیبی و بررسی مفروضات رگرسیون

در روش داده‌های ترکیبی پس از بررسی مانایی متغیرها لازم است روش تخمین و نوع الگوی مورد استفاده در هر مدل با استفاده از آزمون F لیمر و آزمون هاسمن مشخص شود (بالتاجی[1]، ۲۰۰۵). نتایج آزمون‌های فوق در جدول ۲ گزارش شده و نشان می‌دهد برای مدل پژوهش سطح معنی‌داری برای آزمون F لیمر و آزمون هاسمن کمتر از ۰/۰۵ است؛ لذا مدل پانل با اثرات ثابت انتخاب می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون F لیمر و هاسمن

مدل	آزمون F لیمر			آزمون هاسمن		نوع الگو
	آماره F	مقدار احتمال	مدل	آماره کای دو	مقدار احتمال	
(۱)	۲/۳۵۷۱	۰/۰۰۰	پانل	۹/۵۲۸	۰/۰۰۰	اثرات‌ثابت

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از انتخاب نوع الگوی مناسب، مفروضات رگرسیون مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. از آزمون والد تعدیل شده برای بررسی فرض ناهمسانی واریانس استفاده شده است (بالتاجی، ۲۰۰۵). نتایج آزمون والد تعدیل شده در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ حاکی از آن است که پسماند

1 .Baltagi

مدل برازش شده (۱) دارای سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ هستند؛ بنابراین، مدل دارای مشکل ناهمسانی واریانس هستند. برای حل مشکل ناهمسانی واریانس از ضریب تصحیح وایت استفاده می‌شود. در بررسی فرض خودهمبستگی از آزمون دوربین واتسون بهره گرفته می‌شود. نتایج آزمون دوربین واتسون در جدول ۳ بین مقادیر ۱/۵ تا ۲/۵ است، این نتیجه حاکی از آن است که مدل دارای مشکل خود همبستگی مرتبه اول نمی‌باشد. برای آزمون فرض همخطی متغیرهای پژوهش از آزمون همخطی وایف استفاده می‌شود که نتایج آن در جدول ۳ نشان می‌دهد مقدار میانگین آماره وایف برای متغیرهای مستقل از ۵ کمتر است. بنابراین، مشکل همخطی حاد بین متغیرهای مستقل مدل پژوهش وجود ندارد.

جدول ۳. نتایج بررسی مفروضات رگرسیون

مدل	آزمون والد تعدیل شده			آزمون دوربین واتسون		آزمون وایف	
	آماره آزمون	مقدار احتمال	ناهمسانی	آماره آزمون	خود همبستگی	آماره آزمون	همخطی
(۱)	۱۷۳/۳۶۱	۰/۰۰۰	دارد	۱/۹۹۰	ندارد	۲/۶۲۸	ندارد

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون فرضیه اول

هدف از آزمون فرضیه اول پژوهش، توانایی ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی سود است. در این بخش جهت پیش‌بینی سود از ماشین بردار پشتیبان استفاده گردیده است. ماشین بردار پشتیبان برای انجام عمل پردازش از توابع کرنل استفاده می‌کند که این توابع شامل چهار تابع آر بی اف، چند جمله‌ای، حلقوی و خطی هستند. برای انتخاب این که کدام تابع با یک مجموعه داده بهترین عملکرد را خواهد داشت، باید توابع مختلف را به نوبت انتخاب و نتایج را با هم مقایسه کرد. نتایج پردازش مدل با استفاده از چهار تابع مذکور برای پیش‌بینی سود اجرا شده است.

نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنلی خطی در جدول ۴ نشان می‌دهد داده‌های آموزش با مقدار میانگین مربعات خطا ۰/۰۰۵ دارای انحراف معیار ۰/۰۸۶ و دقت طبقه‌بندی ۷۱٪ است؛ این در حالی است که انحراف معیار داده‌های آزمایش ۰/۱۰۴ است و نسبت به داده‌های آموزش (۰/۰۸۶) بیشتر است که حاکی از عملکرد بدتر مدل در داده‌های آزمون نسبت به داده‌های آموزش است. این موضوع نقطه قوت مدل محسوب می‌شود؛ زیرا نشان می‌دهد مدل به خوبی توانایی تشخیص نمونه‌های جدید را دارد. در حالت کلی این مدل موفق به تشخیص پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌ها با دقت طبقه‌بندی ۷۱٪ شده است.

