

Modeling variables affecting investment efficiency based on the combination of artificial neural networks and the optimization algorithm of cumulative movement of particles

Sedighe Azizi * , **Hossein Mohammadi** ** 

Research Paper

Abstract

The purpose of this study is a model for measuring investment efficiency in companies listed on the Tehran Stock Exchange based on the combination of artificial neural networks and the cumulative particle motion optimization algorithm. For this purpose, samples consisting of 124 companies listed on the Tehran Stock Exchange during the years 2008-2019 have been studied. In order to achieve the goals of the research, first by studying the previous researches in the field of investment efficiency, 17 variables affecting investment efficiency were selected and using the combined data method, the optimal model of investment efficiency was estimated based on the cash flow resulting from investment activities. The results of the model estimation showed that 8 variables of growth opportunity, quality of financial reporting, sales growth, rate of return on assets, financial leverage, operating cash flows, dividends, operating profit on total assets have a significant relationship with the amount of cash spent on investment activities. Finally, the results of comparing the research model based on the combination of artificial neural networks and particle cumulative motion optimization algorithm with other models showed that the development of the research model reduced the neural network training error with particle cumulative motion algorithm by 0.0560. Also, with the development of the research model, by entering accounting variables, the rock curvature level increases to 0.6164 and as a result, the accuracy of the research model increases to 63.602%.

Keywords: Investment Efficiency; Financial Ratios; Hybrid Data; Artificial Neural Networks; Optimization Algorithm of Cumulative Particle Motion.

Received: 2023. January. 25, Accepted: 2023. September. 24.

* Assistant Prof., Department of Accounting, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran. (Corresponding Author).

E-Mail: sa_azizi@iaubaft.ac.ir

** Ph.D. Candidate, Department of Accounting, Islamic Azad University, Jiroft branch, Jiroft, Iran.

E-Mail: arash69972@gmail.com

مدل سازی متغیرهای اثرگذار بر کارایی سرمایه گذاری بر مبنای ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات

صدیقه عزیزی*، حسین محمدی**

چکیده

مقاله پژوهشی

هدف این پژوهش الگویی برای اندازه گیری کارایی سرمایه گذاری در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بر مبنای ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات است. بدین منظور، نمونه ای متشکل از ۱۳۴ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال های ۱۳۸۶-۱۴۰۰ بررسی شده است. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا با مطالعه پژوهش های پیشین در زمینه کارایی سرمایه گذاری ۱۷ متغیر اثرگذار بر کارایی سرمایه گذاری انتخاب و با استفاده از روش داده های ترکیبی، مدل بهینه کارایی سرمایه گذاری بر مبنای جریان وجه نقد ناشی از فعالیت های سرمایه گذاری برآورد گردیده است. نتایج برآورد مدل نشان داد ۸ متغیر فرصت رشد، کیفیت گزارشگری مالی، رشد فروش، نرخ بازده دارایی ها، اهرم مالی، جریان های نقد عملیاتی، سود سهام تقسیمی، سود عملیاتی به کل دارایی ها با میزان وجه نقد صرف شده در فعالیت های سرمایه گذاری دارای رابطه ای معنادار هستند. در نهایت، نتایج مقایسه مدل پژوهش بر مبنای ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات با سایر مدل ها نشان داد مدل پژوهش، خطای آموزش شبکه عصبی با الگوریتم حرکت تجمعی ذرات را به مقدار ۰/۰۵۶۰ کاهش داد. همچنین، با توسعه مدل پژوهش، از طریق وارد کردن متغیرهای حسابداری، سطح زیرمنحنی راک به ۰/۶۱۶۴ افزایش می یابد و در نتیجه، بر دقت مدل پژوهش تا ۶۳/۶۰۲ درصد افزوده می شود. این نتیجه، مؤثر بودن ورود متغیرهای محیطی به مدل پژوهش را نشان می دهد.

کلیدواژه ها: کارایی سرمایه گذاری؛ نسبت های مالی؛ داده های ترکیبی؛ شبکه های عصبی مصنوعی؛ الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴.

* استادیار، گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمان، کرمان، ایران (نویسنده مسئول).

E-Mail: sa_azizi@iaubaft.ac.ir

** دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.

E-Mail: arash69972@gmail.com

۱. مقدمه

ارزیابی تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت‌ها، از دیرباز مسئله مهمی بوده است و مباحث متعددی در حسابداری و مدیریت به بحث ارزیابی تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت‌ها اختصاص یافته است. اغلب پژوهش‌های نظری در این حوزه به بررسی این موضوع پرداخته‌اند که کدام یک از معیارهای ارزیابی از اعتبار بیشتری برخوردار است [۱۳]. گروهی از پژوهشگران بر این باورند که شاخص ایده‌آلی برای سنجش تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت‌ها وجود ندارد و روش‌های متفاوتی وجود دارد. از بعد تاریخی اولین الگو در حوزه سنجش کارایی سرمایه‌گذاری توسط توبین^۱ (۱۹۶۷) [۷] ارائه شده است که برای ارزیابی تصمیمات سرمایه‌گذاری از تجزیه و تحلیل نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سرمایه‌گذاری استفاده می‌کند؛ اما اثرگذارترین پژوهش در حوزه الگوسازی در ارزیابی تصمیمات سرمایه‌گذاری، توسط ریچاردسون^۲ (۲۰۰۶) بیدل و هیلاری^۳ (۲۰۰۶) و همکاران (۲۰۰۹) ارائه شده است. نطقه عطف این پژوهش‌ها تعریف دو مفهوم سرمایه‌گذاری بیشتر از حد و سرمایه‌گذاری کمتر از حد است. اساس این تعاریف مبتنی بر حساسیت جریان‌های نقدی است. ریچاردسون (۲۰۰۶) استدلال می‌کند دسترسی مدیران به جریان‌های نقد آزاد موجب ایجاد سرمایه‌گذاری بیشتر از حد می‌شود و این پدیده به دلیل تضادهای نمایندگی و دسترسی بیشتر مدیران به جریان‌های نقد آزاد در نبود مکانیزم‌های نظارتی است.

بیدل و هیلاری (۲۰۰۶) این فرضیه را مطرح می‌کنند که سرمایه‌گذاری نامطلوب به دلیل عدم تقارن اطلاعاتی بین مدیران و سرمایه‌گذاران است. استدلال اصلی بیدل و هیلاری (۲۰۰۶) این است که کیفیت گزارشگری مالی، عدم تقارن اطلاعاتی را کاهش داده و بدین ترتیب حساسیت جریان‌های نقد آزاد نسبت به سرمایه‌گذاری را از طریق تخصیص مناسب سرمایه به شرکت‌ها، کاهش می‌دهد. بیدل، هیلاری و وردی (۲۰۰۹) بیان می‌کنند شرکت‌های با مازاد وجه نقد و مازاد بدهی به ترتیب مستعد سرمایه‌گذاری بیشتر از حد و سرمایه‌گذاری کمتر از حد هستند. مدل‌های سنجش کارایی سرمایه‌گذاری اغلب با رگرسیون کردن معیارهایی مانند میزان فروش یا ارزش بازار دارایی‌ها بر مقدار سرمایه‌گذاری شرکت و تحلیل خطاهای برآوردی مدل سعی در اندازه‌گیری میزان کارایی، سرمایه‌گذاری بیشتر از حد و سرمایه‌گذاری کمتر از حد دارند. اگرچه یافته‌های پژوهش‌های پیشین برای بسیاری از شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران می‌تواند بسیار سودمند باشد؛ اما در این مطالعات اغلب به بررسی الگوهای کارایی با استفاده از رویکردهای رگرسیونی پرداخته شده است. از آنجایی که عوامل گوناگونی در متغیرهای انتخابی موثر است، این شاخص‌ها

¹ Tubin

² Richardson

³ Biddle and Hilary

کارایی را به صورت کاملاً تقریبی نشان می‌دهند؛ این در حالی است که با توجه به پیامدهای نامطلوبی که ناکارایی سرمایه‌گذاری دارد، استفاده از روش‌هایی نوین که بتواند وقوع ناکارایی سرمایه‌گذاری را پیش‌بینی کرده و از هدر رفتن ثروت جلوگیری نماید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از ابزارهای مهمی که در الگوهای تصمیم‌گیری مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرد، شبکه عصبی مصنوعی است. پژوهش‌های متعددی کارایی شبکه عصبی را با روش‌های سنتی مورد مقایسه قرار داده و در برخی موارد شواهدی مبنی بر کارایی بهتر شبکه عصبی مصنوعی یافته‌اند؛ بنابراین در سال‌های اخیر پژوهشگران عرضه هوش مصنوعی نوعی از الگوهای ترکیبی را ابداع کرده‌اند که نسبت به روش‌های هوش مصنوعی کلاسیک مانند ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری داشته است. از جمله الگوهای یادگیری نوین، الگوی ترکیبی شبکه عصبی پرسپترون چندلایه بر مبنای الگوریتم حرکت تجمعی ذرات است؛ لذا الگوی پیشنهادی کارایی سرمایه‌گذاری در این پژوهش، یک الگوی ترکیبی جدید و تغییری نوآورانه در پژوهش‌های مالی و حسابداری است.

در همین راستا، پژوهش‌هایی نیز در بورس اوراق بهادار تهران [مانند ۳۵، ۳۲، ۶] به بررسی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی پرداخته‌اند؛ اما این پژوهش‌ها اغلب به الگوبرداری از مطالعات خارجی پرداخته‌اند؛ در صورتی که هر الگوی کارایی سرمایه‌گذاری، هرچند که در جوامع مختلف کارآمد باشد، لزوماً نمی‌تواند دقت بسیار خوبی داشته باشد و باید با توجه به وضعیت اقتصادی هر کشور، بومی‌سازی شود، به همین دلیل اغلب الگوهایی که در محیط اقتصادی ایران آزمون شده‌است، دقت کمتری دارد. بنابراین، در هر کشوری قبل از اجرای الگوهای کارایی سرمایه‌گذاری، باید این الگوها بر اساس ساختار اقتصادی آن کشور بومی‌سازی شود؛ از این‌رو در این پژوهش تلاش شده با استفاده از ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات معیار جامع‌تری ارائه شود و به پرسش زیر پاسخ داده شود. آیا میزان دقت و قدرت پیش‌بینی مدل پیشنهادی پژوهش بر مبنای روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات در شناسایی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها، بیشتر از مدل‌های پیشین است؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کارایی سرمایه‌گذاری به معنای پذیرش پروژه‌هایی با خالص ارزش فعلی مثبت است و منظور از ناکارایی سرمایه‌گذاری انتخاب پروژه‌هایی با خالص ارزش فعلی منفی (سرمایه‌گذاری بیش از حد) یا صرف نظر کردن از پروژه‌هایی با خالص ارزش فعلی مثبت (سرمایه‌گذاری کمتر از حد) است (بهارمقدم و همکاران، ۱۳۹۸؛ ثقفی و معتمدی فاضل، ۱۳۹۰).

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، در ادامه برخی از مهم‌ترین مدل‌های ارائه شده داخلی و خارجی در زمینه کارایی سرمایه‌گذاری ارائه شده تا اعتبار این مدل‌ها بر مبنای تئوری‌های حسابداری مورد بررسی قرار گیرد.