جدول ۴. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنلی خطی

معیار	آزمون مدل	آموزش مدل
خطای میانگین	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵
قدر مطلق خطای میانگین	۰/۰۷۲	۰/۰۶۳
انحراف معیار	۰/۱۰۴	۰/۰۸۶
دقت پیش‌بینی	۰/۵۹۲	۰/۷۱۵

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه در جدول ۵ اطلاعاتی در مورد متغیرهای مورد استفاده و درصد اهمیت آنها در پیش‌بینی سود هر سهم بر مبنای الگو ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنلی خطی گزارش شده است. همان‌گونه که نتایج در جدول ۵ نشان می‌دهد از دید مدل ماشین بردار پشتیبان (کرنلی خطی) متغیر سود تقسیمی (DPS) با ۲۰ درصد اهمیت تأثیرگذارترین متغیر در پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌ها و متغیر اهرم مالی (RET) و اقلام تعهدی عملیاتی (CFO) با صفر درصد کمترین تأثیر را در پیش‌بینی سود دارند.

جدول ۵. درصد اهمیت متغیرها در مدل ماشین بردار پشتیبان (تابع کرنلی خطی)

متغیر	نماد	درصد اهمیت
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۲۰
سود ناخالص	NE	۰/۰۷
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۱۶
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۰۶
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۰۵
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۰۶
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۰۰
اندازه شرکت	SIZE	۰/۰۵
اهرم مالی	LEV	۰/۰۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۰۱
نرخ بازده سهام	RET	۰/۰۶
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۲
سود باقی‌مانده	RI	۰/۱۶
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۷

منبع: یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌ها با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای ارائه شده است. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنلی چندجمله‌ای در جدول ۶ نشان می‌دهد داده‌های آموزش با مقدار میانگین مربعات خطا ۰/۰۱۰ دارای انحراف معیار ۰/۰۷۳ و دقت طبقه‌بندی ۸۱٪ است؛ این در حالی است که انحراف معیار داده‌های آزمون ۰/۰۷۴ است و نسبت به داده‌های آموزش (۰/۰۷۳) بیشتر است که حکایت از عملکرد بدتر مدل در داده‌های آزمون نسبت به داده‌های آموزش دارد. این موضوع نقطه قوت مدل محسوب می‌شود؛ زیرا نشان می‌دهد مدل به خوبی توانایی تشخیص نمونه‌های جدید را دارد. در حالت کلی پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌ها با دقت

طبقه‌بندی ۸۱۶٪ برآورد شده است که به عدد ۱ نزدیک است و نشان می‌دهد که سودآوری از طریق تکنیک ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای به نحو مطلوب، قابل پیش‌بینی است.

جدول ۶. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای

معیار	آزمون مدل	آموزش مدل
خطای میانگین	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
قدر مطلق خطای میانگین	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵
انحراف معیار	۰/۰۷۴	۰/۰۷۳
دقت پیش‌بینی	۰/۸۱۵	۰/۸۱۶

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه در جدول ۷ نتایج درصد اهمیت متغیرها در پیش‌بینی سود هر سهم بر مبنای الگو ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای گزارش شده است. نتایج جدول ۷ حاکی آن است که از میان ۱۴ متغیر مورد استفاده در پیش‌بینی سود، تنها ۵ متغیر به عنوان عوامل مؤثر بر سودآوری شرکت‌ها شناخته شده‌اند. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد موثرترین متغیر در پیش‌بینی میزان سودآوری متغیر سود تقسیمی هر سهم با ضریب واکنش ۲۱٪ است و پس از آن متغیرهای سود هر سهم جاری و نرخ بازده دارایی‌ها هر یک به ترتیب با ضریب واکنش ۱۹٪ و ۱۸٪ موثرترین متغیر و متغیرهایی مانند اندازه شرکت و اهرم مالی با ضریب صفر دارای کمترین تاثیر هستند.

جدول ۷. درصد اهمیت متغیرها در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای

متغیر	نماد	درصد اهمیت
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۲۱
سود ناخالص	NE	۰/۱۲
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۱۳
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۱۹
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۰۰
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۰۰
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۰۰
اندازه شرکت	SIZE	۰/۰۰
اهرم مالی	LEV	۰/۰۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۰۱
نرخ بازده سهام	RET	۰/۰۱
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۸
سود باقی‌مانده	RI	۰/۱۴
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج پیش‌بینی مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف برای نمونه‌های آموزش و آزمون در جدول ۸ ارائه شده است. همان‌گونه که نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف دقت پیش‌بینی سود هر سهم برای نمونه‌های آزمون تقریباً ۵۹ درصد و برای نمونه‌های آموزش تقریباً با ۸۰ درصد دقت پیش‌بینی شده است. با توجه به درصد پیش‌بینی درست مدل براساس داده‌های گروه آموزش، مشخص می‌گردد که قدرت تعمیم‌پذیری مدل برای پیش‌بینی سود در بورس اوراق بهادر تهران در سطح مناسبی قرار دارد؛ لذا این مدل قابلیت اعتماد مناسبی دارد.

جدول ۸. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف

معیار	آزمون مدل	آموزش مدل
خطای میانگین	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸
قدر مطلق خطای میانگین	۰/۰۷۳	۰/۰۵۶
انحراف معیار	۰/۱۰۴	۰/۰۷۳
دقت پیش‌بینی	۰/۵۹۴	۰/۸۰۲

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه در جدول ۹ نتایج درصد اهمیت متغیرها در پیش‌بینی سود هر سهم بر مبنای الگو ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف گزارش شده است. نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد از میان ۱۴ متغیر مورد استفاده در پیش‌بینی سود، ۹ متغیر دارای تاثیر بر سودآوری شرکت‌ها هستند. نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد موثرترین متغیر در پیش‌بینی میزان سودآوری متغیر سود تقسیمی هر سهم با ضریب واکنش ۲۵٪ است و پس از آن متغیرهای متوسط سود هر سهم و نرخ بازده دارایی‌ها هر یک به ترتیب با ضریب واکنش ۱۹٪ و ۱۰٪ موثرترین متغیر و متغیرهایی مانند اندازه شرکت و اهرم مالی با ضریب صفر دارای کمترین تاثیر هستند.

جدول ۹. درصد اهمیت متغیرها در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف

متغیر	نماد	درصد اهمیت
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۲۵
سود ناخالص	NE	۰/۰۷
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۱۹
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۰۸
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۰۶
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۰۱
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۰۰
اندازه شرکت	SIZE	۰/۰۰
اهرم مالی	LEV	۰/۰۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۰۰
نرخ بازده سهام	RET	۰/۰۹
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۰
سود باقی‌مانده	RI	۰/۰۹
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۷

منبع: یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج پیش‌بینی مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی گزارش شده است. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی در جدول ۱۰ نشان می‌دهد داده‌های آموزش با مقدار میانگین مربعات خطا ۰/۴۲۱- دارای انحراف معیار ۳/۸۸۱ و دقت طبقه‌بندی ۱۱۷٪- است؛ این در حالی است که انحراف معیار داده‌های آزمایش ۳/۸۱۵ است و نسبت به داده‌های آموزش (۳/۸۸۱) کمتر است که حاکی از عملکرد بهتر مدل در داده‌های آزمون نسبت به داده‌های آموزش است. این موضوع نقطه ضعف مدل محسوب می‌شود؛ زیرا نشان می‌دهد مدل به خوبی توانایی تشخیص نمونه‌های جدید را ندارد.

جدول ۱۰. نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی

معیار	آزمون مدل	آموزش مدل
خطای میانگین	-۱/۱۹۶	-۰/۴۲۱
قدر مطلق خطای میانگین	۳/۰۳۲	۲/۹۷۵
انحراف معیار	۳/۸۱۵	۳/۸۸۱
دقت پیش‌بینی	-۰/۰۹۳	-۰/۱۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه در جدول ۱۱ نتایج درصد اهمیت متغیرها در پیش‌بینی سود هر سهم بر مبنای الگو ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی گزارش شده است. نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد موثرترین متغیر در پیش‌بینی میزان سودآوری متغیر سود تقسیمی هر سهم با ضریب واکنش ۳۰٪ است و پس از آن متغیرهای سود هر سهم جاری و متوسط سود هر سهم هر یک به ترتیب با ضریب واکنش ۲۵٪ و ۱۷٪ موثرترین متغیر و متغیرهایی مانند اندازه شرکت و اهرم مالی با ضریب صفر دارای کمترین تاثیر هستند.

جدول ۱۱. درصد اهمیت متغیرها در مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی

متغیر	نماد	اهمیت
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۳۰
سود ناخالص	NE	۰/۰۳
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۱۷
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۲۵
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۰۰
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۰۰
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۰۰
اندازه شرکت	SIZE	۰/۰۰
اهرم مالی	LEV	۰/۰۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۰۰
نرخ بازده سهام	RET	۰/۰۲
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۱
سود باقی‌مانده	RI	۰/۰۹
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۳

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون فرضیه دوم

هدف از آزمون فرضیه دوم پژوهش، بررسی دقت روش ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی سود هر سهم است.

نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک برای نمونه‌های آموزش و آزمون در جدول ۱۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد داده‌های آموزش با مقدار میانگین مربعات خطا ۰/۰۰۳ دارای انحراف معیار ۰/۰۲۷ و دقت طبقه‌بندی ۹۰۲٪ است؛ این در حالی است که انحراف معیار داده‌های آزمون ۰/۰۹۱ است و نسبت به داده‌های آموزش (۰/۰۲۷) بیشتر است که حکایت از عملکرد بدتر مدل در داده‌های آزمون نسبت به داده‌های آموزش دارد. این موضوع نقطه قوت مدل محسوب می‌شود؛ زیرا نشان می‌دهد مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک به خوبی توانایی تشخیص نمونه‌های جدید را دارد. در حالت کلی پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌ها با دقت طبقه‌بندی ۹۰۲٪ برآورد شده است که به عدد ۱ نزدیک است و نشان می‌دهد که سودآوری از طریق تکنیک مدل ترکیبی به نحو مطلوب، قابل پیش‌بینی است. لذا فرضیه دوم پژوهش تائید می‌شود.