به طور مفهومی، کارایی سرمایه‌گذاری زمانی حاصل می‌شود که شرکت تنها در تمام پروژه‌های با ارزش فعلی خالص مثبت سرمایه‌گذاری کند. البته این سناریو در صورتی کارساز است که بازار کارا باشد و هیچ‌یک از مسائل بازار ناکارا از جمله گزینش نادرست و هزینه‌های نمایندگی وجود نداشته باشد (وردی، ۲۰۰۶؛ بیدل و همکاران، ۲۰۰۹)؛ لذا مدل‌های کارایی سرمایه‌گذاری اغلب بر پایه دو تئوری نمایندگی و عدم تقارن اطلاعاتی شکل گرفته‌اند. در واقع، پژوهش‌های تجربی دو نوع اصطکاک عدم تقارن اطلاعاتی و مشکلات نمایندگی را مطرح کرده‌اند که مانع از سرمایه‌گذاری صحیح شده و بیشترین تاثیر را بر کارایی سرمایه‌گذاری دارند.

بر پایه تئوری نمایندگی و عدم تقارن اطلاعاتی، وجود تضاد منافع بین سهامداران و مدیران و همچنین عدم انتشار مناسب اطلاعات بین گروه‌های مختلف ذینفع، موجب می‌شود مدیران از مزیت اطلاعاتی به‌وجود آمده در جهت منافع شخصی خود استفاده کنند و در نتیجه انحراف از سطح سرمایه‌گذاری مطلوب و رخ داد سرمایه‌گذاری بیشتر و کمتر از حد به وجود آید (تقی‌زاده خانقاه و همکاران، ۱۴۰۰). در حقیقت، ادبیات مالی ریشه بروز شرایطی مانند کم سرمایه‌گذاری و بیش سرمایه‌گذاری را در برخی از نواقص بازار سرمایه مانند عدم تقارن اطلاعاتی و هزینه‌های نمایندگی ناشی از برهم‌کنش میان مدیران، سهام‌داران و اعتباردهندگان بیان می‌کند (بیدل و هیلاری، ۲۰۰۶).

تا پیش از ارائه مدل‌های ریچاردسون (۲۰۰۶) و وردی (۲۰۰۶) به منظور اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری اغلب از معیارهایی مانند نسبت کیوتوبین و مخارج سرمایه‌ای استفاده می‌شد. هدف از شاخص کیوتوبین که از نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سرمایه‌گذاری به‌دست می‌آید برقراری یک رابطه علت و معلولی بین شاخص کیوتوبین و میزان سرمایه‌گذاری انجام‌شده توسط شرکت بود (ثقفی و معتمدی، ۱۳۹۰). برخلاف معیارهای پیشین که کارایی سرمایه‌گذاری را بر اساس تک متغیرها اندازه‌گیری می‌کرد، ریچاردسون (۲۰۰۶) و وردی (۲۰۰۶) به منظور سنجش کارایی سرمایه‌گذاری مدل‌هایی رگرسیونی که بر اساس آن‌ها کارایی سرمایه‌گذاری به طور مستقیم و بر اساس سال و شرکت، اندازه‌گیری می‌شد ارائه کردند. در مدل‌های رگرسیونی ارائه شده توسط ریچاردسون (۲۰۰۶)، وردی (۲۰۰۶)، یانگ و جیانگ (۲۰۰۸) بیدل و همکاران (۲۰۰۹)، کارایی سرمایه‌گذاری از طریق قدرمطلق خطاهای مدل رگرسیون محاسبه می‌شود.

در این نوع از مدل‌های رگرسیونی به علت عدم امکان مشاهده فرصت‌های سرمایه‌گذاری، سطح سرمایه‌گذاری مورد انتظار تعریف می‌شود؛ لذا فرض اصلی آن‌ها این است که شرکت‌ها به منظور بقا در بازار، به طور میانگین سرمایه‌گذاری کارا خواهند داشت و شرکتی که سطح سرمایه‌گذاری واقعی آن از سطح سرمایه‌گذاری مورد انتظار متفاوت باشد دارای سرمایه‌گذاری ناکارا است. در نتیجه در این مدل‌ها کارایی سرمایه‌گذاری از طریق انحراف از سطح مورد انتظار اندازه‌گیری می‌شود و متغیر فروش برای تخمین و برآورد فرصت‌های سرمایه‌گذاری مورد انتظار به کار گرفته می‌شود.

پژوهش‌های پیشین اگرچه از نظر پرداختن به موضوع کارایی سرمایه‌گذاری مشترک هستند، اما از منظر روش سنجش، رویکردهای متفاوتی را اتخاذ کرده‌اند. پس از ارائه پژوهش وردی (۲۰۰۶) و ریچاردسون (۲۰۰۶) اغلب پژوهشگران (مانند بیدل و همکاران، ۲۰۰۹؛ چن و همکاران، ۲۰۱۱؛ گودمن و همکاران، ۲۰۱۴؛ نعیم و لی، ۲۰۱۹) تلاش کرده‌اند با تکیه بر مفروضات و ترکیب متغیرهای توضیحی مدل‌های قدرتمندتری را ارائه کنند؛ اما تکنون مدل جامع و یکپارچه‌ای که مورد تأیید اکثر پژوهشگران باشد گزارش نشده است.

در همین راستا، ریچاردسون (۲۰۰۶) بیان می‌کند قسمتی از کل سرمایه‌گذاری‌هایی که هر ساله در یک شرکت صورت می‌گیرد، سرمایه‌گذاری ناکارا است؛ یعنی یا به صورت اتفاقی صورت گرفته یا در نتیجه فرصت طلبی مدیران است که این قسمت از سرمایه‌گذاری‌ها ممکن است خالص ارزش فعلی مثبت یا منفی داشته باشند، چنانچه خالص ارزش فعلی سرمایه‌گذاری‌ها مثبت باشد ناکارایی سرمایه‌گذاری از نوع بیش سرمایه‌گذاری است و چنانچه خالص ارزش فعلی سرمایه‌گذاری منفی باشد ناکارایی سرمایه‌گذاری از نوع سرمایه‌گذاری کمتر از حد است. در پژوهش ریچاردسون (۲۰۰۶) متغیر فروش برای تخمین و برآورد فرصت‌های سرمایه‌گذاری مورد انتظار به کار گرفته می‌شود. بر اساس این رویکرد، سرمایه‌گذاری تابعی از فرصت‌های رشد است. بنابراین، انحراف سرمایه‌گذاری واقعی شرکت، از سرمایه‌گذاری مورد انتظار، نشان از بیش سرمایه‌گذاری یا کم سرمایه‌گذاری شرکت است. از دیدگاه ریچاردسون (۲۰۰۶) یکی از عوامل موثر بر بیش سرمایه‌گذاری کم سرمایه‌گذاری وجود جریان نقد آزاد در شرکت است. اگرچه مدل ریچاردسون (۲۰۰۶) توسط برگ استرسو (۲۰۰۶) مورد پرسش قرار گرفته است؛ اما این مدل می‌تواند به طور مستقیم کارایی سرمایه‌گذاری را بر مبنای سال شرکت اندازه‌گیری کند.

مدل بیدل و هیلاری (۲۰۰۶) مبتنی بر حساسیت جریان‌های نقدی است. فرض اصلی این مدل این است که سرمایه‌گذاری نامطلوب به دلیل عدم تقارن اطلاعاتی است. آن‌ها استدلال می‌کنند کیفیت گزارشگری مالی، عدم تقارن اطلاعاتی را کاهش داده و بدین ترتیب حساسیت

جریان‌های نقد سرمایه‌گذاری را از طریق تخصیص مناسب سرمایه به شرکت‌ها، کاهش می‌دهد. مدل بیدل و هیلاری (۲۰۰۶) دارای دو محدودیت اساسی است. اول این که حساسیت جریان‌های نقد سرمایه‌گذاری در مقایسه با کیو توبین شاخص ضعیف‌تری برای سنجش کارایی سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود؛ زیرا در صورت کاهش بازده و قدرت بازار، جریان‌های نقد حاوی اطلاعاتی درباره سودهای آتی است و بنابراین در برگزیده فرصت‌های سرمایه‌گذاری است. دوم؛ حساسیت بیشتر جریان‌های نقد سرمایه‌گذاری، نشان‌دهنده انحراف از سطوح سرمایه‌گذاری مطلوب است؛ اما نشان نمی‌دهد که چه مدیرانی بیش سرمایه‌گذار و کم سرمایه‌گذار هستند.

در مدل بیدل همکاران (۲۰۰۹) سطح سرمایه‌گذاری مورد انتظار بر اساس فرصت‌های رشد شرکت سنجیده می‌شود. بر مبنای این مدل کارایی سرمایه‌گذاری زمانی وجود دارد که هیچ گونه انحرافی از سطح سرمایه‌گذاری مورد انتظار وجود نداشته باشد؛ اما زمانی که میزان سرمایه‌گذاری شرکت از مقدار مورد انتظار انحراف داشته باشد، شرکت دچار ناکارایی سرمایه‌گذاری می‌شود (نمازی و زراعتگری، ۱۳۸۸). بیدل و همکاران (۲۰۰۹) استدلال می‌کنند عاملی که موجب بروز سرمایه‌گذاری بیشتر و کمتر از حد می‌شود مشکل نقدینگی است. آن‌ها در تشریح این استدلال بیان می‌کنند که وجه نقد و اهرم مالی دو شاخص اصلی است که وضعیت نقدینگی شرکت را نشان می‌دهد. شرکت‌های فاقد وجه نقد به احتمال زیاد از لحاظ مالی دچار محدودیت هستند و شرکت‌هایی با مانده وجه نقد بالا، به احتمال زیاد به مشکلات نمایندگی و سرمایه‌گذاری بیشتر از حد دچار می‌شوند؛ لذا شرکت‌های فاقد وجه نقد مستعد سرمایه‌گذاری کمتر از حد و شرکت‌های با مانده وجه نقد بالا، مستعد سرمایه‌گذاری بیشتر از حد هستند.

مشابه با پژوهش خارجی در حوزه سنجش کارایی سرمایه‌گذاری در ایران نیز پژوهش‌های (مانند ثقفی و عرب مازار، ۱۳۸۸؛ ثقفی و همکاران، ۱۳۹۰؛ خدایی و یحیایی، ۱۳۸۹) به منظور تخمین سطح سرمایه‌گذاری مورد انتظار و ارزیابی کارایی سرمایه‌گذاری صورت گرفته است. در این پژوهش‌ها از مدل مبتنی بر فرصت‌های رشد استفاده شده است. به عنوان مثال ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) برای یافتن متغیرهای مناسب که بتواند توضیح‌دهنده سرمایه‌گذاری در ایران باشد به آنالیز حساسیت متغیرها پرداختند. در این پژوهش سرمایه‌گذاری به عنوان وجه نقد پرداختی شرکت برای تحصیل یا ساخت دارایی‌های ثابت، دارایی‌های نامشهود و یا سایر دارایی‌های بلندمدت در نظر گرفته شده است. بر مبنای این پژوهش جریان‌های نقد آزاد عامل کلیدی در ایجاد بیش سرمایه‌گذاری است و باعث به وجود آمدن مسائلی مانند عدم تقارن اطلاعاتی و تضادهای نمایندگی می‌شود.

پیشینه پژوهش

چن و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین کیفیت گزارشگری مالی و کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌های خصوصی در بازارهای در حال توسعه پرداختند. و نشان دادند کیفیت گزارشگری مالی، به طور مثبتی کارایی سرمایه‌گذاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، تأمین مالی شرکت‌ها از طریق بانک، موجب بهبود نقش اطلاعات حسابداری در تصمیمات سرمایه‌گذاری می‌شود و انگیزه حذاقل سازی سود را برای اهداف مالیاتی کاهش می‌دهد. ایلود و جاربویی (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند کیفیت حسابداری و کیفیت گزارشگری مالی دو مکانیزمی هستند که به طور مشترک کارایی سرمایه‌گذاری را تحت تأثیر قرار می‌دهند و مشکلات سرمایه‌گذاری بیش از حد و کمتر از حد را کاهش می‌دهند. چن، سان و یو (۲۰۱۸) تأثیر کارایی سرمایه‌گذاری بر هزینه سرمایه را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند کارایی سرمایه‌گذاری به طور معکوسی با هزینه سرمایه مرتبط است؛ اما این رابطه کارایی سرمایه‌گذاری و هزینه سرمایه برای شرکت‌های خصوصی، قوی‌تر است.

هی، چن و هو (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند تأمین مالی داخلی، سرمایه‌گذاری در کسب‌وکار را گسترش داده و ناکارایی سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد. تأمین مالی داخلی می‌تواند موجب ایجاد فرصت‌های سرمایه‌گذاری شده و کمبود سرمایه‌گذاری را کاهش دهد؛ اما ممکن است موجب ایجاد سرمایه‌گذاری مازاد به ویژه در شرکت‌هایی با اطمینان بیش از حد مدیریتی شود. همچنین مشکل سرمایه‌گذاری بیش از حد ناشی از بیش‌اطمینانی مدیران، در شرکت‌های دولتی در مقایسه با شرکت‌های غیردولتی، بیشتر است.

خوفی (۲۰۲۰) رابطه کیفیت گزارشگری مالی و تصمیمات مربوط به سرمایه‌گذاری در بازارهای نوظهور را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید گزارشگری مالی با کیفیت بالا روند تصمیمات مربوط به سرمایه‌گذاری را تسهیل می‌کند. هوآنگ^۱ و همکاران (۲۰۲۲) دریافتند محدودیت‌های تعهد سهام، کارایی سرمایه‌گذاری را بهبود می‌بخشد و این افزایش کارایی عمدتاً در کاهش بیش سرمایه‌گذاری منعکس می‌شود. ارتباط مثبت بین محدودیت تعهد سهام و کارایی سرمایه‌گذاری، خصوصاً برای شرکت‌های غیردولتی، شرکت‌های دارای محدودیت مالی و شرکت‌هایی که ریسک‌پذیری بالایی داشتند بیشتر مشهود است. چی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر محدودیت‌های مالی و اطمینان بیش از حد مدیریتی را بر حساسیت سرمایه‌گذاری به جریان‌های نقدی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند محدودیت‌های مالی و اطمینان بیش از حد مدیریتی، حساسیت سرمایه‌گذاری به جریان‌های نقدی را افزایش می‌دهد. همچنین شرکت‌های دارای

¹ Huang

² Chi

اطمینان بیش از حد مدیریتی در زمان وجود جریان‌های نقدی داخلی کافی، بیشتر مستعد بیش سرمایه‌گذاری هستند و این اتفاق برای شرکت‌های دارای محدودیت مالی، قوی‌تر است.

تقفی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی تاثیر کیفیت گزارشگری مالی بر سرمایه‌گذاری بیش از حد پرداختند و به این نتیجه رسیدند هر اندازه کیفیت گزارشگری مالی بیشتر باشد، مسئله سرمایه‌گذاری بیش از حد، کمتر به وجود می‌آید و این رابطه در شرکت‌هایی با جریان‌های نقدی آزاد بالا بیشتر رخ می‌دهد. صفری و رعنائی (۱۳۹۶) نشان دادند کیفیت گزارشگری مالی با کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و پیامدهای نامطلوب آن، احتمال ناکارایی سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند رابطه بین کیفیت گزارشگری مالی و کارایی سرمایه‌گذاری تحت تاثیر ساختار سررسید بدهی‌ها قرار دارد و با افزایش بدهی‌های با سررسید کوتاه‌مدت این رابطه تضعیف می‌شود.

بادآور نهندي و تقی‌زاده خانقاه (۱۳۹۷) ارتباط بین کارایی سرمایه‌گذاری و خطر سقوط قیمت سهام را تحت شرایط عدم تقارن اطلاعاتی بررسی کردند و دریافته‌اند بین کارایی سرمایه‌گذاری و خطر سقوط قیمت سهام رابطه مستقیم وجود دارد. ارتباط مثبت بین کارایی سرمایه‌گذاری و خطر سقوط قیمت سهام در شرکت‌های با عدم تقارن اطلاعاتی بالا در مقایسه با عدم تقارن اطلاعاتی پایین، شدیدتر است. تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸) به ارائه مدل سنجش کارایی سرمایه‌گذاری شرکت در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند و به این نتیجه رسیدند از بین هجده متغیری بررسی شده، فقط پنج متغیر رشد فروش، فرصت‌های رشد، بازده سالانه سهام سال قبل، سود تقسیمی و سرمایه‌گذاری سال قبل، تغییرات سرمایه‌گذاری سال جاری را بیان می‌کنند و قابلیت استفاده برای ارائه مدل سنجش کارایی سرمایه‌گذاری را دارند. مشایخ و همکاران (۱۴۰۱) دریافته‌اند بین کیفیت گزارشگری مالی و سرمایه‌گذاری حقوقی با کارایی سرمایه‌گذاری رابطه‌ای معنادار وجود دارد؛ همچنین بیش سرمایه‌گذاری بر رابطه کیفیت گزارشگری مالی و سرمایه‌گذاری حقوقی با کارایی سرمایه‌گذاری تاثیر معنادار می‌گذارد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است که در آن برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش داده‌های ترکیبی و الگوی ترکیبی شبکه عصبی پرسپترون چندلایه^۱ و الگوریتم حرکت جمعیتی ذرات استفاده شده است. بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از الگوی رگرسیون چندمتغیره مبتنی بر داده‌های ترکیبی مدل پژوهش شناسایی شده است. سپس با استفاده از روش ترکیب شبکه عصبی

^۱MLP

مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات مدل پژوهش با مدل‌های پیشین مقایسه شده‌است که در ادامه به طور مفصل توضیح داده شده‌است.

جامعه آماری پژوهش، شامل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۰ است که کلیه شرایط ذیل را دارا باشند. شرکت‌های نمونه دارای سال مالی منتهی به پایان سال تقویمی (۲۹ اسفندماه) باشند؛ به دلیل ماهیت متفاوت جزء موسسه‌های مالی، سرمایه‌گذاری و بانک‌ها نباشند؛ اطلاعات مالی برای شرکت‌های مورد نظر قابل دسترس باشد. با توجه محدودیت‌های فوق، شرکت‌هایی که شرایط حضور در نمونه آماری را دارند، شامل ۱۲۴ شرکت است که در طی ۱۵ سال مورد بررسی جمعا ۱۸۶۰ سال-شرکت را دربر گرفت.

متغیرهای پژوهش

متغیرهای وابسته در این پژوهش میزان سرمایه‌گذاری است. برای اندازه‌گیری این متغیر همانند پژوهش بیدل و هیلاری (۲۰۰۶) و بهارمقدم و همکاران (۱۳۹۸) از خالص افزایش در دارایی‌های ثابت مشهود و غیرمشهود استفاده شده‌است و با تقسیم بر کل دارایی‌ها در سال قبل همگن می‌شود.

بر اساس بررسی پژوهش‌های پیشین (مانند یانگ و جیانگ، ۲۰۰۸، بیدل و هیلاری ۲۰۰۹، چن و همکاران، ۲۰۱۱، تهرانی و حصارزاده، ۱۳۸۸، مهرانی و باقری، ۱۳۸۸؛ تقفی و همکاران، ۱۳۹۰) متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر میزان سرمایه‌گذاری جهت تخمین مدل نهایی کارایی سرمایه‌گذاری شناسایی شده‌است که در ادامه شرح مختصری از این متغیرها ارائه شده‌است.

فرصت‌های رشد شرکت (*MTB*): فرصت‌های رشد یکی از متغیرهای مؤثر بر فرصت‌های سرمایه‌گذاری شرکت است که می‌تواند بخش مهمی از سرمایه‌گذاری شرکت را توجیه کند (بیدل و هیلاری، ۲۰۰۶). این نسبت از تقسیم ارزش بازار به ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام محاسبه می‌شود.

کیفیت گزارشگری مالی (*FRQ*): کیفیت گزارشگری مالی با کم کردن میزان بیش سرمایه‌گذاری و کم سرمایه‌گذاری موجب ارتقای کارایی سرمایه‌گذاری می‌شود؛ لذا کیفیت گزارشگری بیشتر، موجب کارا تر شدن سرمایه‌گذاری می‌شود وردی و همکاران (۲۰۰۶) برای اندازه‌گیری کیفیت گزارشگری مالی همانند چن و همکاران (۲۰۱۱)، گوماریز و بلستا (۲۰۱۴) از معیار قدر مطلق پسماندهای برآوردی، مدل درآمدی مک نیکولاس و استابن (۲۰۰۸) به شرح رابطه ۲ استفاده شده‌است. مزیت اصلی مدل درآمدی برای اندازه‌گیری کیفیت گزارشگری مالی

این است که هر یک از اجزاء غیراختیاری را که از طریق مدل‌های مبتنی بر اقلام تعهدی قابل دست‌یابی نیستند را نیز می‌توان تعیین نمود.

$$\Delta AR_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \Delta Sales_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در مدل فوق ΔAR تغییرات در حساب‌های دریافتنی، $\Delta Sales$ تغییرات فروش و ε خطاهای برآوردی مدل است. همه متغیرها با تقسیم بر کل دارایی‌ها در سال $t-1$ همگن شده‌اند. معیار استخراج شده از مدل فوق، قدر مطلق پسماندهای برآوردی مدل است که برای هر شرکت در هر سال برآورد می‌شود و بر مبنای آن کیفیت گزارشگری مالی به شرح رابطه (۲) اندازه‌گیری می‌شود. لازم به ذکر است، جهت سهولت در تفسیر نتایج قدر مطلق خطاهای برآوردی مدل در یک منفی ضرب می‌شوند؛ لذا مقادیر بیشتر این معیار به بالا بودن میزان دقت در کیفیت گزارشگری مالی اشاره دارد.

$$AQ_{i,t} = -|\varepsilon_{i,t}| \quad \text{رابطه (۲)}$$

رقابت بازار محصول (HHI): به دلیل وجود تضاد منافع بین مدیران و سرمایه‌گذاران ضروری است بر سرمایه‌گذاری‌ها نظارت وجود داشته باشد تا از سرمایه‌گذاری ناکارا در جریان‌های نقد آزاد جلوگیری شود. رقابت در بازار محصول، تا حد زیادی از مشکلات نمایندگی می‌کاهد و شرکت‌های فعال در صنایع رقابتی‌تر در مقایسه با شرکت‌ها در صنایع کمتر رقابتی، کارایی کمتری دارند. بدین ترتیب رقابت در بازار محصول منجر می‌شود با برطرف کردن مشکل نمایندگی مربوط به جریان‌های نقد آزاد و رفع محدودیت‌های مالی مشکل سرمایه‌گذاری بیشتر و کمتر از حد کاهش یابد و کارایی سرمایه‌گذاری بیشتر شود (چن و همکاران، ۲۰۱۱؛ تقی‌زاده خانقاه و همکاران، ۱۳۹۸). رقابت بازار محصول از طریق رابطه ۳ اندازه‌گیری می‌شود.

$$HHI_{i,t-1} = \sum_{i=1}^{N_j} (Sales_{i,j} / \sum_{i=1}^{N_j} Sales_{i,j})^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه فوق $Sales$ کل فروش شرکت i در صنعت j است.