جدول ۱۲. نتایج روش ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک

معیار	آزمون مدل	آموزش مدل
خطای میانگین	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳
قدر مطلق خطای میانگین	۰/۰۴۸	۰/۰۲۶
انحراف معیار	۰/۰۹۱	۰/۰۲۷
دقت پیش‌بینی	۰/۷۶۱	۰/۹۰۲

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۳ درصد اهمیت متغیرها در پیش‌بینی سود هر سهم روش ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۱۳ نشان می‌دهد در مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک، اثرگذارترین متغیر در پیش‌بینی سود هر سهم متغیر سود تقسیمی هر سهم (DPS) با ۲۲ درصد و سود هر سهم جاری (EPS) با ۱۵ درصد می‌باشند و متغیرهایی مانند اندازه شرکت و اهرم مالی با ضریب صفر دارای کمترین تاثیر هستند.

جدول ۱۳. نتایج درصد اهمیت متغیرها بر مبنای روش ترکیبی

متغیر	نماد	اهمیت
سود تقسیمی هر سهم	DPS	۰/۲۲
سود ناخالص	NE	۰/۰۷
متوسط سود هر سهم	AEPS	۰/۱۲
سود هر سهم جاری	EPS	۰/۱۵
حساب‌های دریافتنی	AR	۰/۰۳
جریان وجه نقد عملیاتی	CFO	۰/۰۶

متغیر	نماد	اهمیت
اقلام تعهدی عملیاتی	ACC	۰/۰۰
اندازه شرکت	SIZE	۰/۰۰
اهرم مالی	LEV	۰/۰۰
رشد دارایی‌ها	GROW	۰/۰۰
نرخ بازده سهام	RET	۰/۰۷
نرخ بازده دارایی‌ها	ROA	۰/۱۲
سود باقی‌مانده	RI	۰/۰۸
ارزش افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون فرضیه سوم

هدف از آزمون فرضیه سوم پژوهش، بررسی دقت روش رگرسیون پانل در پیش‌بینی سود است؛ از اینرو مدل رگرسیونی (۱) برازش شده است. در بررسی معنی‌داری مدل رگرسیون پژوهش نتایج جدول ۱۴ نشان می‌دهد در سطح معنی‌داری احتمال آماره F از ۰/۰۵ کمتر است؛ لذا با اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بودن مدل مورد تائید است. مقدار آماره دوربین واتسون برابر با ۱/۹۹۰ است که این مقدار بین مقادیر بحرانی ۱/۵ تا ۲/۵ قرار دارد؛ بنابراین بین باقیمانده‌های مدل خود همبستگی سریالی وجود ندارد. همچنین، مقدار ضریب تعیین برابر ۰/۶۵۸ است که نشان می‌دهد، متغیرهای مستقل مدل حدود ۶۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند.

در بررسی معنی‌داری ضرایب با توجه به نتایج جدول ۸ سطح معنی‌داری متغیرهای سود تقسیمی، سود ناخالص، متوسط سود هر سهم، سود هر سهم جاری، جریان وجه نقد عملیاتی، اندازه شرکت، رشد دارایی‌ها، بازده سهام، نرخ بازده دارایی‌ها، سود باقی‌مانده و ارزش افزوده اقتصادی کمتر از ۰/۰۵ و مقدار ضریب آنها مثبت است، این نتیجه نشان می‌دهد ارتباطی معنی‌دار و مستقیم بین متغیرهای فوق الذکر با سود هر سهم آتی برقرار است. به طور کلی، ضریب تعیین ۶۵۸٪ نشان دهنده این است که متغیرهای توضیحی ۶۵٪ از تغییرات در پیش‌بینی سود را توضیح می‌دهند. همچنین از آنجایی که آماره F در سطح ۰/۰۰۰ معنی دار است، مدل رگرسیون پانل کفایت توانایی لازم در پیش‌بینی سود را دارد؛ بنابراین فرضیه سوم پژوهش در سطح خطای ۵٪ پذیرفته می‌شود.