رشد فروش (SG): پژوهش‌های پیشین در بورس اوراق بهادار تهران (مانند نمازی و زراعت‌گری، ۱۳۸۸) بیان می‌کنند نرخ رشد فروش بر کاراتر شدن سرمایه‌گذاری شرکت تاثیر می‌گذارد. بدین معنا که با افزایش نرخ رشد فروش، سودآوری شرکت افزایش یافته و در نتیجه این افزایش سودآوری، سرمایه‌گذاری‌های شرکت به سمت سرمایه‌گذاری‌های با ارزش فعلی خالص مثبت سوق داده می‌شود. در این پژوهش رشد فروش از مابه‌التفاوت بین فروش سال جاری و فروش سال گذشته تقسیم بر فروش سال گذشته که نشان دهنده نوسانات فروش است، بدست می‌آید.

رشد منفی فروش (*NSG*): رشد منفی فروش یکی از متغیرهایی است که توسط چن و همکاران (۲۰۱۱) برای سنجش کارایی سرمایه‌گذاری استفاده شده است. در همین زمینه چن و همکاران (۲۰۱۱) بیان می‌کنند در دوره بحران‌های مالی و رکود اقتصادی، بررسی دوره‌های رشد منفی فروش نیز ضروری است. برای محاسبه این متغیر اگر رشد فروش شرکت در سال t منفی باشد، عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر تعلق می‌گیرد.

اندازه شرکت (*SAIZE*): اندازه شرکت از طریق لگاریتم طبیعی فروش به دست می‌آید. استفاده از معیار فروش به جای معیارهای ارزش بازار در اندازه شرکت به دلیل ناکارایی بورس اوراق بهادار تهران و گردش معاملاتی کم می‌باشد. (ستایش و همکاران، ۱۳۹۴).

نرخ بازده دارایی‌ها (*ROA*): یکی از متغیرهای مرتبط با سنجش عملکرد مدیران شرکت با توجه به منابع موجود است. این نسبت میزان سودآوری شرکت را نشان می‌دهد و بیانگر عملکرد آتی شرکت است (تقی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ لذا این معیار اهمیت بیشتری در جذب سرمایه‌گذاران دارد؛ زیرا وضعیت مالی یک شرکت را در سال جاری نشان می‌دهد. نرخ بازده دارایی‌ها از تقسیم سود خالص به کل دارایی‌ها به دست می‌آید.

عمر شرکت (*Age*): عمر شرکت معیار استاندارد از شهرت شرکت در مدل‌های ساختار سرمایه است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۰). در مدل‌های ساختار سرمایه، سن شرکت با بدهی‌های بلندمدت دارای رابطه‌ای مثبت است؛ اما با بدهی‌های کوتاه مدت رابطه‌ای منفی دارد (هال و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین رویکرد چرخه عمر نشان می‌دهد شرکت‌های نوپا و جوان‌تر تمایل به استفاده از دارایی‌های اولیه اعطایی توسط مالکان دارند؛ اما شرکت‌ها با توجه به رشد در حیات خود نیاز به تأمین مالی و سرمایه‌گذاری پیدا می‌کنند (برگر و یودل^۱، ۱۹۹۸). عمر پذیرش شرکت برابر با لگاریتم طبیعی تعداد سال‌هایی است که شرکت در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده است.

اهرم مالی (*LEV*): اهرم مالی یکی از مقیاس‌های نسبت اهرمی می‌باشد. افزایش این نسبت به طور بالقوه موجب کاهش سرمایه‌گذاری در دارایی‌های سرمایه‌ای می‌شود (ساتوش و همکاران، ۲۰۱۳). تئوری‌های ساختار سرمایه بیان می‌کنند شرکت‌های با اهرم مالی بالا، اغلب به دلیل منابع کمتر، سرمایه‌گذاری‌های مطلوب را نادیده می‌گیرند و این رویکرد موجب می‌شود شرکت در انجام سرمایه‌گذاری دچار شکست شود (تقی‌زاده خانقاه و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین

^۱ Berger and Udel

بیدل و همکاران (۲۰۰۹) بیان می‌کنند متورم شدن بدهی‌ها موجب ایجاد سرمایه‌گذاری کمتر از حد می‌شود. این نسبت از طریق تقسیم کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها به دست می‌آید.

جریان‌های نقد عملیاتی (*CFO*): شرکت‌های دارای جریان نقد عملیاتی مثبت، فرصت‌های بیشتری برای تامین مالی از طریق بدهی دارند؛ زیرا این شرکت‌ها، در خصوص امکان بازپرداخت تعهدات، اطمینان بیشتری دارند؛ لذا شرکت‌هایی که وجه نقد حاصل از فعالیت‌های عملیاتی آن‌ها بالا است، احتمال کمتری دارد پروژه‌های سرمایه‌گذاری را به دلیل نبود منابع مالی از دست دهند (دیکینسون، ۲۰۱۱). نسبت جریان‌های نقد عملیاتی همسو با پژوهش ونگو همکاران (۲۰۱۶) از طریق تقسیم وجه نقد حاصل از فعالیت‌های عملیاتی بر کل دارایی‌های ابتدای دوره شرکت اندازه‌گیری می‌شود.

نسبت وجوه نقد (*Cash*): بر مبنای پژوهش‌های پیشین (مانند هوانگ و آئون، ۲۰۰۸؛ سانتوش و همکاران، ۲۰۱۳) وجه نقد در شرکت‌های دارای بیش سرمایه‌گذاری، در مقایسه با شرکت‌های با سرمایه‌گذاری کمتر از حد، ارزش کمتری دارد و میزان سرمایه‌گذاری بیش از حد، به گونه مثبتی با وجه نقد نگهداری شده مرتبط است. در این پژوهش همسو با پژوهش‌های مانند یانگ و جیانگ (۲۰۰۸)؛ چن و همکاران (۲۰۱۱)؛ تهرانی و حصارزاده (۱۳۸۸)؛ مهرانی و باقری (۱۳۸۸) نسبت وجوه نقد از تقسیم کل وجه نقد (وجه نقد به علاوه سرمایه‌گذاری‌های کوتاه-مدت) بر دارایی‌ها کل اندازه‌گیری می‌شود.

نقدشوندگی سهام (*Liq*): در این پژوهش به منظور اندازه‌گیری نقدشوندگی سهام از رتبه نقدشوندگی سهام استفاده شده است. رتبه نقدشوندگی سهام از طریق رابطه (۴) سنجیده می‌شود.

$$\text{رابطه (۴)} \quad \frac{1}{\text{متوسط ارزش روز حجم معاملات}} + \frac{1}{\text{تعداد سهام معامله شده}} + \frac{1}{\text{تعداد روز معامله شده}} + \frac{1}{\text{تعداد دفعات معامله}} + \frac{1}{\text{تعداد خریداران}}$$

در رابطه فوق رتبه نقدشوندگی از ۱ شروع می‌شود و تا تعداد شرکت‌های معامله شده در هر مقطع زمانی ادامه پیدا می‌کند. رتبه ۱ نشان‌دهنده نقدشونده‌ترین سهام است. به بیانی دیگر، سرمایه‌گذاران در فروش این سهام مشکل خاصی ندارند و می‌توانند به راحتی دارایی خود را وجه نقد کنند.

سود سهام تقسیمی (*Div*): پرداخت سود سهام با جریان‌های نقدی عملیاتی دائمی در ارتباط است؛ لذا شرکت‌هایی که سود پرداخت می‌کنند از پایداری سود بیشتری برای دوره‌آتی

برخوردارند (دینج و همکاران، ۲۰۱۶). مطابق با پژوهش گراهام و کومر (۲۰۰۶) سود سهام تقسیمی از تقسیم سود نقدی هر سهم بر قیمت بازار هر سهم بدست می‌آید.

سود عملیاتی به کل دارایی‌ها (OP/A): نسبت سود عملیاتی به کل دارایی‌ها میزان تاثیر دارایی‌های شرکت در سود عملیاتی را نشان می‌دهد. به بیانی دیگر، این نسبت نشان‌دهنده این است که هر یک ریال دارایی چه تاثیری در سود عملیاتی شرکت دارد. هرچه این نسبت بزرگتر باشد میزان کارایی سرمایه‌گذاری نیز بیشتر است. این نسبت از تقسیم سود عملیاتی به کل دارایی‌ها شرکت اندازه‌گیری می‌شود.

هزینه نمایندگی (AC): بر مبنای تئوری نمایندگی، زمانی که عدم تقارن اطلاعاتی رخ می‌دهد، مدیران درباره فرصت‌های سرمایه‌گذاری اطلاعات برتری دارند. با وجود این، زمانی که انگیزه‌های مدیران و سهامداران همسو نیست، مدیران به جای حداکثرسازی ارزش سهامداران، به دنبال حداکثرسازی منافع شخصی خود هستند. این رویکرد به انحراف از سرمایه‌گذاری‌های شرکت از قبیل رد پروژه‌های مطلوب و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نامطلوب منجر می‌شود؛ لذا هزینه‌های نمایندگی یکی از عوامل ایجاد سرمایه‌گذاری بیش از حد هستند (تقی‌زاده خانقاه و همکاران، ۱۳۹۸). در این پژوهش همسو با پژوهش‌های آنگ و همکاران (۲۰۰۰)؛ برادران و همکاران (۱۳۹۳) برای سنجش هزینه نمایندگی از نسبت هزینه‌های عملیاتی به فروش سالانه استفاده شده‌است.

نوع مالکیت نهایی ($State$): منظور از مالکان نهایی، سهامداران عمده‌ای است که توانایی هدایت سیاست‌های مالی، عملیاتی شرکت را دارا باشند. در این پژوهش متغیر نوع مالکیت نهایی به دو گروه شرکت‌های دولتی و غیردولتی با تاکید بر مالکیت نهایی دولتی و غیردولتی تقسیم می‌شود. شرکت‌های با مالکیت دولتی به دلیل این که دارای روابط سیاسی هستند ممکن است در انتخاب فرصت‌های سرمایه‌گذاری بهتر عمل کنند. این گونه از شرکت‌ها می‌توانند از وابستگی‌های دولتی جهت انتخاب پروژه‌ها با ارزش فعلی مثبت بهره‌مند شوند (کوان لی، ۲۰۱۲). در ایران پژوهش‌های متعددی تقسیم‌بندی مالکان شرکت‌ها را بر اساس ماده ۴ قانون محاسبات عمومی به دو گروه شرکت‌های دولتی و غیردولتی تقسیم نموده‌اند (بنی‌مهد و باغبانی، ۱۳۸۸؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۸). ماده ۴ قانون محاسبات عمومی شرکت‌هایی را که بیش از ۵۰ درصد سهام آن متعلق به دولت یا شرکت‌های دولتی و نهادهای عمومی تحت حمایت مدیریت دولت باشد را شرکت‌های دولتی تعریف می‌کند. در این پژوهش همسو با پژوهش منصورفرد و همکاران (۱۳۹۴) و طالب‌نیا و صدیقی کمال (۱۳۹۶) علاوه بر شرکت‌های مندرج در ماده ۴ قانون محاسبات عمومی، شرکت‌های شبه‌دولتی نیز در گروه شرکت‌های دولتی طبقه‌بندی

شده‌است. شرکت‌های شبه‌دولتی، شرکت‌هایی هستند که سیاست‌های دولت از طریق مدیریت مستقیم یا غیرمستقیم بر آن‌ها اعمال می‌شود و دولت دارای کنترل و نفوذ بر آن‌ها است؛ لذا شرکت‌هایی که مالک بیش از ۵۰ درصد سهام آن‌ها افراد حقیقی یا حقوقی خصوصی باشد و مالکیت نهایی آن در اختیار دولت نباشد در گروه شرکت‌های غیردولتی طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به آن چه بیان شد، برای محاسبه متغیر نوع مالکیت نهایی، اگر مالک نهایی شرکت دولت باشد عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ تعلق می‌گیرد.

محدودیت مالی (FL): بر مبنای نتایج پژوهش مایرز (۱۹۹۷) وجود یا عدم وجود محدودیت‌های مالی می‌تواند مدیریت را برای رد یا قبول پروژه‌های با خالص ارزش فعلی مثبت تحریک کند و به کاهش یا افزایش ارزش شرکت منجر شود، لذا محدودیت‌های مالی می‌تواند تصمیم‌های سرمایه‌گذاری را تحت تأثیر قرار دهد. (برادران حسن زاده و تقیزاده خانقاه، ۱۳۹۵). برای اندازه‌گیری محدودیت تا مین مالی در این پژوهش از مدل کاپلان و زینگالس (۱۹۷۷) که توسط تهرانی و حصارزاده (۱۳۸۸) بومی‌سازی شده استفاده می‌شود که شیوه سنجش آن به شرح رابطه ۵ است.

$$\text{رابطه (۵)} \quad KZ = 17.33 - 37.486 C - 15.216 DIV + 3.39 Lev - 1.402 MTB$$

در رابطه فوق C نسبت موجودی نقد به دارایی‌ها؛ DIV نسبت سود تقسیمی به دارایی‌ها؛ Lev نسبت بدهی‌ها به دارایی‌ها؛ MTB نسبت حاصل جمع ارزش بازار حقوق صاحبان سهام و ارزش دفتری بدهی‌ها به ارزش دفتری دارایی‌ها است. پس از محاسبه مقادیر KZ برای هر شرکت - سال، مقادیر از کوچکترین به بزرگترین مرتب شده و سپس به پنج قسمت تقسیم می‌شود که شرکت - سال‌های حاضر در پنجک چهار و پنج را می‌توان به عنوان شرکت سال‌های که با محدودیت مالی مواجه هستند، شناسایی کرد. اگر شرکت دچار محدودیت مالی باشد، برابر ۱ قرار داده می‌شود و در غیر این صورت برابر صفر خواهد بود.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل اولیه داده‌ها، آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول (۱) ارائه شده‌است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میانگین متغیر نرخ سود سهام تقسیمی برابر با ۰/۲۴۵ است که بیانگر آن است که در شرکت‌های مورد پژوهش نرخ سود سهام تقسیمی حدود ۲۴ درصد از قیمت هر سهم است. میانگین اهرم مالی بیانگر این است که به طور متوسط ۶۴ درصد از دارایی‌های شرکت‌های مورد بررسی از محل بدهی‌ها تامین مالی شده‌اند. میانگین نرخ رشد فروش ۰/۳۰۵ نشان می‌دهد که شرکت‌های مورد پژوهش، طی دوره پژوهش ۳۵ درصد

رشد فروش داشته‌اند. این نرخ رشد بالا می‌تواند ناشی از تورم نیز باشد. همچنین میانگین نرخ بازده دارایی‌ها ۰/۰۹۹ است که نشان می‌دهد شرکت‌های مورد پژوهش به ازای هر ریال سرمایه‌گذاری در دارایی‌ها ۹ درصد بازدهی داشته‌اند.

جدول ۱. آمار توصیفی

متغیر	میانگین	میانه	انحراف معیار	بیشترین	کمترین
سرمایه‌گذاری	۰/۳۰۴	۰/۲۸۳	۰/۲۰۷	۰/۸۹۵	۰/۰۰۱
فرصت رشد	۱/۶۱۱	۱/۵۸۵	۰/۹۳۴	۲/۸۹۳	-۰/۴۰۲
کیفیت گزارشگری مالی	۰/۳۸۷	۰/۴۰۱	۰/۳۶۲	۰/۸۸۱	۰/۰۰۷
رقابت بازار محصول	۰/۱۴۵	۰/۱۱۸	۰/۰۹۶	۱/۰۵۲	۰/۰۰۴
رشد فروش	۰/۱۶۱	۰/۱۴۰	۰/۱۲۷	۳/۱۳۹	-۰/۴۵۲
رشد فروش منفی	۰/۳۴۸	۱	۰/۳۰۱	۱	۰
اندازه شرکت	۶/۸۵۲	۶/۷۸۵	۳/۸۴۲	۹/۵۵۷	۴/۵۸۱
نرخ بازده دارایی‌ها	۰/۱۸۴	۰/۲۱۶	۰/۱۳۷	۳/۲۰۶	-۲/۷۴۱
عمر شرکت	۱/۴۰۶	۱/۳۰۴	۰/۱۸۱	۱/۶۹۵	۱/۰۰۰
اهرم مالی	۰/۶۰۷	۰/۵۸۱	۰/۲۶۹	۱/۵۷۲	۰/۰۸۴
جریان‌های نقد عملیاتی	۰/۱۹۵	۰/۲۱۳	۰/۱۰۱	۰/۸۵۸	-۰/۶۱۳
نسبت وجوه نقد	۰/۰۴۱	۰/۰۴۷	۰/۰۳۶	۰/۶۹۲	۰/۰۰۱
نقدشوندگی سهام	۰/۱۰۲	۰/۰۸۶	۰/۰۷۳	۰/۹۰۹	۰/۰۰۰
سود سهام تقسیمی	۰/۰۷۴	۰/۰۹۱	۰/۰۶۵	۰/۲۰۷	۰/۰۰۰
سود عملیاتی به کل دارایی‌ها	۰/۲۰۶	۰/۱۹۵	۰/۱۴۸	۳/۳۴۱	-۲/۸۶۸
هزینه نمایندگی	۰/۰۹۴	۰/۱۰۲	۰/۰۶۰	۰/۵۹۱	۰/۰۰۶
نوع مالکیت نهایی	۰/۴۷۲	۱	۰/۵۱۳	۱	۰
محدودیت مالی	۰/۲۵۲	۱	۰/۲۱۸	۱	۰

هدف این پژوهش، ارائه مدلی است که قدرت تشخیص‌دهندگی بالایی داشته باشد، به بیانی دیگر بتواند به مشاهدات واقعی نزدیک شود و خطای عدم تشخیص آن کمتر باشد. بدین ترتیب، تعداد ۱۷ متغیر برای توضیح سرمایه‌گذاری براساس تئوری‌ها و پژوهش‌های پیشین انتخاب شد. بدین منظور ابتدا این ۱۷ متغیر در یک مدل رگرسیونی قرار گرفتند. پس از تعیین نوع الگو و بررسی مفروضات رگرسیون به منظور استخراج مدل پیشنهادی از روش حذف رو به جلو استفاده شده‌است. این روش، روشی در انتخاب متغیرها است که در آن ابتدا تمامی متغیرهای مستقل به مدل رگرسیون وارد می‌شوند و سپس در صورتی که معیارهای لازم جهت باقی ماندن در مدل (متغیرهایی که ضریب همبستگی پایین‌تری با متغیر وابسته دارند اولین گزینه حذف از معادله هستند) را نداشته باشند، تک تک حذف می‌شوند. به بیانی دیگر، ورود متغیرها به مدل برآوردی بر اساس شدت رابطه آن‌ها با سرمایه‌گذاری کل است و متغیرهای معنادار به عنوان عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری انتخاب شده و متغیرهای غیرمعنادار از مدل حذف شدند. متغیرهای مؤثر بر

سرمایه‌گذاری شامل فرصت رشد، کیفیت گزارشگری مالی، رشد فروش، نرخ بازده دارایی‌ها، اهرم مالی، جریان‌های نقد عملیاتی، سود سهام تقسیمی، سود عملیاتی به کل دارایی‌ها است.

در این بخش ابتدا با استفاده از الگوی رگرسیون چند متغیره مبتنی بر داده‌های ترکیبی به شناسایی مدل کارایی سرمایه‌گذاری پرداخته شده‌است؛ از اینرو از آزمون F لیمر برای تعیین نوع روش تخمین (روش داده‌های تلفیقی یا روش داده‌های پانل) و از آزمون هاسمن برای تعیین نوع الگو (اثرات تصادفی یا ثابت) استفاده شده‌است. نتایج حاصل از آزمون‌های فوق در جدول (۳) ارائه شده‌است که نشان می‌دهد سطح معناداری برای آزمون F لیمر و آزمون هاسمن کمتر از $0/05$ است؛ لذا مدل پانل با اثرات ثابت انتخاب می‌شود.

جدول ۲. نتایج حاصل آزمون F لیمر و هاسمن

آزمون هاسمن			آزمون F لیمر		
نوع الگو	مقدار احتمال	آماره کای دو	مدل	مقدار احتمال	آماره F
اثرات ثابت	$0/000$	۹/۳۲۶	پانل	$0/000$	۳/۴۱۷

پس از انتخاب نوع الگوی مناسب برای مدل پژوهش، به بررسی مفروضات رگرسیون پرداخته شده‌است. در بررسی مفروضات رگرسیون، برای بررسی فرض ناهمسانی واریانس از آزمون والد تعدیل شده برای الگوهای پانل با اثرات ثابت استفاده شده‌است. در بررسی فرض صفر بودن کوواریانس بین اجزا خطا در طول زمان یا همان تشخیص خود همبستگی مرتبه اول از آزمون ولدریچ استفاده شده‌است. نتایج حاصل از بررسی مفروضات رگرسیون در جدول (۳) گزارش شده‌است. نتایج حاصل از آزمون والد تعدیل شده نشان می‌دهد پسماندهای مدل برازش شده مدل پژوهش دارای سطح معناداری بیشتر از $0/05$ است؛ بنابراین مدل پژوهش دارای مشکل ناهمسانی واریانس است. نتایج حاصل از آزمون خود همبستگی ولدریچ در جدول (۳) نشان می‌دهد که بین باقیمانده‌های مدل مشکل خود همبستگی وجود ندارد. برای رفع مشکل ناهمسانی واریانس از روش حداقل مربعات تعمیم یافته استفاده شده‌است.

جدول ۳. نتایج آزمون مفروضات رگرسیون

آزمون ولدریچ			آزمون والد تعدیل شده		
خود همبستگی	مقدار احتمال	آماره کای دو	ناهمسانی	مقدار احتمال	آماره کای دو
ندارد	$0/000$	۱/۴۲۷	دارد	$0/000$	۱۲۲۵/۲۸۴

نتایج نهایی مدل پیشنهادی پژوهش در جدول (۴) گزارش شده‌است. در بررسی معناداری مدل پژوهش با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۴) مقدار احتمال آماره F برای مدل در سطح معناداری از $0/05$ کوچک‌تر است که با اطمینان 95% معنادار بودن مدل تأیید می‌شود. همچنین

مقدار ضریب تعیین تعدیل شده برابر با ۰/۶۸۳ است که نشان می‌دهد متغیرهای توضیحی ۶۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند.

نتایج نهایی مدل کارایی سرمایه‌گذاری در جدول (۴) نشان می‌دهد از میان ۱۷ متغیر مورد استفاده در مدل تنها ۸ متغیر معنادار هستند. به بیانی دیگر، رابطه بین میزان کارایی سرمایه‌گذاری و ۸ متغیر مالی در سطح معناداری ۹۵ درصد معنادار است.