جدول ۱۴. نتایج برازش مدل رگرسیون (۱)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	مقدار احتمال
سود تقسیمی هر سهم	۰/۲۹۹	۰/۱۲۶	۲/۳۷۰	۰/۰۱۸
سود ناخالص	۰/۳۷۹	۰/۰۵۲	۷/۱۹۷	۰/۰۰۰
متوسط سود هر سهم	۰/۵۳۱	۰/۱۴۹	۳/۵۵۰	۰/۰۰۰
سود هر سهم جاری	۰/۲۲۸	۰/۰۷۱	۳/۱۹۳	۰/۰۰۱
حساب‌های دریافتنی	-۰/۰۴۴	۰/۰۲۴	-۱/۸۱۰	۰/۰۷۰
جریان وجه نقد عملیاتی	۰/۳۳۷	۰/۰۷۸	۴/۳۰۴	۰/۰۰۰
اقلام تعهدی عملیاتی	۰/۰۹۶	۰/۰۵۰	۱/۹۰۳	۰/۰۵۷

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	مقدار احتمال
اندازه شرکت	۰/۰۷۷	۰/۰۳۸	۲/۰۱۳	۰/۰۴۴
اهرم مالی	-۰/۴۰۱	۰/۳۱۵	-۱/۲۷۱	۰/۲۰۳
رشد دارایی‌ها	۰/۱۳۴	۰/۰۲۲	۶/۰۸۳	۰/۰۰۰
نرخ بازده سهام	۰/۰۳۶	۰/۰۰۸	۴/۱۸۱	۰/۰۰۰
نرخ بازده دارایی‌ها	۱/۴۸۹	۰/۶۲۶	۲/۳۷۷	۰/۰۱۷
سود باقی‌مانده	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۳/۱۹۸	۰/۰۰۱
ارزش افزوده اقتصادی	۰/۰۶۳	۰/۰۱۳	۴/۷۶۲	۰/۰۰۰
ضریب ثابت	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۱/۲۱۱	۰/۲۲۶
آماره	ضریب تعین	آماره F	مقدار احتمال	آماره D.W
مقدار آماره	۰/۶۵۸	۲/۲۵۴	۰/۰۰۰	۱/۹۹۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون فرضیه چهارم

هدف از آزمون فرضیه چهارم بررسی اعتبار و توانایی روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل و رگرسیون پانل است. بدین منظور، ۸۰ درصد شرکت‌های عضو نمونه به عنوان داده‌های آموزشی به منظور استخراج الگو و ۲۰ درصد مابقی به عنوان داده‌های آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب شده است. برای مقایسه بین هر یک از مدل‌های ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان و مدل رگرسیون پانل بدین ترتیب عمل می‌شود که هر چه اندازه مقدار میانگین خطای هر یک از مدل‌ها کمتر و دقت پیش‌بینی بیشتر باشد مدل مورد بررسی ارجح‌تر می‌باشد. نتایج قدرت پیش‌بینی این سه مدل در جدول ۱۵ ارائه شده است.

همانگونه که نتایج جدول ۱۵ نشان می‌دهد در هرسه مدل، پیش‌بینی به خوبی انجام شده و مدل‌ها دقتی بالاتراز ۶۵٪ دارند؛ از اینرو نتایج، قابل اعتماد و معتبر تلقی می‌شوند و در نتیجه در ارزیابی مدل‌ها می‌توان بیان کرد که هر سه مدل به هدف ابتدایی خود که همان پیش‌بینی سودآوری شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بوده نائل گردیده‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد الگوی ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک دارای کمترین میزان خطا میانگین و بالاترین دقت پیش‌بینی سود است؛ لذا الگوی ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک پیش‌بینی بهتری را برای سود هر سهم دارد.

جدول ۱۵. نتایج مقایسه روش ترکیبی نسبت به روش‌های ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون پانل

روش		دقت پیش‌بینی سود	خطای میانگین
ماشین بردار پشتیبان	خطی	۰/۷۱۵	۰/۰۰۵
	چندجمله‌ای	۰/۸۱۶	۰/۰۱۰
	آر بی اف	۰/۸۰۲	۰/۰۰۸
	حلقوی	-۰/۱۱۷	-۰/۴۲۱
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		۰/۹۰۲	۰/۰۰۳
رگرسیون پانل		۰/۶۵۸	۰/۰۹۱

منبع: یافته‌های پژوهش

علاوه بر این، برای مقایسه نتایج مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک با دو مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس توابع کرنلی و مدل رگرسیون پانل از آزمون مقایسه‌های زوجی استفاده شده است که نتایج آن در جداول ۱۶ ارائه شده است. نتایج جدول ۱۶ نشان‌دهنده این است که بین نتایج مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک و دو روش ماشین بردار پشتیبان فازی و رگرسیون پانل اختلاف وجود دارد که این اختلاف با توجه به توزیع t معنی‌دار است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون پانل توانایی بالاتری در پیش‌بینی سود هر سهم دارد. نتایج جدول ۱۶ تائیدی بر نتایج جدول ۱۵ است؛ لذا فرضیه چهارم پژوهش تائید می‌شود.