جدول ۴. نتایج مدل رگرسیون

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	مقدار احتمال
فرصت رشد	۰/۰۴۴	۰/۰۲۴	۱/۸۱۰	۰/۰۷۰
کیفیت گزارشگری مالی	۰/۰۵۳	۰/۰۲۹	۱/۸۰۷	۰/۰۷۱
رشد فروش	۰/۰۶۱	۰/۰۲۸	۲/۱۴۵	۰/۰۳۲
نرخ بازده دارایی‌ها	۰/۰۵۵	۰/۰۰۷	۷/۵۸۷	۰/۰۰۰
اهرم مالی	-۰/۱۰۹	۰/۰۳۸	-۲/۸۱۰	۰/۰۰۵
جریان‌های نقد عملیاتی	۰/۱۵۱	۰/۰۵۳	۲/۸۴۱	۰/۰۰۴
سود سهام تقسیمی	۰/۲۲۸	۰/۰۷۱	۳/۱۹۳	۰/۰۰۱
سود عملیاتی به کل دارایی‌ها	۰/۲۶۷	۰/۱۰۷	۲/۴۸۸	۰/۰۱۳
ضریب ثابت	۰/۰۴۹	۰/۰۱۳	۳/۷۵۳	۰/۰۰۰
آماره	ضریب تعیین تعدیل	ضریب تعیین	آماره F	مقدار احتمال
مقدار آماره	۰/۶۸۳	۰/۷۲۴	۴/۶۲۸	۰/۰۰۰

با توجه به سطح معناداری متغیرها در جدول (۴)، مدل نهایی پژوهش، جهت تعیین میزان کارایی سرمایه‌گذاری به شرح رابطه (۶) برآورد شده است.

$$\begin{aligned}
 INV_{i,t} = & -0.049 + 0.044 MTB + 0.053 FRQ - 0.061 SG & \text{رابطه (۶)} \\
 & + 0.055 ROA - 0.109 LEV - 0.151 CFO \\
 & + 0.228 Div + 0.267 \frac{OP}{A} + \varepsilon
 \end{aligned}$$

نتایج ترکیب شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم حرکت تجمعی ذرات

روش‌های مختلفی برای آموزش شبکه‌های عصبی وجود دارد که پرکاربردترین آن‌ها تکنیک‌های مبتنی بر گرادینان است. الگوریتم‌های مبتنی بر گرادینان از تکنیک‌های جست‌وجوی محلی استفاده می‌کنند؛ از این‌رو همواره در معرض گیر افتادن در نقاط بهینه محلی قرار دارند. اساس کار الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات بر این اصل استوار است که در هر لحظه، هر ذره مکان خود را در فضای جست‌جو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته است و

بهترین مکانی که در همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند. عملکرد شبکه عصبی مصنوعی، بر اساس آموزش وزن‌هاست و مقادیر مربوط به وزن‌ها به صورت تصادفی توسط شبکه تعیین می‌شود، هر چه مقدار این وزن‌ها دقیقتر باشد، عملکرد شبکه بهتر خواهد بود.

در این روش وزن‌ها با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات آموزش داده و بهینه می‌شوند تا بهترین وزنی که عملکرد شبکه را بهبود می‌دهد، تعیین شود. شکل (۱) فرایند بهینه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از الگوریتم **PSO** را برای هر دو مدل نشان می‌دهد.



شکل ۱. فرایند بهینه‌سازی شبکه عصبی توسط الگوریتم حرکت تجمعی ذرات با ساختار **MLP**

پس از تعیین نوع شبکه و روش آموزش باید تعداد گره‌ها یا نرون‌های ورودی، تعداد لایه‌ها و گره‌های مخفی و تعداد گره‌های خروجی تعیین شود. تعداد ورودی‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا هر الگوی ورودی اطلاعات مهمی در مورد ساختار خود همبسته و پیچیده داده‌ها را شامل می‌شود.

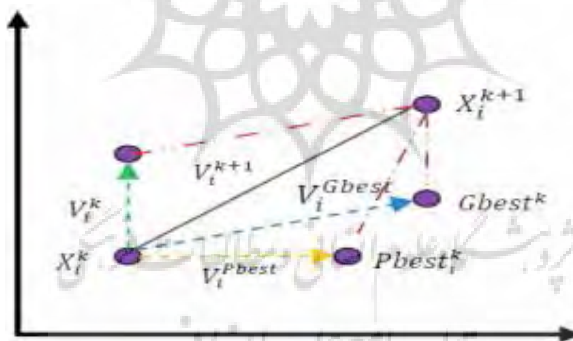
در ساختار شبکه عصبی چندلایه پرسپترون (**MLP**) استاندارد خاصی برای انتخاب تعداد گره‌های لایه‌های پنهان وجود ندارد؛ لذا در این پژوهش تعداد گره‌های ورودی دقیقاً به اندازه متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌است. با توجه به این که متغیر وابسته این مطالعه کارایی سرمایه‌گذاری است، لذا تعداد گره خروجی یک گره است. لایه‌ها و گره‌های پنهان نیز نقش مهمی در عملکرد دقیق شبکه‌های عصبی ایفا می‌کنند. گره‌های لایه‌های پنهان به شبکه عصبی اجازه می‌دهد تا خصوصیات داده‌ها را کشف و شناسایی نمایند و بدین وسیله نگاشت‌های

پیچیده غیرخطی را بین متغیرهای ورودی و خروجی برقرار کنند. تعداد نورون‌های لایه خروجی با تعداد متغیرهای خروجی برابر است؛ ولی تعداد نورون‌های لایه ورودی را کاربر تعیین می‌کند. برای فراهم آوردن قابلیت مقایسه، ۱۰ اجرا با حداکثر ۳۰۰ تکرار و همگرایی متوقف شد. در این مطالعه، ۷۰ درصد از داده‌های جمع‌آوری شده به عنوان داده‌های آموزشی، ۱۵ درصد به عنوان داده‌های اعتبارسنجی و ۱۵ به عنوان داده‌های آزمایش لحاظ شده‌است. پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی هر چهار در جدول (۵) نشان داده شده‌است.

جدول ۵. پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی

پارامتر	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	پارامتر	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
تعداد متغیرهای ورودی	۶	۵	۳	۱۱	حداکثر تعداد اجرا	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
تعداد متغیرهای خروجی	۱	۱	۱	۱	نسبت داده‌های آموزش	۷۰٪	۷۰٪	۷۰٪	۷۰٪
تعداد لایه‌های شبکه	۱۳	۱۱	۷	۲۳	نسبت داده‌های اعتبارسنجی	۱۵٪	۱۵٪	۱۵٪	۱۵٪
تعداد گره‌های شبکه عصبی	۱۵۴	۱۳۸	۱۰۶	۲۷۹	نسبت داده‌های آزمایش	۱۵٪	۱۵٪	۱۵٪	۱۵٪

در فضای جست‌وجو، هر ذره موقعیتی (یکی از راه‌حل‌های ممکن مسئله بهینه‌سازی) دارد و در این فضا حرکت می‌کند. قانون حرکت برای همه ذرات ثابت است و همه برای حرکت، از تجربه‌های قبلی خود و همچنین تجربه‌های قبلی جمع بهره می‌برند تا زمانی که معیارهای مشخص شده به کمینه یا بیشینه مقدار خود برسند. فرایند تغییر موقعیت ذرات در الگوریتم PSO در شکل (۲) نمایش داده شده‌است.



شکل ۲. فرایند تغییر موقعیت ذرات در الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات

هر ذره دارای پنج خاصیت است: موقعیت مقدار تابع هدف متناظر با موقعیت x^t ، مقدار تابع هدف متناظر با موقعیت $x^{i,cost}$ ، سرعت v^t ، بهترین موقعیت تجربه شده توسط ذره

تاکنون $x^{i,best}$ و مقدار تابع هدف متناظر با بهترین موقعیت تجربه شده توسط ذره تاکنون $x^{i,best cost}$

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1r_1[x^{i, personal\ best} - x^i(t)] + c_2r_2[x^{global\ best} - x^i(t)] \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$x^i(t+1) = x^i(t) + v^i(t+1) \quad \text{رابطه (۸)}$$

در رابطه (۷)، w ضریب اینرسی نامیده می‌شود؛ چون ضریبی است که جهت حرکت کنون $v^i(t)$ را به جهت حرکت بعدی $v^i(t+1)$ مرتبط می‌کند. به بیان دیگر، نشان دهنده میزان تمایل ذره برای حفظ حالت حرکت کنونی خود است. این عدد بایستی کمتر از ۱ باشد و مقدار مناسب آن بین ۰/۴ تا ۰/۹ است. هر چه اینرسی کمتر باشد، سرعت همگرایی الگوریتم سریعتر خواهد بود و بیشتر شدن آن، تعداد حرکت‌های ناگهانی ذرات را افزایش می‌دهد. r_1 و r_2 هر یک، بردارهایی به طول بردار موقعیت هستند. هر یک از اعضای این دو بردار، عددی تصادفی بین ۰ و ۱ با توزیع یکنواخت دارند. C_1 ضریب یادگیری شخصی و C_2 ضریب یادگیری جمعی است که هر دو اعدادی مثبت و حداکثر برابر ۲ هستند. در مدل پژوهش، از الگوریتم حرکت تجمعی ذرات (PSO) استفاده شده است که پارامترهای اصلی آن به منظور پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری با مدل‌های پژوهش، در جدول (۶) مشاهده می‌شود.

جدول ۶. پارامترهای اصلی الگوریتم ازدحام ذرات

پارامتر	مدل پژوهش	پارامتر	مدل پژوهش
تعداد تکرار (نسل)	۳۰۰	حد بالا وزن شبکه عصبی اولیه	۱/۵
اندازه جمعیت	۵۰	حد پایین متغیرهای تصمیم	-۱۰
ضریب اینرسی	۰/۴۸۷	حد بالا متغیرهای تصمیم	۱۰
ضریب اینرسی در هر تکرار	۱	ضریب کاپا	۰/۶
فاکتور (شتاب) یادگیری فردی	۱/۰۳۴	ضریب فی ۱	۲/۰۹
فاکتور (شتاب) یادگیری جمعی	۱/۰۳۴	ضریب فی ۲	۲/۰۹
حد پایین وزن شبکه عصبی اولیه	-۱/۵	ضریب کای	۰/۵۴۲

ارزیابی صحت و کارایی مدل

پس از اینکه کارایی سرمایه‌گذاری توسط هر یک از چهار مدل ریچاردسون (۲۰۰۶)؛ مدل بیدل و هیلاری و وردی (۲۰۰۹)؛ مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) و مدل پژوهش مورد پیش‌بینی قرار گرفت، جهت ارزیابی صحت و دقت پیش‌بینی هر یک از مدل‌ها از معیارهای میانگین MSE و انحراف معیار MSE استفاده شده است. این دو معیار نشان دهنده توانایی الگوریتم برای

جلوگیری از خطر افتادن در دائم کمینه محلی است. هر اندازه مقدار $AVE \pm STD$ کمتر باشد توانایی الگوریتم برای جلوگیری از خطر افتادن در دائم کمینه محلی بیشتر است. هر الگوریتم ۱۰ بار اجرا شده و نتایج آن در جدول (۷) گزارش شده‌است.

با مقایسه $STD \pm AVE$ بهترین اجرای ۵ مدل ریچاردسون (۲۰۰۶)، بهترین اجرای ۷ مدل بیدل و هیلاری و وردی (۲۰۰۹)، بهترین اجرای ۹ مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) و بهترین اجرای ۳ مدل پژوهش می‌توان به این نتیجه رسید که مدل پژوهش با مقدار (± 0.3020) در مقایسه با مدل ریچاردسون (۲۰۰۶) با مقدار (± 0.1869) و مدل بیدل و هیلاری و وردی (۲۰۰۹) با مقدار $(\pm 0.2900/0.692)$ و مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) با مقدار $(\pm 0.2250/0.960)$ قابلیت بیشتری دارد تا از خطر افتادن در دام کمینه محلی ممانعت کند؛ بنابراین $STD \pm AVE$ می‌تواند ترکیب خوبی برای تعیین عملکرد یک الگوریتم در ارتباط با اجتناب از کمینه محلی باشد.

جدول ۷. آمار توصیفی MSE در هر اجرا

مدل پژوهش		مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰)		مدل بیدل و هیلاری و وردی (۲۰۰۹)		مدل ریچاردسون (۲۰۰۶)		اجرا
انحراف معیار MSE	میانگین MSE	انحراف معیار MSE	میانگین MSE	انحراف معیار MSE	میانگین MSE	انحراف معیار MSE	میانگین MSE	
۰/۲۰۷	۰/۰۵۴۸	۰/۰۷۱	۰/۰۹۳۲	۰/۱۰۷	۰/۰۶۶۶	۰/۱۶۵	۰/۰۸۶۲	اجرا ۱
۰/۲۶۶	۰/۰۵۴۲	۰/۰۹۶	۰/۰۹۴۳	۰/۰۶۶	۰/۰۶۹۶	۰/۱۹۱	۰/۰۸۶۸	اجرا ۲
۰/۲۳۷	۰/۰۵۲۱	۰/۲۲۵	۰/۰۹۶۰	۰/۱۴۷	۰/۰۶۲۸	۰/۱۱۳	۰/۰۸۷۷	اجرا ۳
۰/۱۴۳	۰/۰۵۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۹۳۳	۰/۱۷۳	۰/۰۶۴۸	۰/۱۸۸	۰/۰۸۴۵	اجرا ۴
۰/۲۹۳	۰/۰۵۷۶	۰/۱۷۶	۰/۰۹۴۴	۰/۲۹۰	۰/۰۶۹۲	۰/۱۲۰	۰/۰۸۵۵	اجرا ۵
۰/۱۱۳	۰/۰۵۱۱	۰/۰۶۴	۰/۰۹۰۱	۰/۱۶۳	۰/۰۶۷۱	۰/۱۸۱	۰/۰۸۴۳	اجرا ۶
۰/۲۱۱	۰/۰۵۹۴	۰/۱۰۷	۰/۰۹۶۵	۰/۱۰۱	۰/۰۶۱۳	۰/۲۹۵	۰/۰۸۶۹	اجرا ۷
۰/۱۰۶	۰/۰۵۲۳	۰/۱۹۲	۰/۰۹۴۳	۰/۲۷۶	۰/۰۶۱۱	۰/۱۴۳	۰/۰۸۹۱	اجرا ۸
۰/۳۰۲	۰/۰۵۶۶	۰/۱۰۵	۰/۰۹۱۴	۰/۱۷۵	۰/۰۶۷۶	۰/۱۷۶	۰/۰۸۰۹	اجرا ۹
۰/۲۶۷	۰/۰۵۶۳	۰/۱۲۸	۰/۰۹۲۳	۰/۱۶۶	۰/۰۶۴۰	۰/۱۱۵	۰/۰۸۳۳	اجرا ۱۰
۹		۳		۵		۷		بهترین اجرا
۰/۰۵۶۶		۰/۰۹۶۰		۰/۰۶۹۲		۰/۰۸۶۹		بهترین MSE

در ادامه نتایج ترکیب شبکه عصبی آموزش یافته با حرکت تجمعی ذرات در جدول (۸) ارائه شده‌است. نتایج آموزش شبکه عصبی با الگوریتم حرکت تجمعی ذرات نشان می‌دهد با توسعه مدل پژوهش، خطای آموزش در مقایسه با سایر مدل‌ها به ۰/۰۵۲۱ کاهش یافته است.

جدول ۸. نتایج شبکه عصبی آموزش یافته با حرکت تجمعی ذرات

مدل	خطای کل	خطای آموزش	خطای اعتبارسنجی	خطای آزمایش
ریچاردسون (۲۰۰۶)	۰/۰۸۶۹	۰/۰۸۷۴۱	۰/۰۷۶۵	۰/۰۸۴۲
بیدل، هیلاری و وردی (۲۰۰۹)	۰/۰۶۹۲	۰/۰۶۹۸۴	۰/۰۶۰۴	۰/۰۷۵۱
ثقفی و همکاران (۱۳۹۰)	۰/۰۹۶۰	۰/۰۹۹۱۰	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۹۴
مدل پژوهش	۰/۰۵۶۰	۰/۰۵۲۱	۰/۰۵۰۹	۰/۰۵۸۶

جدول (۹) نتایج نهایی آزمون تحلیل راک را نشان می‌دهد. سطح زیرمنحنی راک در هر چهار مدل بیشتر از ۰/۵ است. همچنین در مدل ریچاردسون (۲۰۰۶)، AUC یا سطح زیرمنحنی (AUC) با آماره آزمون من ویتنی تقریب زده می‌شود) با مقدار ۰/۵۴۰۲ (مابین ۰/۵ و ۰/۶)، در مدل بیدل، هیلاری و وردی (۲۰۰۹) با مقدار ۰/۵۷۶۹ و در مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) با مقدار ۰/۵۱۲۴ نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی مدل‌ها، تفاوت زیاد و معناداری با یکدیگر ندارد و مدل‌ها، مدلی کاملاً تصادفی هستند. این سطح در مدل پژوهش به ۰/۶۱۶۴ افزایش یافته است و گویای قدرت بیشتر مدل پژوهش نسبت به سایر مدل‌ها است؛ اما نتیجه آزمون همچنان ضعیف است و نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی مدل‌ها، تفاوت زیاد و معناداری با یکدیگر ندارد و مدل پژوهش نیز از این قاعده مستثنی نیست.

جدول ۹. تحلیل منحنی راک

مدل	بهترین نقطه برش ۱	AUC	انحراف معیار	فاصله اطمینان	AUC استاندارد	p-value
ریچاردسون (۲۰۰۶)	۰/۵۲۸۱	۰/۵۴۰۲	۰/۰۴۸	۰/۵۴۲-۰/۵۶۲	۶/۲۵۴۷	۲/۶e-۱*
بیدل، هیلاری و وردی (۲۰۰۹)	۰/۵۵۴۰	۰/۵۷۶۹	۰/۰۲۹	۰/۵۱۸-۰/۵۸۴	۷/۶۴۸۵	۲/۲e-۴*
ثقفی و همکاران (۱۳۹۰)	۰/۵۰۵۱	۰/۵۱۲۴	۰/۰۳۱	۰/۵۰۶-۰/۵۴۱	۷/۴۵۲۱	۲/۴e-۲*
مدل پژوهش	۰/۵۷۶۲	۰/۶۱۶۴	۰/۰۲۵	۰/۶۰۸-۰/۶۶۲	۹/۳۸۴۰	۰*

* نتیجه تحلیل راک: test Fail ** نتیجه تحلیل راک: test Poor

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به محدودیت منابع و لزوم برنامه‌ریزی شرکت‌ها برای جلوگیری از رکود و عقب‌ماندگی، افزایش کارایی سرمایه‌گذاری علاوه بر توسعه سرمایه‌گذاری، از اهمیت قابل توجهی برخوردار شده‌است؛ اما به منظور سنجش کارایی سرمایه‌گذاری باید مدلی را ارائه کرد که توانایی سنجش میزان کارایی سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار

تهران را مطابق با شرایط بازار ایرانی به درستی برآورد کند. در همین راستا، مدل‌های متعددی به منظور اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری ارائه شده‌است؛ اما برای بهره‌گیری از این مدل‌ها در بورس اوراق بهادار تهران باید فرض شود که شرایط بازار سرمایه در ایران با کشورهای دیگر مشابه است، پذیرفتن این شرط در نتایج پژوهش تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد؛ لذا در این پژوهش تلاش شده‌است که یک مدل بهینه به منظور تعیین میزان کارایی سرمایه‌گذاری ارائه و سپس بر مبنای روش ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات با سایر مدل‌های پرکاربرد مقایسه شود. به منظور دستیابی به مدلی بهینه که بتواند تخمین درستی از شرکت‌های بیش سرمایه‌گذار و کم سرمایه‌گذار داشته باشد، نمونه‌ای متشکل از ۱۲۴ شرکت برای دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۴۰۰ بررسی شده‌است.

در همین راستا، ابتدا بر پایه تئوری‌های حسابداری و پژوهش‌های پیشین، تعداد ۱۷ متغیر انتخاب شده‌است. سپس متغیرها وارد مدل اولیه رگرسیونی شد تا متغیرهای معنادار از متغیرهای غیرمعنادار تفکیک شود، متغیرهایی که دارای کم‌ترین ضریب و سطح معناداری بودند، از مدل حذف شدند. متغیرهای معنادار نشان‌دهنده عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری هستند؛ لذا متغیرهایی که دارای بالاترین ضریب و سطح معناداری بودند به عنوان معیاری جهت سنجش کارایی سرمایه‌گذاری در یک مدل رگرسیونی تخمین زده شدند. متغیرهای پیشنهادی مدل پژوهش شامل فرصت رشد، کیفیت گزارشگری مالی، رشد فروش، نرخ بازده دارایی‌ها، اهرم مالی، جریان‌های نقد عملیاتی، سود سهام تقسیمی، سود عملیاتی به کل دارایی‌ها است. مدل ارائه شده در این پژوهش بر اساس شرایط اقتصادی و داده‌های استخراج شده از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طراحی گردیده است؛ بنابراین با توجه به اهمیت اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری با استفاده از این مدل می‌توان از رویدادهای بیش سرمایه‌گذاری و کم سرمایه‌گذاری اجتناب کرد.

در ادامه، به منظور سنجش قدرت مدل و مقایسه آن با سایر مدل‌های پرکاربرد به تحلیل مدل پژوهش با مدل‌های ریچاردسون (۲۰۰۶)؛ مدل بیدل، هیلاری و وردی (۲۰۰۹) و مدل ثقفی و همکاران (۱۳۹۰) پرداخته شده‌است. نتایج تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر مبنای روش ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات نشان داد که با توسعه مدل پژوهش، از طریق وارد کردن متغیرهای حسابداری، سطح زیرمنحنی راک به $0/6164$ افزایش می‌یابد و در نتیجه، بر دقت مدل پژوهش تا $63/602$ درصد افزوده می‌شود. این نتیجه، مؤثر بودن ورود متغیرهای محیطی به مدل پژوهش را نشان می‌دهد؛ چرا که ورود این متغیرها کاهش نه چندان چشمگیری را در خطای پیش‌بینی مدل ایجاد کرده و قدرت پیش‌بینی‌کنندگی مدل پژوهش را تا حدودی بهبود داده است. با اینکه دقت مدل پژوهش در مقایسه با سایر مدل‌ها افزایش یافته است، یافته‌های حاصل از تحلیل راک نشان می‌دهد که سطح زیرمنحنی همچنان

کمتر از محدوده اطمینان نسبتاً قابل قبول و خوب $0/8 - 0/7$ باقی مانده است که به معنای ضعیف بودن نتیجه آزمون و بالا بودن خطای پیش‌بینی مدل تا میزان بیش از ۳۰ درصد است؛ بنابراین می‌توان بیان کرد با تکیه صرف بر این متغیرها، نمی‌توان سرمایه‌گذاری‌های کارا را برای شرکت‌ها به آسانی شناسایی کرد. همچنین نتایج نشان داد که دقت مدل پژوهش $63/602$ درصد) بیشتر از سایر مدل‌ها بوده و خطای پیش‌بینی زیاد است. با اینکه دقت مدل پژوهش افزایش یافته و نتیجه آزمون ویلکاکسون تفاوت معناداری را بین چهار مدل نشان می‌دهد، استفاده از تحلیل راک و یافتن بهترین نقطه برش و بهترین دقت مدل، همچنان از ناتوانی هر چهار مدل در شناسایی و کشف کارایی سرمایه‌گذاری خبر می‌دهد. با توجه به اینکه توسعه مدل پژوهش با متغیرهای حسابداری به بهبود نه چندان معنادار دقت پیش‌بینی مدل کارایی سرمایه‌گذاری منجر شده‌است، می‌توان دریافت که بین این متغیرها و متغیر کارایی سرمایه‌گذاری، رابطه نه چندان معناداری وجود دارد که باعث شده‌است دقت پیش‌بینی مدل کارایی سرمایه‌گذاری بهبود یابد.