جدول ۱۶. نتایج آزمون مقایسه‌های زوجی

مدل	آماره t	سطح معنی‌داری
ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل خطی	۸/۴۲۸	۰/۰۰۰
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		
ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل چندجمله‌ای	۲۰/۹۲۷	۰/۰۰۰
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		
ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر اف بی	۱۶/۳۶۵	۰/۰۰۰
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		
ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل حلقوی	۳۲/۲۴۳	۰/۰۰۰
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		
مدل رگرسیون	۲/۵۱۴	۰/۰۲۹
مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک		

منبع: یافته‌های پژوهش

بحث و نتیجه گیری

هدف این پژوهش تعیین مجموعه‌ای از نسبت‌ها و شاخص‌های مالی موثر و شناسایی دقیق‌ترین مدل در پیش‌بینی سودآوری شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است؛ از این‌رو، در این پژوهش با ترکیب ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک، توانـایی پیش‌بینی‌کنندگی سود بررسی شده است. بدین منظور با مراجعه به صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸ تعداد ۱۴ نسبت و شاخص مالی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش در رابطه با فرضیه اول پژوهش، بررسی توانایی ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل در پیش‌بینی سود هر سهم نشان داد در مدل ماشین بردار پشتیبان کرنلی خطی، چندجمله‌ای، آر بی اف و حلقوی تأثیرگذارترین متغیر در پیش‌بینی سود، متغیر سود تقسیمی هر سهم است و متغیر اندازه شرکت، اهرم مالی و رشد دارایی‌ها کمترین تأثیر را در پیش‌بینی سود دارد. این نتیجه مبین این است که سود تقسیمی هر سهم دارای محتوای اطلاعاتی است. همچنین نتایج نشان داد از میان چهار تابع ماشین

بردار پشتیبان (تابع آر بی اف، چند جمله‌ای، حلقوی و خطی) ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف با دقت پیش‌بینی ۸۲ درصد بهترین عملکرد را دارد.

یافته‌های پژوهش در رابطه با فرضیه دوم پژوهش، بررسی توانایی روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی سود نشان داد دقت مدل ترکیبی در پیش‌بینی سود ۸۴ درصد است و مدل از عمکرد مطلوبی برخوردار می‌باشد. علاوه بر این نتایج نشان داد در مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک تأثیرگذارترین متغیر در پیش‌بینی سود، متغیر سود تقسیمی هر سهم، سود هر سهم و نرخ بازده است.

یافته‌های پژوهش در فرضیه سوم، بررسی دقت روش‌های متداول رگرسیون خطی پانل در پیش‌بینی سود هر سهم نشان داد احتمال آماره F مدل رگرسیونی پژوهش در سطح معنی‌داری از ۰/۰۵ کوچک‌تر می‌باشد که با اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بودن مدل تائید می‌شود. یافته‌های فرضیه سوم نشان داد از آنجا که سطح معنی‌داری متغیرهای سود تقسیمی، سود ناخالص، متوسط سود هر سهم، سود هر سهم جاری، جریان وجه نقد عملیاتی، اندازه شرکت، رشد دارایی‌ها، بازده سهام، نرخ بازده دارایی‌ها، سود باقی‌مانده و ارزش افزوده اقتصادی کمتر از ۰/۰۵ است، ارتباطی معنی‌دار و مستقیمی بین متغیرهای فوق الذکر و سود هر سهم برقرار است و مدل رگرسیون ۶۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کند.

یافته‌های پژوهش در رابطه با فرضیه چهارم، بررسی اعتبار و توانایی روش ترکیبی پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل و رگرسیون پانل نشان داد توانایی الگوی ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم از سایر روش بیشتر است. بعد از روش ترکیبی مدل‌های ماشین بردار پشتیبان بر اساس تابع کرنل آر بی اف، چند جمله‌ای و حلقوی قرار دارد و در پایان نیز روش رگرسیون با توجه به درصد پیش‌بینی صحیح سود هر سهم قرار دارند. این نتیجه حاکی از این است که الگوی ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم به منظور شناسایی متغیرهای مؤثر در پیش‌بینی سود، قدرت پیش‌بینی سود را به طور محسوسی افزایش می‌دهد؛ زیرا، معیارهای عملکرد الگو مذکور بهتر است. در واقع ترکیب الگوریتم ژنتیک با ماشین بردار پشتیبان قادر است تا متغیرهای ورودی مؤثر را انتخاب کرده و عدم‌کارایی متغیرهای نامؤثر را به حداقل برساند.