به سرمایه‌گذاران، پیشنهاد می‌شود که برای کشف کارایی سرمایه‌گذاری، در کنار توجه به متغیرهای حسابداری و اقلام صورت‌های مالی، به متغیرهای غیرحسابداری، انگیزشی، محیطی و... نیز توجه کافی داشته باشند. سرمایه‌گذاران و ذی‌نفعان در شرکت‌ها به منظور افزایش سودآوری خود باید به کارایی سرمایه‌گذاری به عنوان یک قلم با اهمیت دقت نموده و در زمان سرمایه‌گذاری‌های شرکت کمیته‌ای را تشکیل دهند که میزان کارایی سرمایه‌گذاری را به درستی مورد آزمون قرار داده و با اجماع تصمیم به سرمایه‌گذاری بگیرند. این امر موجب می‌شود که مسئله عدم تقارن اطلاعاتی به حداقل برسد. دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی با توجه به نتایج این پژوهش که به بومی‌سازی مدلی برای تشخیص کارایی سرمایه‌گذاری مطابق با شرایط بازار ایران پرداخته است در پژوهش‌های آتی خود از این مدل به منظور تعیین میزان کارایی سرمایه‌گذاری و همچنین تعیین رابطه بین این مدل بهینه با سایر متغیرهای موجود در حیطه حسابداری بپردازند. به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود که با بهره‌مندی از سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری و مقایسه نتایج آن با الگوریتم حرکت تجمعی ذرات، در جهت کاهش خطای پیش‌بینی، به مدل‌سازی کارایی سرمایه‌گذاری اقدام کنند. در ارتباط با محدودیت‌های پژوهش موسسه‌های مالی، سرمایه‌گذاری و بانک‌ها به دلیل ماهیت متفاوت فعالیت جزء نمونه آماری پژوهش نیستند؛ لذا در تعمیم نتایج حاصل از پژوهش به کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران باید با احتیاط عمل شود.

سپاسگزاری

از کلیه افرادی که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند تشکر می‌نماییم. در این پژوهش از سازمان، نهاد یا شخصی کمک مالی دریافت نشده است.

منابع

1. Ahmadi, M.Z, Ghalambor, M. H, & Darseh, S. (2019). Investigating the impact of excessive trust criteria of senior managers on the future of falling stock prices in companies accepted by Tehran Stock Exchange. *Financial Accounting and Auditing Research*, 11(21), 93-123. (in Persian)
2. Badavar Nahandi, Y., & Taghizade Khangah, V. (2017). The relationship between investment efficiency and the risk of stock price fall under conditions of information asymmetry. *Financial and Economic Policies*, (6) 1, 33-56. (in Persian)
3. Balakrishnan, K., Core, J. E., & Verdi, R. S. (2014). The relation between reporting quality and financing and investment: evidence from changes in financing capacity. *Journal Account. Res*, 52(1), 1-36.
4. Baradaranhasanzadeh, R., Badavarnahandi, Y., & Negahban, L. (2014). The impact of financial constraints and agency cost if investment efficiency. *Journal Of Financial Accounting Research*, 19, 89-106. (In Persian).
5. Beatty, A., Weber, J., & Scott, J. (2007). The role of accounting quality in reducing investment inefficiency in the presence of private information and direction monitoring. *Working paper*, the Ohio State University.
6. Biddle, G. & Hilary, G. (2006). Accounting quality and firm-level capital investment. *The Accounting Review*, 81, 963-982.
7. Biddle, G. C., Hilary, G., & Verdi, R.S. (2009). How does financial reporting quality improve investment efficiency? *Journal Account. Economics*, 48, 112-131.
8. Chen, F., Hope, O., Li, Q., Wang, X. (2011). Financial reporting quality and investment efficiency of private firms in emerging markets. *The Accounting Review*, 86, 1255-1288.
9. Chen, L., Chunlei, I., and Guanya, W. (2013). *Financial constraints, investment efficiency and corporate Governance :Empirical evidence from China, service systems and service management*, 10 the international Conference.
10. Chen, X., Sun, Y., & Xu, X. (2016). Free cash flow, over-investment and corporate governance in China. *Pacific-Basin Finance Journal*, 37 (April), 81-103.
11. Chenga, M., Dhaliwala, D., & Zhange, Y. (2013). Does investment efficiency improve after the Disclosure of Material weakness in internal control over financial reporting? *Journal of Accounting and Economics*, 56(1), 1-18.
12. Chi, C-J., Yueh-Fang Ho, A., & Tsai, L-F. (2022). Effects of financial constraints and managerial overconfidence on investment-cash flow sensitivity. *International Review of Economics & Finance*, 82, 135-155.
13. Cutilas, F., Sanchez, J. (2012), financial reporting quality, debt maturity and investment efficiency, *Institute Valencia no de Investigations Economics, S.A.C/ Guardia civil*, 22 esc. 21-46020 Valencia (Spain).
14. Dickinson, V. (2011). Cash flow patterns as a proxy for firm life cycle. *Accounting Review*, 86 (6), 1969-1994.

15. Ebrahimi, S. K, Ahmadi Moghadam, M. (2015). The effect of financial leverage and conditional conservatism on the investment inefficiency of companies listed on the Tehran Stock Exchange, *Quarterly Journal of Financial Accounting*, 27, 102-120. (in Persian).
16. Elaoud, A., Jarboui, A. (2017). Auditor specialization, accounting information quality and investment efficiency. *Research in International Business and Finance*, 42, 616-629.
17. Guariglia, A., & Yang, J. (2016). A balancing act: managing financial constraints and agency cost to minimize investment efficiency in the Chinese market. *Journal Of Corporate Finance*, 36 (2016), 111-130.
18. He, Y., Chen, C., & Hu, Y. (2019). Managerial overconfidence, internal financing, and investment efficiency: Evidence from China. *Research in International Business and Finance*, 47 (January), 501-510.
19. Huang, Z-X., Li, X., & Zhao, Y. (2022). Stock pledge restrictions and investment efficiency. *Finance Research Letters*, 48(C), <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102864>
20. Khoufi, N. (2020). Accounting Information Quality and Investment Decisions in the Emerging Markets. *Frontiers in Management and Business*, 1(1), 16-23.
21. Mashayekh, S., Parsaei, M., & Askarzadeh, P. (2023). The Relationship between the Quality of Accounting Information and Institutional Investment on Investment Efficiency in Banks Present in the Capital Market of Iran. *Judgment and Decision Making in Accounting and Auditing*, 2(5), 59-86. (in Persian)
22. Munoz, F. (2013). Liquidity and firm investment: Evidence for Latin America. *Journal of Empirical Finance*, 20, 18-29.
23. Namazi, M., & Zeraatgari, R. (2009). An investigation of the Tobin's Q ratio and its comparison with other criterion of the managers' performance measurement for companies accepted in Tehran stock exchange. 3(57), 231-262. (in Persian)
24. Rahimian, N., Rezaei, F., & masteri farahani, H. (2011). survey of Effective Determinants on Small and Medium Size Firms Capital Structure. *Financial Accounting and Auditing Research*, 3(10), 91-116. (in Persian).
25. Richardson, S. (2006). over-Investment of Free Cash Flow. *Review of Accounting Studies*, 11,159-89.
26. Safari Graily, M., & Ranaei, F. (2016). Investigating the Relation between Financial Reporting Quality and Investment Efficiency and the Role of Debt Maturity in Such Relation among the Companies Listed in Tehran Stock Exchange. *Asset Management Financing*, 5(1), 83-98. (in Persian).
27. Sagafi, A., Mohammadian, M., & Mehtari, Z. (2011). The Association between Accounting Information Quality, Overinvestment and Free Cash Flow. *Journal of the Accounting Advances*, 3 (2), 37-63. (in Persian).
28. Santhosh, R., Wang, Chan, Ch, & Yu, Y. (2013). The role of financial reporting quality in mitigating the constraining effect of dividend policy on investment decisions. *The Accounting Review*, 88(3), 1007-1039.

29. Stein, J. (2003). *Agency information and corporate investment*. In *Handbook of the Economics of Finance*, Edited by George Constantine's, Milt Harris and René Stutz, Elsevier, 111-165.
30. Taghizadeh Khanqah, V., Badavar Nahandi, Y., Mottagi, A., & Taghizadeh, H. (2019). Presentation of Firm's Investment Efficiency Measurement Model in Tehran Stock Exchange. *Financial Research Journal*, 21(2), 237-264. (in Persian).
31. Taghizadeh Khanqah, V., badavar nahandi, Y., Mottagi, A., & Taghizadeh, H. (2021). Validation of Investment Efficiency Models Based on Agency Theory, Information Asymmetry, Managerial Entrenchment and Firm value maximization. *Journal of Investment Knowledge*, 10(38), 287-318. (in Persian).
32. Tehrani, R., & Hesarzadeh, R. (2009). THE impact of free cash flows & financial constraint on over-investment & under-investment. *Journal of Accounting and Auditing Researches (Accounting Research.)* 1(3), 50 To 67. (in Persian).
33. Vaez S. A, Anvari, E., & Banafi, M. (2016). The effect of ownership structure on the relationship between related party transactions and investment efficiency. *Quarterly Financial Accounting Journal*, 8 (31), 101-132. (In Persian).
34. Verdi, R. (2006). Financial reporting quality and investment efficiency. *M.I.T working paper*.
35. Yang, j., & Guariglia, A. (2010). Is investment inefficiency caused by financial constraints or agency cost? *Working Paper*. www.ssrn.com
36. Yang, J., & Jiang, Y. (2008). Accounting information quality, free cash flow and overinvestment: a Chinese study. *The Business Review*, 11 (1), 159-166.

استناد

عزیزی، صدیقه و محمدی، حسین (۱۴۰۲). مدل‌سازی متغیرهای اثرگذار بر کارایی سرمایه‌گذاری بر مبنای ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات. *چشم‌انداز مدیریت مالی*، ۱۳(۴۲)، ۳۵-۶۲.

Citation

Azizi, Sedighe & Mohammadi, Hossein (2023). Modeling variables affecting investment efficiency based on the combination of artificial neural networks and the optimization algorithm of cumulative movement of particles. *Journal of Financial Management Perspective*, 13(42), 35 - 62. (in Persian)