همان‌گونه که در بخش پیشینه پژوهش مطرح شد، حسینی نسب و کریمی تکلو (۱۳۹۳) به پیش‌بینی سود هر سهم با استفاده از رویکرد ماشین بردار پشتیبان فازی؛ ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) جهت پیش‌بینی سود هر سهم از روش‌های آماری کلاسیک و شبکه عصبی مصنوعی و کاو و پاری (۲۰۰۹) از مدل شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و تاکنون پژوهشی جهت پیش‌بینی سود هرسهم با استفاده از روش ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک چه در داخل و چه در خارج از کشور انجام نشده است؛ لذا نتایج این پژوهش فقط با نتایج سه پژوهش فوق قابل‌مقایسه است. در این راستا، نتایج پژوهش حاضر در زمینه پیش‌بینی سود هر سهم با استفاده از روش ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک، از نتایج بدست آمده در پژوهش‌های حسینی‌نسب و کریمی تکلو (۱۳۹۳)؛ ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) و کاو و پاری (۲۰۰۹) بهتر است و مدل ترکیبی از توانمندی بالاتری در پیش‌بینی سود هر سهم نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است.

پژوهش حاضر نشان داد به کارگیری روش‌های هوشمند به علت عدم‌نیاز به بررسی بسیاری از مفروضات روش‌های سنتی، عملکرد بهتری دارند، بنابراین به پژوهشگران و دانشگاهیان توصیه می‌شود در مطالعات خود از این روش‌ها بیشتر استفاده نمایند. همچنین به سرمایه‌گذاران توصیه می‌شود جهت سرمایه‌گذاری در شرکت‌های بورس و اوراق بهادار و در نظر گرفتن سود هر سهم به عنوان یکی از فاکتورهای مؤثر در تصمیم‌گیری، از مدل ترکیبی برای پیش‌بینی سود هر سهم استفاده کنند. مدیران شرکت‌های عضو بورس و اوراق بهادار می‌توانند جهت ایفای وظیفه خود مبنی بر افشای سود هر سهم پیش‌بینی شده در صورت‌های مالی، از مدل پژوهش استفاده کنند.

به پژوهشگران توصیه می‌شود جهت پیش‌بینی سودآوری شرکت‌ها، در کنار توجه به متغیرهای حسابداری و اقلام صورت‌های مالی، به متغیرهای غیرحسابداری، انگیزشی، محیطی و... نیز توجه کافی داشته باشند. پیشنهاد می‌شود که با بهره‌مندی از سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری و مقایسه نتایج آن پژوهش، در جهت کاهش خطای پیش‌بینی، به مدل‌سازی پیش‌بینی سود اقدام کنند. در ارتباط با محدودیت‌های پژوهش، شرایط سیاسی و اقتصادی کشور و نیز جوّ روانی حاکم بر بازار بورس اوراق بهادار تهران، از عواملی هستند که ممکن است بر متغیرهای این پژوهش اثرگذار باشند؛ اما در پژوهش حاضر کنترل نشده‌اند. داده‌های مستخرج از صورت‌های مالی، از بابت تورم تعدیل نشده‌اند. با توجه به متفاوت بودن نرخ تورم در سال‌های مورد بررسی، در صورتی‌که داده‌های مورد استفاده از این بابت تعدیل می‌شدند، ممکن بود نتایج، متفاوت از نتایج فعلی باشد. با توجه به اینکه جامعه آماری، بورس اوراق بهادار تهران بوده است، در تعمیم نتایج به‌کل شرکت‌های موجود در کشور باید با احتیاط عمل کرد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.
مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.
تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.
تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده‌است.

پرتال جامع علوم انسانی

References

Afsar, A., Houshdar Mahjoub, R., Minaei, B. (2014). Customer credit clustering for Present appropriate facilities. Iran Management Study (IQBQ), 17 (4), 1-24. (In Persian)

Alavi Tabari, H.; Jalili, A. (2006). The usefulness of fundamental variables in predicting profit growth. Accounting and Auditing Reviews, 13 (1), 119-143. (In Persian)

Alimohamadi, A., Abbasimehr, M., Javaheri, A. (2015). Prediction of Stock Return Using Financial Ratios: A Decision Tree Approach. Financial Management Strategy, 3(4), 125-146. (In Persian)

Baruch, L., Siyi, L., Theodore, S. T. (2009). The Usefulness of Accounting Estimates for Predicting Cash Flows and Earning. Unpublished PhD. Dissertation, New York University.

Cao, Q., Parry Mark, E. (2009). Neural Network Earning per Share Forecasting Models: A Comparison of Backward Propagation and Genetic Algorithm. Decision Support Systems, 47, 32-41.

Habibzade, M., Ezadpour, M. (2020). Using neural network approach to predict company's profitability and comparison with decision tree C5 and support vector machine (SVM). Financial Knowledge of Securities Analysis, 13(46), 39-56. (in persian)

Hejazi, R., Ghitasi, R., Karimi, M. (2011). Profit smoothing and information uncertainty. Accounting and Auditing Reviews, 18 (63), 63-80. (In Persian)

Haykin, S., (1998). Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River.

Hoseininasab, H., Karimi Taklu, S. (2014). Predicting earnings per share using the fuzzy backup vector machine approach. Monetary and Banking Management Development Quarterly, 2 (3), 1-22. (In Persian)

Hoseininasab, H., Karimi Taklu, S., Yusefinejad, M. (2013). Comparing the precision of approaches of support vector machine and artificial neural networks to predict the benefits per share of listed companies in Tehran Stock Exchange. Journal of Iran's Economic Essays, 10(20), 109-134. (In Persian)

Huang, X., & Sun, Li, (2017). Managerial Ability and Real Earnings Management. Advances in Accounting, 39(C), 91-104.

Joshua O. S., James N. M., Linda A. M. (2021). Improving Earnings Predictions and Abnormal Returns with Machine Learning. Accounting Horizons, doi: https://doi.org/10.2308/HORIZONS-19-125

Kardan, B., Salehi, M., Gharekhani, B., Mansouri, M. (2017). The evaluation accuracy of BBO and ICDE as Linear- evolutionary Algorithms and SVR and CART as Non-linear Algorithms to earnings management prediction. Journal of Financial Accounting Research, 9(1), 77-96. (In Persian)

Kaveh, M., DucBui, M., Rutschman, P., (2019). A comparative study of three different learning algorithms applied to ANFIS for predicting daily suspended sediment concentration. International Journal of Sediment Research, 32 (3), 340-350.

Kothari, S. P. Shu, S. Wysocki, P. (2005). Do Managers Withhold Bad News? MIT Sloan Research Paper, 4, 556-05.

Kurdistan, G., Bahramfar, N., Amiri, A. (2019). The effect of disclosure quality on information asymmetry. Financial Accounting and Auditing Research, 11 (42), 159-178. (In Persian)

Lang, M., Lundholm, R. (1996). Corporate disclosure policy and analyst behavior. The Accounting Review, 71, 467-492.

Mahdavi, G. H., Behmanesh, M. R. (2005). Designing a stock price forecasting model for investment companies using artificial neural networks (Case study: Alborz Investment Company). Economics Research, 5 (19), 211-233. (In Persian)

Michael, D. (1999). The simple Genetic Algorithm: Foundation and Theory. The MIT Press

Omidi Gohar, E., Darabi, R. (2015). The Relationship between Earnings Variability and Earnings Forecast Using Neural Networks in Companies Listed on Tehran Stock Exchange. Journal of Economics and Business, 6(11), 77-92. (In Persian)

Payne, J. L. (2008). The Influence of Audit Firm Specialization on Analysts' Forecast Errors. Auditing: A Journal of Practice &Theory, 27(2), 109–136.

Rezaee, N., Amirhosseini, Z. (2017). Evaluation of Financial Performance Using Decision Tree Algorithm Method. Financial Management Strategy, 5(2), 185-205. (In Persian)

Pouyanfar, A., Fallahpour, S., Azizi, M. (2013). Genetic algorithm-based support vector least squares approach to estimating the credit rating of bank customers. Financial Engineering and Securities Management, 4 (17), 133-158. (In Persian)

Rees, L. Siavaramakrishnan, K. (2007). The Effect of Meeting or Beating Revenue Forecasts on the Association between Quarterly Returns and Earnings Forecast Errors. Contemporary Accounting Research, 24(1), 259-90.

Sarbana, M., Ashtab, A. (2008). Identifying the factors affecting the profit forecast error of new companies listed on the Tehran Stock Exchange. Journal of Humanities and Social Sciences "Economic Sciences, 8 (28), 55-76. (In Persian)

Tong, S., Kian, CH., (2018). Predicting IPOs performance using generalized growing and pruning algorithm for radial basis function (GGAP-RBF) Net Work. The 2006 IEEE International Joint Conference on Neural Network Proceedings, 12(1). DOI: 10.1109/IJCNN.2006.247258

Vakilian Agohei, M., Vadiei, M., Hoseini Maasoom, M. (2009). The Relationship between Economic Value Added (EVA) and Residual Income (RI) in the Predicting Future Earning Per Share (EPS). Financial Research Journal, 11(27), 111-122. (In Persian)

Vapnik, V. (1995). The nature of statistical learning theory. Springer-Verlag New York.

Yu, L., Wang, S., & Cao, J. (2009). A modified least squares support vector machine classifier with application to credit risk analysis. International Journal of Information Technology and Decision Making, 8(4), 697-710.

Zhang, H., Yang, F., Li, Y., Li, Y. (2015). Predicting profitability of listed construction companies based on principal component analysis and support vector machine—Evidence from China Author links open overlay panel. Automation in Construction, 53, 22-28.

Zhou, L., Lai, K. K., & Yu, L. (2010). Least squares support vector machines ensemble models for credit scoring. Expert System with Applications, 37(1), 127-133.

COPYRIGHTS

This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can't change them in any way or use them commercially.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی