



Paper Type: Original Article

Optimal Stock Portfolio Quality Management Using the Combination of the Markowitz Model with Support Vector Machine Methods, Data Envelopment Analysis, and DB Scan

Reza Khosravi¹, Jamshid Peikfalak^{2,*} , Hassan Fattahi Nafchi³

¹ Department of Accounting, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran; r.khosravi8927@iau.ac.ir.

² Department of Accounting, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; peikfalak@iau.ac.ir.

³ Department of Accounting, University of Isfahan, Isfahan, Iran; h.fattahi@ase.ui.ac.ir.

Citation:

Received: 19 August 2024

Revised: 21 October 2024

Accepted: 16 December 2024

Khosravi, R., Peikfalak, J., & Fattahi Nafchi, H. (2024). Optimal stock portfolio quality management using the combination of the Markowitz model with support vector machine methods, data envelopment analysis, and DB scan. *Journal of Quality Engineering and Management*, 14(4), 358-378.

Abstract


Purpose: This study aims to determine the optimal stock portfolio using a combination of the Markowitz model with Support Vector Machine (SVM), Data Envelopment Analysis (DEA), and the DBSCAN clustering algorithm. The statistical population consists of companies listed on the Tehran Stock Exchange from 2012 to 2022.


Methodology: To achieve the research objectives and form an optimal stock portfolio, dimensionality reduction approaches, DEA, SVM, and the DBSCAN clustering algorithm were employed. Financial ratios derived from balance sheets, income statements, and cash flow statements, as well as composite financial ratios and risk-return analysis based on the hybrid Markowitz model, were used as inputs to construct four portfolios.

Findings: The SVM method and the fourth approach, which includes the hybrid model, exhibited superior performance in optimizing the stock portfolio.

Originality/Value: Given the innovation of this research in applying the hybrid Markowitz model, the results can assist investors and stock analysts in managing the quality of an optimal stock portfolio.

Keywords: Optimal stock portfolio, Support vector machine, Data envelopment analysis, DBSCAN, Markowitz model.

 Corresponding Author: r.khosravi8927@iau.ac.ir

 10.48313/jqem.2025.513904.1510



Licensee System Analytics. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



مدیریت کیفیت سبد بهینه سهام با استفاده از ترکیب مدل مارکوییتز با روش‌های ماشین بردار

پشتیبان، تحلیل پوششی داده‌ها و دی بی اسکن

رضا خسروی^۱، جمشید پیک فلک^۲، حسن فتاحی نافچی^۳

^۱گروه حسابداری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

^۲گروه حسابداری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۳گروه حسابداری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر تعیین سبد بهینه سهام با استفاده از ترکیب مدل مارکوییتز با روش‌های ماشین بردار پشتیبان، تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم خوشه‌بندی دی بی اسکن است. جامعه آماری پژوهش، شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۱ الی ۱۴۰۱ است.

روش‌شناسی پژوهش: در راستای دستیابی به اهداف پژوهش برای تشکیل سبد بهینه سهام، از رویکرد کاهش ابعاد، روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم‌های خوشه‌بندی دی بی اسکن استفاده شده است. نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای، نسبت‌های مالی صورت سود زیان، نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد و نسبت‌های مالی ترکیبی و ریسک و بازده بر اساس مدل ترکیبی مارکوییتز به‌عنوان ورودی مدل تهیه چهار پرتفوی استفاده شده است.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از پژوهش، حاکی است روش بردار پشتیبان و رویکرد چهارم که شامل مدل ترکیبی است، در بهینه‌سازی سبد سهام عملکرد بهتری داشته است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: با توجه به نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری مدل ترکیبی مارکوییتز، نتایج می‌تواند به سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران سهام در مدیریت کیفیت سبد بهینه سهام کمک کند.

کلیدواژه‌ها: سبد بهینه سهام، ماشین بردار پشتیبان، تحلیل پوششی داده‌ها، دی بی اسکن، مدل مارکوییتز.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای در جهت بهبود روش‌های بررسی و تحلیل سهام، گزینش بهترین معیارهای تحلیل و انتخاب بهترین گزینه‌ها جهت سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی صورت گرفته است، اما در پژوهش‌های انجام‌شده تأکید بر رویکرد کاهش ابعاد به‌منظور بهبود داده‌ها صورت نپذیرفته است. استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی در آماده‌سازی مجموعه داده‌های سهام، می‌تواند منجر به همگن شدن داده‌ها و حذف داده‌های

پرت شود. از طرفی تحلیل پوششی داده‌ها از فرآیندی بهره می‌برد که با الگوی ریسک و بازده مورد استفاده در تئوری پرتفوی منطبق است. در تحلیل پوششی داده‌ها، ریسک به‌عنوان یک ورودی و بازده به‌عنوان یک خروجی مورد استفاده قرار گرفته است. به این صورت که با کاهش ریسک به کم‌ترین مقدار و بازده به بیش‌ترین مقدار، سعی در ایجاد سبد بهینه سهام خواهد بود. بزرگ‌ترین مزیت تحلیل پوششی داده‌ها، توان مقایسه چندین واحد تصمیم‌گیرنده از لحاظ چندین معیار است. از مزایای دیگر این تکنیک ناپارامتریک، نسبت به الگوهای پارامتریک این است که نیازی به تخمین شکل تابع در تجزیه و تحلیل اطلاعات مالی و همچنین تخمین توزیع آماری نیست. سودمندی دیگر این روش، در تجزیه و تحلیل اطلاعات مالی، در ترجمه همه اعداد به عدد واحدی به نام «معیار کارایی» است که این امر باعث افزایش سهولت در مقایسه خواهد شد [1]. همچنین، ماشین بردار پشتیبان در دسته‌بندی داده‌ها روشی شناخته‌شده می‌باشد. ترکیب این الگوریتم‌ها و استفاده از نرمال‌سازی فازی به منظور رفع ابهام داده‌ها، می‌تواند منجر به معرفی یک روش جدید و البته پیچیده در حوزه تهیه سبد سهام بهینه باشد؛ زیرا به‌طور هم‌زمان کاهش ابعاد، افزایش دقت، تعیین سهام بهینه و استفاده از معیارهای برگزیده برای انتخاب سبد سهام صورت می‌گیرد و به این ترتیب، این دیدگاه می‌تواند منجر به انتخاب بهترین سهام‌های موجود گردد.

۲- مبانی نظری پژوهش

از آن‌جا که اکثر سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز هستند، تنها زمانی حاضر به سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار باشند که بتوانند متناسب با ریسک تحمل شده، بازدهی بهینه‌ای کسب کنند [2]. همچنین با توجه به رشد و توسعه بازارها و ابزارهای مالی و تخصصی شدن مقوله سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران و شاغلان بازارهای مالی نیازمند ابزارها، روش‌ها و مدل‌هایی هستند که در انتخاب بهترین سرمایه‌گذاری و مناسب‌ترین پرتفوی، به آن‌ها یاری دهد. یکی از چالش‌های بحث‌برانگیز سهامداران و سرمایه‌گذاران بازار سرمایه، کسب حداکثر سود است. از طرفی با توجه به گستردگی و تنوع و پیچیدگی معاملات این خواسته با اهداف دیگری در تعارض است، که گاه موجب می‌شود کسب سود بیشتر در تعارض با اهدافی مثل ریسک بیشتر یا نقدشوندگی پایین‌تر در حاشیه قرار گیرد. در واقع این جایگاه سرمایه‌گذار و ارجحیت ذهنی آن است که دست‌یابی به سود حداکثری را تعیین می‌کند. در جهت رفع نیاز و برآورد کردن خواسته‌های سرمایه‌گذاران، برخی مستقیماً به دنبال تشکیل پرتفوی‌های چندهدفه برای متنوع‌سازی و در نظرگیری ترجیحات سرمایه‌گذاران برآمده‌اند [3].

در اوایل دهه ۱۹۶۰ مارکوویتز، مدل پایه پرتفوی را بنیان نهاد که مبنایی برای تئوری مدرن آرbitrage^۱ گردید. مارکوویتز نخستین کسی بود که مفهوم تنوع‌سازی در سبد سرمایه‌گذاری را به‌طور عام و سبد سهام را به‌طور خاص بسط و توسعه داد و آن را به‌صورت کمی نشان داد. بر پایه مدل مارکوویتز، سرمایه‌گذار باید در جست‌وجوی یک سبد اوراق بهاداری باشد که بر روی خط مقدم کارا است^۲. مارکوویتز فرض کرد که سرمایه‌گذاران الزاماً به دنبال حداکثرسازی بازده نیستند؛ زیرا اگر آن‌ها به دنبال این هدف بودند آن‌گاه فقط در یک نوع اوراق بهادار که بیش‌ترین بازده مورد انتظار را دارد سرمایه‌گذاری می‌کردند. در این حالت مشاهده می‌شود، سرمایه‌گذاران روی مجموعه متنوعی از اوراق بهادار سرمایه‌گذاری می‌کنند؛ زیرا برای سرمایه‌گذاران علاوه بر افزایش بازده، کاهش خطرپذیری نیز مهم است [2]. همچنین مارکوویتز اولین کسی بود که سبد سهام بهینه را مطرح کرد. طبق مدل مارکوویتز پس از تعیین سبد سهام بهینه، سرمایه‌گذاران باید سبد سهام مناسب را انتخاب کنند. برای این کار باید بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار معلوم باشد. سبد سهام بهینه برای هر سرمایه‌گذار در نقطه‌ای است که بالاترین منحنی بی‌تفاوتی او با مجموعه سبد سهام بهینه موجود مماس شود [4].

مدل مارکوویتز شاید به نسبت جوان‌ترین روش از بین مجموعه روش‌های موجود در انتخاب سهام در بازارهای مالی باشد. این روش که متأثر از نظریه مارکوویتز بوده معتقد به تشکیل پرتفوی می‌باشد تا به این ترتیب، از طریق مدیریت ریسک بتوان بیش‌ترین بازده را با استفاده از تشخیص کارایی سهام به‌دست آورد. در این روش اعتقاد ثابت‌شده بر این اصل قرار گرفته که با انتخاب تعدادی سهام و تشکیل یک پرتفوی می‌توان بدون این‌که

¹ Arbitrage

^۲ خط مقدم کارا، به خطی گفته می‌شود که مماس بر مجموعه فرصت‌های سرمایه‌گذاری باشد؛ به‌طوری که بیش‌ترین میزان بازده را با کم‌ترین ریسک در برگیرد.

نقصانی در کسب بازده ایجاد نمود، ریسک کلی سبد سهام را در سطحی کم‌تر از میانگین وزنی تک‌تک سهام داخل پرتفوی تعدیل نمود. این روش مبتنی بر بررسی ریاضی بین تک‌تک سهام داخل پرتفوی متمرکز گردیده باید گفت که در بازارهایی که دارای عمق زمانی و اطلاعاتی بالایی می‌باشند، دارای کارایی موثر و مفیدی می‌باشد. پس از شناسایی نوع نگرش فعالان بازار سرمایه که دارای خواستگاه علمی می‌باشد [5]، مدل مارکویتز با توجه به پیچیده بودن عمل تصمیم‌گیری در انتخاب سبد بهینه، دارای نقاط ضعفی به شرح زیر می‌باشد:

۱. این مدل پرتفوی بهینه را از بین کلیه سهام اعم از کارا و ناکار انتخاب می‌کند. در صورتی که اگر پرتفوی بهینه از بین سهام‌های کارا انتخاب شود نتایج بهتری به دست می‌آید. تفکیک سهام کارا از ناکارا توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها انجام می‌شود.
۲. این مدل قادر به حذف داده‌های پرت و سهام پرت نمی‌باشد که در این پژوهش با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی دی‌بی‌اسکن^۱ سهام دارای داده‌های پرت از پرتفوی بهینه حذف می‌شوند.

جهت پیش‌بینی بهتر بازده سهام، از ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است؛ بنابراین، نقاط ضعف مدل مارکویتز با استفاده از تکنیک‌های داده‌پردازی و رویکردهای مورد استفاده در این پژوهش، که شامل روش‌های خوشه‌بندی دی‌بی‌اسکن و ماشین بردار پشتیبان و تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد، پوشش داده می‌شود [6] که در ادامه به تشریح هر یک از این تکنیک‌ها و روش‌ها و مزایای آن‌ها می‌پردازیم.

دی‌بی‌اسکن یک روش خوشه‌بندی است که مزیت آن نسبت به روش‌های دیگری خوشه‌بندی مانند خوشه‌بندی کی‌مینز^۲، این است که نسبت به شکل داده‌ها حساس نمی‌باشد و می‌تواند اشکال غیر منظم را نیز در داده‌ها تشخیص دهد. الگوریتم دی‌بی‌اسکن، خود می‌تواند تعداد کلاسترها^۳ را مشخص کند و نیاز ندارد که به آن تعداد کلاسترها یا خوشه‌ها را اعلام کنیم. مزیت دیگر الگوریتم دی‌بی‌اسکن این است که می‌تواند داده‌هایی با شکل‌های مختلف را خوشه‌بندی کند. کاری که الگوریتم‌های دیگر مانند کی‌مینز قادر به انجام آن نیستند.

تحلیل پوششی داده‌ها، روشی ناپارامتریک است که کارایی یک مجموعه واحدهای تصمیم‌گیرنده را با استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به آن‌ها محاسبه نموده و واحدهای مورد بررسی را در گروه‌های کارا و ناکارا طبقه‌بندی می‌کند [7]. در حقیقت تحلیل پوششی داده‌ها، به ازای یک مجموعه‌ی مشخص از متغیرهای ورودی و خروجی، نمره مشخصی به هر یک از واحدهای مورد بررسی اختصاص می‌دهد. در این روش، مرز کارا به صورت تجربی ساخته شده و سپس واحدهایی که بر روی مرز قرار می‌گیرند، به عنوان واحدهای کارا و واحدهایی که در زیر مرز قرار می‌گیرند به عنوان واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند.

ماشین بردار پشتیبان توسط واپ‌نیک معرفی شده و بر پایه تئوری یادگیری آماری^۴ بنا گردیده است. ماشین بردار پشتیبان دسته‌بندی‌کننده‌ای است که جزو شاخه روش‌های هسته‌ای در یادگیری ماشین محسوب می‌شود. هدف این دسته الگوریتم‌ها تشخیص و متمایز کردن الگوهای پیچیده در داده‌هاست (از طریق کلاسترینگ، دسته‌بندی، رنکینگ، پاک‌سازی و...). با در نظرگیری ترجیحات سرمایه‌گذاران در قالب تکنیک دسته‌بندی ماشین بردار پشتیبان به پیش‌بینی رتبه سهام بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شده است. ضمناً با استفاده از این تکنیک می‌توان به سرمایه‌گذاران راه‌کاری در جهت نحوه اقدام در برابر سهام تازه راه یافته به بازار داده شود. این پیش‌بینی بر مبنای تحلیل بنیادی و نسبت‌های مالی شرکت خواهد بود.

استفاده از نسبت‌های مالی به عنوان معیاری برای ارزیابی شرکت‌ها، پیشینه‌ای دیرینه دارد. یکی از مشکلاتی که در استفاده از نسبت‌های مالی برای ارزیابی وضعیت مالی شرکت‌ها وجود دارد این است که هر مجموعه نسبت‌های مالی یک بعد ویژه را ارزیابی می‌کنند [1]. با توجه به این که در این پژوهش مجموعه داده‌ها بر اساس نسبت‌های مالی شکل گرفته است، نیاز مبرمی به مرور ادبیاتی بر روی داده‌های بنیادی استفاده شده در دیگر پژوهش‌های مالی به وجود آمده است. در واقع در این پژوهش که اساس آن بر تحلیل بنیادی استوار است، دانستن این که چه نسبت‌های مالی در این مدل موثر است بسیار ضروری است، به خصوص آن که از یک تکنیک یادگیرنده استفاده شده است. تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی فرآیندی است که اطلاعات مالی گذشته و حال یک بنگاه اقتصادی را به منظور ارزیابی وضعیت مالی، عملکرد و پیش‌بینی ریسک آتی و سودآوری بالقوه آن مورد

¹ DBSCAN

² K-means

³ Clusters

⁴ Statistical learning theory

بررسی قرار می‌دهد. بدیهی است صورت‌های مالی ابزار اصلی این تجزیه و تحلیل هستند. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل اطلاعات حسابداری، تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی است که از اواخر قرن نوزدهم میلادی در بین تحلیل‌گران رایج شده است و بنیان آن به طور کامل بر صورت‌های مالی شامل ترازنامه، صورت سود و زیان و صورت گردش وجه نقد قرار دارد. آلمن [8] معتقد بود که نسبت‌های مالی به عنوان محصول نظام حسابداری می‌بایست به شاخص منحصر به فردی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌ها در ایالات متحده تبدیل شود. همچنین از نسبت‌های مالی می‌توان به عنوان داده‌های خام برای طراحی مدل‌های پیش‌بینی بازده آتی نیز استفاده کرد. در این پژوهش سعی بر آن است که تاثیر هر کدام از نسبت‌های مالی مستخرج از صورت‌های مالی به طور جداگانه بر روی تعیین سبد بهینه سهام بررسی شود و از این طریق محتوای اطلاعاتی صورت‌های مالی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در یک دسته‌بندی نسبت‌های مالی بر اساس صورت‌های مالی شامل نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای، نسبت‌های مالی صورت سود زیان، نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد و نسبت‌های مالی ترکیبی می‌باشد که تاثیر هر کدام از نسبت‌ها در تعیین سبد بهینه سهام بررسی می‌شود و از این طریق میزان محتوای اطلاعاتی هر یک از صورت‌های مالی بررسی می‌شود. نسبت‌های مالی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای: نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای نسبت‌های مالی هستند که با استفاده از تنها اقلام مندرج در ترازنامه به دست می‌آیند. این نسبت‌ها شامل نسبت جاری، نسبت آتی، نسبت نقدینگی مطلق، نسبت کل بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام، نسبت کل دارایی‌ها به کل بدهی‌ها، نسبت سرمایه در گردش، نسبت مالکانه، نسبت دارایی ثابت به دارایی جاری، نسبت بدهی‌ها به دارایی‌ها می‌باشد.
۲. نسبت‌های مالی صورت سود و زیان: نسبت‌های مالی صورت سود و زیان نسبت‌های مالی هستند که با استفاده از اقلام مندرج در صورت سود و زیان محاسبه می‌شوند. این نسبت‌ها شامل نسبت پوشش بهره یا توان پرداخت بهره، سود ناخالص به فروش، سود خالص به فروش و حاشیه سود می‌باشد.
۳. نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد: نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد نسبت‌های مالی هستند که با استفاده از اقلام مندرج در صورت گردش وجه نقد که بر مبنای نقدی می‌باشد، محاسبه می‌شوند. این نسبت‌ها شامل نسبت تحویل سرمایه (مخارج سرمایه‌ای)، نسبت سرمایه‌گذاری به تامین مالی، بازده نقدی دارایی‌ها، بازده نقدی حقوق صاحبان سهام، پوشش نقدی هزینه تامین مالی، کیفیت نقدی سود، کیفیت فروش، دوره تبدیل وجه نقد، شاخص کارایی تبدیل وجه نقد، شاخص فراگیر نقدینگی و شاخص مانده نقدی خالص هستند.
۴. سایر نسبت‌های مالی (ترکیبی): نسبت‌های مالی ترکیبی نسبت‌های مالی هستند که با استفاده از اقلام مندرج در بیش از یک صورت مالی محاسبه می‌شوند که شامل نسبت فروش به کل دارایی‌ها، نسبت گردش حساب‌های دریافتی، نرخ بازده حقوق صاحبان سهام، نرخ بازده سرمایه‌گذاری، نسبت گردش موجودی کالا می‌باشند.

با توجه به مطالب فوق تاکنون خلا موجود در ادبیات انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از دو مولفه تبیین گردید: ۱- تکنیک‌های مورد استفاده شامل خوشه‌بندی دی‌بی‌اسکن و ماشین بردار پشتیبان و تحلیل پوششی داده‌ها و ۲- نسبت‌های مالی شامل نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای، نسبت‌های مالی صورت سود زیان، نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد، نسبت‌های مالی ترکیبی. بر اساس مطالب مطرح شده حوزه فوق مساله اصلی پژوهش عبارت است از این که آیا می‌توان با استفاده از ترکیب روش‌های دی‌بی‌اسکن، ماشین بردار پشتیبان و تحلیل پوششی داده‌ها و بکارگیری سلسله مراتبی نسبت‌های مالی (ترازنامه‌ای، صورت سود زیان، صورت گردش وجه نقد و ترکیبی) به یک مدل جامع انتخاب سبد بهینه سهام دست یافت؟

۲-۱- پیشینه تجربی

تارنود و لئو [9]، در پژوهشی با عنوان "تجزیه تحلیل سبد سهام با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها" به بررسی کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در رتبه‌بندی سهام و تهیه پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار نیویورک پرداختند. در این پژوهش برای تعیین کارایی از تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد BCC^۱ که ورودی محور می‌باشد، استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد اندازه‌گیری کارایی تکنیکی و رتبه‌بندی سبد سهام برای نمونه انتخاب شده، منجر به یک نسبت ریسک به بازده استاندارد می‌شود که نسبت به پژوهش انجام شده توسط کوک و همکاران [10] پرتفوی بهینه‌تری را ارائه می‌دهد.

^۱ Banke, Charnes, Cooper

گوپتا و همکاران [11]، با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک مدل کاملی جهت تشکیل پرتفو ارایه نمودند. آنان ابتدا سه کلاس بازدهی بالا، نقدشوندگی بالا و ریسک پایین را تعریف نمودند که این کلاس‌ها با استفاده از پرسشنامه و برای هر سرمایه‌گذار بر اساس ترجیحات ذهنی خودش می‌باشد. سپس با اجرای ماشین بردار پشتیبان به تشکیل سبد سرمایه با تابع هدف چندگانه پرداختند. آنان برای حل این تابع هدف چندگانه از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند.

پاتاری و همکاران [12]، در پژوهشی با عنوان "بهبود عملکرد سبد سهام با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها" کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها را در تعیین پرتفوی بهینه از سهام غیرمالي شرکت‌های فنلاندی با استفاده از داده سال‌های ۱۹۹۴-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن بود که مدل DEA^1 می‌تواند پرتفوی با ارزش و برتر را در بازار تعیین کند. همچنین تفاوت معناداری بین عملکرد پرتفوی انتخابی و متوسط بازده بازار سهام وجود داشت. آن‌ها بیان کردند که این مدل زمانی کاربردی‌تر است که تعداد شرکت‌های نمونه زیاد بوده و مدیریت کاربردی سبد سهام نیز مدنظر باشد.

خواجه‌وی و همکاران [13]، در پژوهشی با عنوان "تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مکملی برای تحلیل سنتی نسبت‌های مالی" به بررسی کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین پرتفوی از کاراترین شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. هدف از پژوهش حاضر معرفی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان روشی مکمل برای تحلیل سنتی نسبت‌های مالی است. یکی از محدودیت‌های تحلیل سنتی این است که هر گروه از نسبت‌ها تنها یک بعد از ابعاد مالی را نشان می‌دهند و در تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی به سهولت نمی‌توان نتایج تحلیل گروه‌های متفاوت نسبت‌های مالی را با هم جمع کرد و در مورد کلیت صورت‌های مالی نظر داد. این پژوهش برای رفع این مشکل، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها را پیشنهاد کرد و در این راستا صورت‌های مالی ۲۶۷ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را برای دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۸۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. نسبت‌ها و داده‌های مالی، ۴ ورودی و ۷ خروجی مدل پوششی BCC ورودی محور تکنیک مذکور را تشکیل دادند. اجرای مدل مذکور نشان داد که در میان ۲۶۷ شرکت مورد بررسی ۳۲ شرکت دارای کارایی نسبی و ۲۳۵ شرکت ناکارا هستند. در واقع این تکنیک نسبت‌ها و داده‌های مالی مختلف را به یک معیار واحد و قابل مقایسه به نام «کارایی» تبدیل کرد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند مکمل خوبی برای تحلیل سنتی صورت‌های مالی با استفاده از نسبت‌های مالی باشد.

گودیلین و همکاران [14]، در پژوهشی با عنوان "ماشین بردار پشتیبان در تصمیمات سبد سهام" به روش‌های اصلی ماشین بردار پشتیبان که در حال حاضر در تصمیم‌گیری سبد سهام مورد استفاده قرار می‌گیرد، پرداخته است و به‌طور خاص، کاربردهای یادگیری ماشین را در استراتژی‌های معاملاتی سیستماتیک، بهینه‌سازی وزن سبد سهام، استراتژی‌های سرمایه‌گذاری بتا و غیرفعال هوشمند، تحلیل متنی و اجرای معاملات دسته‌بندی و تجزیه و تحلیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- روش پژوهش

در این تحقیق با استفاده از نسبت‌های مالی به دست آمده از صورت‌های مالی مجموعه داده آموزشی شکل گرفته است. سپس با استفاده از مقادیر به دست آمده از بازده، ریسک، نقدشوندگی و بازده انتظاری برای هر سهم و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به دسته‌بندی سهام‌ها پرداخته شده است. با این معیار که واحدهای کارا در دسته خوب و واحدهای ناکارا در دسته بد جای می‌گیرند. پس از آن جهت حذف مشاهدات اضافی از تکنیک خوشه‌بندی دی‌بی‌اسکن استفاده شده است و از بین خوشه‌های هر دسته، خوشه‌ای که دارای حجم حداکثری داده‌ها بوده است انتخاب شده است. بدین ترتیب داده‌های اضافی حذف شده سپس مدل توسط ماشین بردار پشتیبان حل شده است. پس از این مرحله داده‌های دسته‌بندی نشده را جهت پیش‌بینی دسته وارد ماشین بردار پشتیبان می‌شود. با تعیین مشخصات ابرصفحه‌ها فاصله اقلیدسی این داده‌ها از ابرصفحه‌ها اندازه گرفته شده است و نهایتاً بر اساس این فاصله‌ها سهام‌های دسته‌بندی شده رتبه‌بندی شده است و در آخر با تشکیل سبد سرمایه‌های مبتنی بر رویکرد ارایه شده پرتفوی با بهترین عملکرد را به عنوان پرتفوی انتخاب شده برای سال بعد معرفی گردیده است. داده‌های لازم از طریق صورت‌های مالی حسابرسی شده و

¹ Data Envelopment Analysis

نرم افزار ره آورد نوین گردآوری شده است. در راستای برآورد نتایج پس از آماده سازی داده ها در اکسل ۲۰۱۷، با استفاده از نرم افزار متلب ۲۲ تجزیه و تحلیل انجام شده است. جامعه آماری شامل تمام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال های ۱۳۹۱ الی ۱۴۰۱ است و برای تهیه سبد سهام برای سال پیش بینی (سال ۱۴۰۲) است.

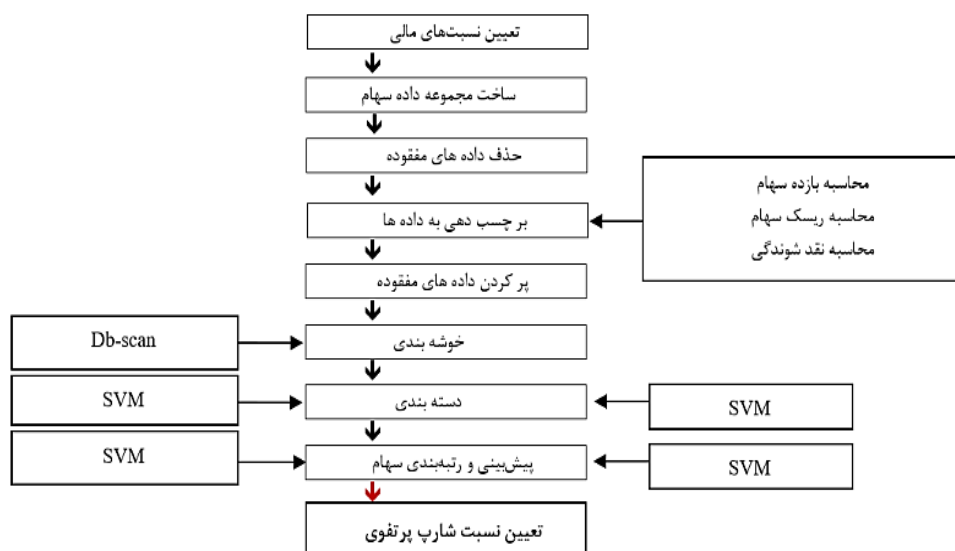
با توجه به این که مدل پژوهش دارای ۵ متغیر ورودی و ۴ متغیر خروجی است، حداقل تعداد سهام مورد نیاز ۲۷ سهم می باشد. حال پس از مشخص شدن تعداد سهام مورد نیاز برای حل مدل، از بین صنایع مختلف در بورس اوراق بهادار تهران صنعت مواد دارویی انتخاب گردید. ضمناً باید به این نکته که متغیرهای ورودی مدل BCC نامنفی باشد، توجه گردد. به همین دلیل آن دسته از سهامی که دارای ورودی منفی بوده است، به همراه سهامی که اطلاعات کامل آن ها در سال ۱۴۰۱ در دسترس نبوده یا از بورس اوراق بهادار حذف گردیده است و از دامنه ی سهامی انتخابی کنار گذاشته شده اند که در نهایت ۲۷ سهم باقی مانده اند. اطلاعات مربوط به ۲۷ شرکت دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است.

۳-۱- مراحل اجرای پژوهش

نسبت های مالی پژوهش حاضر بر اساس صورت های مالی به چهار دسته نسبت های مالی ترازنامه ای، نسبت های مالی صورت سود و زیان، نسبت های مالی صورت گردش وجه نقد و نسبت های مالی ترکیبی طبقه بندی می شوند. سپس با استفاده از مقادیر به دست آمده از بازده، ریسک، نقدشوندگی برای هر سهم و تکنیک تحلیل پوششی داده ها به دسته بندی سهام ها به سهام های کارا و ناکارا پرداخته شده است. پس از این حذف داده های پرت به روش خوشه بندی دی بی اسکرن، داده های دسته بندی نشده را جهت پیش بینی دسته وارد ماشین بردار پشتیبان می شود. با توجه به این که نسبت های مالی به چهار طبقه تقسیم می شوند و انتخاب سبد بهینه سهام با هر یک از طبقه های نسبت های مالی با سه رویکرد بازده و ریسک و نقدشوندگی مدل مارکوییتز مورد ارزیابی قرار می گیرد؛ بنابراین، چهار پرتفوی بهینه به دست می آید که شامل:

۱. سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل نسبت های مالی ترازنامه ای و متغیر ریسک و بازده و نقد شونددگی.
۲. سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل نسبت های مالی صورت سود و زیان و متغیر ریسک و بازده و نقد شونددگی.
۳. سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل نسبت های مالی صورت گردش وجه نقد و متغیر ریسک و بازده و نقد شونددگی.
۴. سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل نسبت های مالی ترکیبی و متغیر ریسک و بازده و نقد شونددگی.

با استفاده از معیار شارپ هر یک از این پرتفوی ها با هم مقایسه و از طریق مقایسه آن ها تجزیه و تحلیل های محتوای اطلاعات هر یک از صورت های مالی مورد بحث قرار گرفته است. در این قسمت به دلیل دادن دید مناسب از مدل ارایه شده تصویر نقشه ای از کل مدل و مراحل پیاده سازی آن در بورس اوراق بهادار تهران نشان داده می شود. جهت پیاده سازی مدل دو مرحله ی کلی وجود دارد. در مرحله ی اول داده ها آماده سازی شده و در مرحله دوم مدل حل شده است.



شکل ۱- تحلیل سهام: آماده‌سازی داده‌ها، یادگیری ماشین، معیارهای مالی.
Figure 1- Stock analysis: Data prep, ML, financial metrics.

۳-۲- معیارهای استفاده‌شده در پژوهش

معیارهای استفاده‌شده در مدل، در چهار دسته نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای، نسبت‌های مالی صورت سود و زیان، نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد و نسبت‌های مالی ترکیبی خلاصه می‌شوند. سپس با استفاده از مقادیر به‌دست آمده از بازده، ریسک، نقدشوندگی و بازده انتظاری برای هر سهم و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به دسته‌بندی سهام به سهام کارا و ناکارا پرداخته شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی نسبت‌های مالی.

Table 1- Classification of financial ratios.

عنوان نسبت‌های مالی	نحوه محاسبه و پیشنه استفاده	طبقه‌بندی
نسبت جاری	دارایی‌های جاری تقسیم بر بدهی‌های جاری [14]	نسبت‌های مالی
نسبت آنی	دارایی‌های آنی تقسیم بر بدهی‌های جاری [15]	ترازنامه‌ای
نسبت نقدینگی مطلق	وجه نقد و معادل آن تقسیم بر بدهی‌های جاری [15]	
نسبت کل بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام	کل بدهی‌ها تقسیم بر حقوق صاحبان سهام [15]	
نسبت کل دارایی‌ها به کل بدهی‌ها	از تقسیم کل دارایی‌ها به کل بدهی‌ها به‌دست می‌آید [16].	
نسبت مالکانه	تفاوت دارایی‌های جاری و بدهی‌های جاری [16]	
نسبت بدهی‌ها به دارایی‌ها	حقوق صاحبان سهام تقسیم بر کل دارایی‌ها [17]	
نسبت دارایی ثابت به دارایی جاری	دارایی‌های ثابت تقسیم بر دارایی‌های جاری [17]	
نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها	از تقسیم کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها به‌دست می‌آید [14].	
نسبت‌های مالی صورت سود ناخالص به فروش	از تقسیم سود ناخالص به فروش به‌دست می‌آید [18].	نسبت‌های مالی صورت سود زیان
نسبت سود خالص به فروش	از تقسیم سود خالص به فروش به‌دست می‌آید [18].	
نسبت پوشش بهره	سود قبل از کسر بهره مالیات تقسیم بر هزینه بهره [16]	
حاشیه سود	سود قبل از کسر مالیات بر فروش [16]	
سود هر سهم	سود خالص بر تعداد سهام عادی [6]	
درجه اهرم عملیاتی	درصد تغییر در سود عملیاتی بر درصد تغییر فروش [6]	

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

طبقه‌بندی	عنوان نسبت‌های مالی	نحوه محاسبه و پیشنهاد استفاده
نسبت‌های مالی صورت‌گردش وجه	نسبت تحویل سرمایه (مخارج سرمایه‌ای)	سود سهام پرداخت‌شده تقسیم بر وجه نقد حاصل از عملیات [17]
	نسبت سرمایه‌گذاری‌گذاری به تامین مالی	وجه نقد پرداخت شده جهت تحویل دارایی‌های سرمایه‌ای [18]
	بازده نقدی دارایی‌ها	جریان‌های نقدی ناشی از فعالیت‌های سرمایه‌گذاری تقسیم بر جریان‌های نقدی ناشی از فعالیت‌های تامین مالی [17]
	بازده نقدی حقوق صاحبان سهام	وجه نقد حاصل از عملیات به جمع دارایی‌ها [17]
	پوشش نقدی هزینه تامین مالی	وجه نقد حاصل از عملیات به جمع حقوق صاحبان سهام [14]
	کیفیت نقدی سود	وجه نقد حاصل از عملیات به هزینه بهره [14]
	کیفیت فروش	وجه نقد حاصل از عملیات به سود نقدی سهام [14]
	دوره تبدیل وجه نقد	عبارت است از وجه نقد حاصل از عملیات به فروش [18]
	شاخص کارایی تبدیل وجه نقد	شاخص مانده نقدی خالص [17]
	شاخص مانده نقدی خالص	شاخص دوره تبدیل وجه نقد [17]
نسبت‌های ترکیبی	فروش به کل دارایی‌ها	فروش تقسیم بر جمع دارایی‌ها [6]
	گردش حساب‌های دریافتی	فروش تقسیم بر حسابهای دریافتی [19]
	نرخ بازده حقوق صاحبان سهام	سود قبل از کسر مالیات تقسیم بر دارایی‌ها [17]
	نرخ بازده سرمایه‌گذاری	سود قبل از کسر مالیات تقسیم بر دارایی‌ها [16]
	گردش موجودی کالا	بهای تمام شده کالای فروش رفته به موجودی کالا [16]
	نسبت جریان نقد عملیاتی به کل بدهی	جریان نقد عملیاتی تقسیم بر کل بدهی [15]
	جریان نقد عملیاتی به بدهی بلند مدت	جریان نقد عملیاتی تقسیم بر بدهی بلندمدت [20]
	جریان نقد عملیاتی به بدهی جاری	جریان نقد عملیاتی تقسیم بر بدهی جاری [20]

۳-۳- تحلیل پوششی داده‌ها (محاسبه کارایی سهام با روش DEA)

برای محاسبه کارایی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران جدولی تهیه شد که در آن مطالعات مربوط به هر یک از نسبت‌ها با توجه به ماهیت آن‌ها به‌عنوان ورودی و خروجی آورده شده‌اند. از میان این نسبت‌ها، نسبت‌هایی که بیش‌تر استفاده شدند و نیز در مجموعه پایگاه داده، داده مفقوده نداشتند و با توجه به ماهیت نسبت‌ها، تحت عنوان ورودی یا خروجی با هر یک از سه معیار گفته‌شده وارد مدل BCC ورودی محور شدند.

جدول ۲- مدل‌های کارایی سهام.

Table 2- Stock efficiency models.

مدل ۱: کارایی برحسب بازده ورودی‌ها: بتا، نسبت بدهی به ارزش ویژه، (با ضریب مثبت) نسبت جاری، مجموع گردش دارایی‌ها (با ضریب منفی) خروجی: میانگین بازده ماهانه در یک سال
مدل ۲: کارایی بر حسب ریسک ورودی‌ها: واریانس ماهانه تغییرات تا سال مورد نظر (ریسک هر سال) (با ضریب مثبت) خروجی‌ها: خالص EPS، سودخالص به فروش، بازده دارایی‌ها، سود قبل از کسر مالیات به بدهی جاری (همگی ضریب مثبت)
مدل ۳: کارایی برحسب نقدشوندگی ورودی‌ها: بتا، نسبت بدهی به ارزش ویژه، (با ضریب مثبت) نسبت جاری، مجموع گردش دارایی‌ها (با ضریب منفی) خروجی‌ها: مقدار رتبه نقدشوندگی، پس از اجرای کد DEA شرکت‌هایی که میزان کارایی آنان برای هرکدام از ردیف‌های بالا ۱ شد به آن‌ها اصطلاح کارا با نمره ۱ و به شرکت‌هایی که نمره کارایی آن‌ها کم‌تر از ۱ باشد اصطلاح ناکارا و نمره ۱- تخصیص داده شد.

۴-۴- دسته‌بندی به کمک تکنیک ماشین بردار پشتیبان

در این بخش برای مدل‌سازی پیش‌بینی کارایی و ناکارایی سهام در سه مدل معرفی شده، از رویکردهای ذکر شده و ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌شود. در مراحل قبلی، کارا و ناکارا بودن سهام در هر کدام از مدل‌های ذکر شده با عدد ۱ و ۰ مشخص گردید. در این مرحله پیش‌بینی برای هر یک از مدل‌های کارایی به‌طور جداگانه انجام می‌شود. به این صورت که با مدل‌سازی با روش ماشین بردار پشتیبان متغیرهای مربوط به هر کدام از چهار رویکرد (نسبت‌های ترازنامه‌ای-نسبت‌های صورت سودزبان-نسبت‌های صورت گردش وجه نقد-نسبت‌های ترکیبی) با داده‌های سال‌های داخل نمونه، به‌عنوان ورودی به مدل داده شده و کارایی هر مدل به‌عنوان خروجی یا متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. پس از مدل‌سازی با داده‌های متغیرهای ذکر شده مقادیر متغیر کارایی برای هر مدل مربوط به سال‌های خارج از نمونه به تفکیک و برای هر یک از سه مدل کارایی، پیش‌بینی می‌شود. پس از آن بردار کارایی در چهار رویکرد که مشخص شده و وضعیت کارایی هر مشاهده به‌عنوان یکی از وضعیت‌های مختلف هشت‌گانه گزارش شده است قرار می‌گیرد. در واقع با استفاده از روش ماشین‌بردار پشتیبان و با داده‌های آموزش، مدل‌سازی و پیش‌بینی انجام می‌شود و این پیش‌بینی در مقابل داده‌های خارج از نمونه تست شده است. بر اساس دقت پیش‌بینی رویکردهای مورد نظر مقایسه می‌شوند. اطلاعات این مقایسه در شکل ۲ ارائه شده است. پس از آن سهام‌هایی که در گروه‌های ۱، ۵، ۲ و ۳ قرار می‌گیرند، بر اساس دقت احتمال پیش‌بینی، سبدهای را تشکیل خواهند داد که بازدهی آن به‌عنوان معیار تصمیم‌گیری و انتخاب مدل در نظر گرفته می‌شود.

۴-۵- دسته‌بندی با روش مارکوویتز

در این بخش برای مدل‌سازی پیش‌بینی کارایی و ناکارایی سهام در سه مدل معرفی شده، از رویکردهای ذکر شده و ماشین‌بردار پشتیبان استفاده می‌شود. در مراحل قبلی، کارا و ناکارا بودن سهام در هر کدام از مدل‌های ذکر شده با عدد ۱ و ۰ مشخص گردید. در این بخش پیش‌بینی برای هر یک از مدل‌های کارایی به‌طور جداگانه انجام می‌شود. به این صورت که با مدل‌سازی مارکوویتز متغیرهای مربوط به هر کدام از چهار رویکرد (نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای، نسبت‌های مالی صورت سود و زیان، نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد و نسبت‌های مالی ترکیبی) با داده‌های سال‌های داخل نمونه، به‌عنوان ورودی به مدل داده شده و کارایی هر مدل عنوان خروجی یا متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. پس از مدل‌سازی با داده‌های متغیرهای ذکر شده مقادیر متغیر کارایی برای هر مدل مربوط به سال‌های خارج از نمونه به تفکیک و برای هر یک از سه مدل کارایی، پیش‌بینی می‌شود. پس از آن بردار کارایی در چهار رویکرد که مشخص شده و وضعیت کارایی هر مشاهده به‌عنوان یکی از وضعیت‌های مختلف چهارگانه که گزارش شده است قرار می‌گیرد. در واقع با استفاده از روش مارکوویتز پیش‌بینی انجام می‌شود و این پیش‌بینی در مقابل داده‌های خارج از نمونه تست خواهد شد. بر اساس دقت پیش‌بینی رویکردهای مورد نظر مقایسه می‌شوند. پس از آن سهامی که در گروه‌های ۱، ۵، ۲ و ۳ قرار می‌گیرند بر اساس دقت احتمال پیش‌بینی، سبدهای را تشکیل خواهند داد که بازدهی آن به‌عنوان معیار تصمیم‌گیری و انتخاب مدل در نظر گرفته می‌شود.

۴-۶- ماشین بردار پشتیبان مبتنی بر رویکرد مدل مارکوویتز

برای دسته‌بندی داده‌های دسته‌بندی شده بر مبنای این رویکرد، دقیقاً روش پیشنهادی یکسانی می‌باشد. در این حالت نیز از ماشین بردار پشتیبان خطی سلسله‌مراتبی استفاده شده است و فاصله اقلیدسی با ابرصفحه جداکننده معیار رتبه‌بندی است. در واقع فرق این بخش با بخش قبلی در دو مورد است، اول در محتوای دسته‌بندی است و دوم این‌که به‌جای درخت سه سطحی یک درخت دو سطحی داریم. بقیه موارد در جهت اجرای ماشین بردار پشتیبان یکسان است. توضیح بیش‌تر این‌که ابتدا بر اساس بازده انتظاری به دو دسته دسته‌بندی می‌شوند و پس از آن بر اساس نقدشوندگی هر یک از دسته‌های مرحله قبل را به دو دسته تقسیم خواهند شد و پس از رتبه‌بندی سهام سبدهای سرمایه تشکیل می‌شود. پس از این مرحله داده‌های دسته‌بندی نشده را جهت پیش‌بینی دسته‌وارد ماشین‌بردار پشتیبان می‌شود. با توجه به این‌که نسبت‌های مالی به چهار طبقه تقسیم می‌شوند و انتخاب سبدهای سهام با هر یک از طبقه‌های نسبت‌های مالی با رویکرد بازده و ریسک و نقدشوندگی مدل مارکوویتز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ بنابراین، چهار پرتفوی بهینه به‌دست می‌آید که شامل:

۱. سبدهای سهام با استفاده از تحلیل نسبت‌های مالی ترازنامه‌ای و متغیر ریسک و بازده و نقدشوندگی
۲. سبدهای سهام با استفاده از تحلیل نسبت‌های مالی صورت سود و زیان و متغیر ریسک و بازده و نقدشوندگی
۳. سبدهای سهام با استفاده از تحلیل نسبت‌های مالی صورت گردش وجه نقد و متغیر ریسک و بازده و نقدشوندگی

۴. سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل نسبت‌های مالی ترکیبی و متغیر ریسک و بازده و نقدشوندگی

با استفاده از معیار شارپ هر یک از این پرتفوی‌ها با هم مقایسه و از طریق مقایسه آن‌ها تجزیه و تحلیل‌های محتوایی اطلاعات هر یک از صورت‌های مالی مورد بحث قرار گرفته است. در این قسمت به دلیل دادن دید مناسب از مدل ارائه شده تصویر نقشه‌ای از کل مدل و مراحل پیاده‌سازی آن در بورس اوراق بهادار تهران نشان داده می‌شود.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- حذف داده‌های زاید

جدول ۳- انواع مختلف سهام با وضعیت مختلف کارایی.

Table 3- Different types of stocks with different performance status.

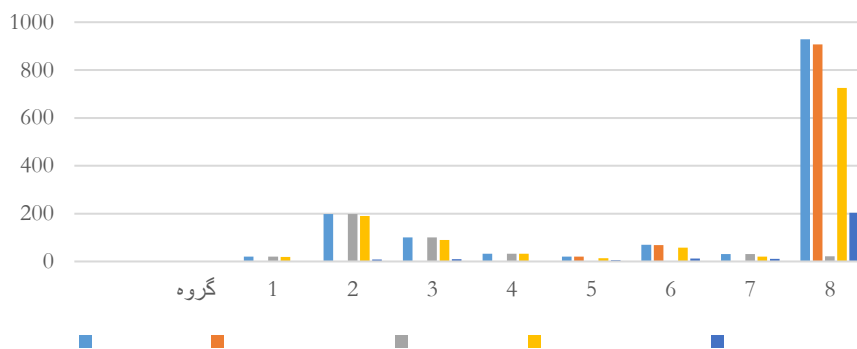
ردیف	3	2	1
8	0	0	0
7	1	0	1
6	0	0	1
5	0	1	0
4	0	1	1
3	1	0	0
2	1	1	0
1	1	1	1

مشاهداتی که در تخمین دسته کارایی توسط متغیرهای ورودی، پرت حساب شوند، از مدل حذف می‌شوند. داده‌های حذف شده در هر رویکرد به شرح زیر است:

جدول ۴- گزارش حذف داده‌های پرت برای رویکرد اول و دوم.

Table 4- Report of deletion of data for the first and second approaches.

گروه	تعداد	تعداد رویکرد اول		تعداد رویکرد دوم	
		پرت	صحیح	پرت	صحیح
1	20	0	20	19	1
2	198	0	198	190	8
3	100	0	100	90	10
4	33	0	33	33	0
5	20	20	0	14	6
6	70	69	1	58	12
7	31	0	31	20	11
8	928	907	21	725	203
جمع	1400	996	404	1149	251



شکل ۲- گزارش حذف داده‌های پرت برای رویکرد اول و دوم.

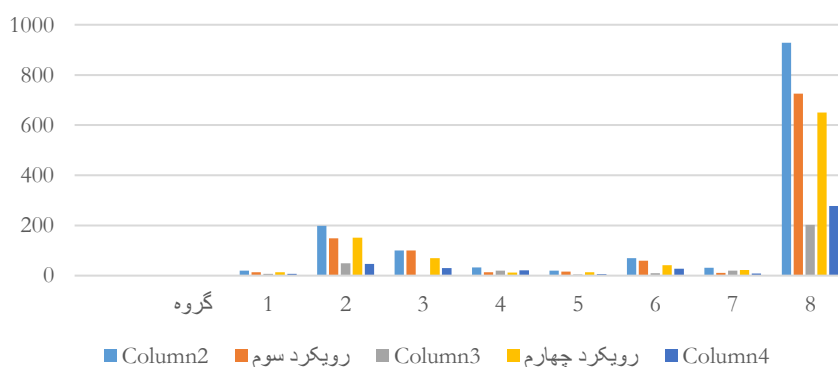
Figure 2- Report of deletion of data for the first and second approaches.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد خوشه‌بندی داده‌های پرت برای رویکرد اول مشاهدات در دو گروه صحیح و پرت تقسیم شده‌اند. از ۱۴۰۰ مشاهده، ۴۰۴ مشاهده، پرت به حساب آمده و سایر ۹۹۶ مشاهده دیگر به‌عنوان مشاهده صحیح درجه‌بندی شدند. کم‌ترین داده‌های پرت مربوط به گروه ۵ و ۶ بوده و در گروه ۱، ۲، ۳، ۴ و ۷ تمامی مشاهدات پرت شناسایی شده‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد خوشه‌بندی داده‌های پرت برای رویکرد دوم مشاهدات در دو گروه تقسیم شده‌اند. از ۱۲۶۲ مشاهده، ۲۵۱ پرت به حساب آمده و سایر ۱۱۴۹ مشاهده دیگر به‌عنوان مشاهده صحیح درجه‌بندی شدند. بیش‌ترین مشاهدات پرت در این رویکرد در گروه ۷ شناسایی شده و کم‌ترین آن در گروه ۱ و ۲ بوده است.

جدول ۵- گزارش حذف داده‌های پرت برای رویکرد سوم و چهارم.

Table 5- Report of deletion of data for the third and fourth approaches.

گروه	رویکرد سوم		رویکرد چهارم		تعداد
	پرت	صحیح	پرت	صحیح	
1	7	13	7	13	20
2	47	151	49	149	198
3	30	70	0	100	100
4	21	12	20	13	33
5	6	14	4	16	20
6	28	42	10	60	70
7	8	23	20	11	31
8	278	650	202	726	928
جمع	425	975	312	1088	1400



شکل ۳- گزارش حذف داده‌های پرت برای رویکرد سوم و چهارم.

Figure 3- Report of deletion of data for the third and fourth approaches.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد خوشه‌بندی داده‌های پرت برای رویکرد سوم مشاهدات در دو گروه تقسیم شده‌اند. از ۱۴۰۰ مشاهده، ۳۱۲ مشاهده، پرت به حساب آمده و سایر ۱۰۸۸ مشاهده دیگر به‌عنوان مشاهده صحیح درجه‌بندی شدند. بیش‌ترین داده‌های پرت در گروه ۷ و کم‌ترین آن مربوط

به گروه ۳ است. همچنین خوشه‌بندی داده‌های پرت برای رویکرد چهارم مشاهدات در دو گروه تقسیم شده‌اند. از ۱۴۰۰، ۴۲۵ مشاهده، پرت به حساب آمده و سایر ۹۷۵ مشاهده به‌عنوان مشاهده صحیح درجه‌بندی شدند. بیش‌ترین مشاهده پرت مربوط به گروه ۴ بوده است. اما کم‌ترین مشاهدات پرت در گروه ۲ مشاهده شده است.

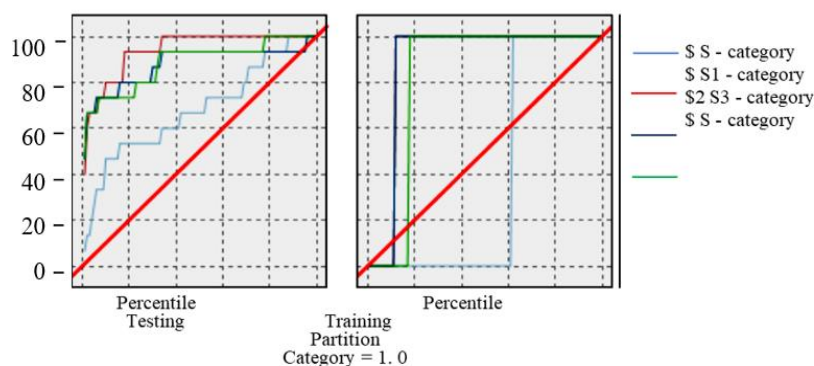
۲-۴- دسته‌بندی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان

جدول ۶- بررسی میزان دقت مدل ماشین بردار پشتیبان با چهار رویکرد پژوهش.

Table 6- Investigating the accuracy of support vector machine models with four research approaches.

Individual Models				
Comparing \$ S-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	425	%68	412	%72
Wrong	185	%32	160	%28
Total	620		572	
Comparing \$ S 1-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	483	%77	450	%79
Wrong	137	%23	119	%21
Total	620		569	
Comparing \$ S 2-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	510	%82	470	%83
Wrong	110	%18	95	%17
Total	620		565	
Comparing \$ S 3-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	517	%83	470	%84
Wrong	103	%17	89	%16
Total	620		559	

همان‌طور که خروجی ماتریس و اندازه مقادیر صحیح نشان می‌دهد، صحت دسته‌بندی در رویکرد چهارم بیش از سه رویکرد اول دوم و سوم است و به همین ترتیب رویکرد سوم صحت دسته‌بندی بیش از رویکرد دوم و اول و همچنین صحت دسته‌بندی برای رویکرد دوم بهتر از رویکرد اول است.



شکل ۴- سرعت تعدیل شاخص Gain برای دقت مدل‌های ماشین بردار پشتیبان با چهار رویکرد پژوهش.

Figure 4- Speed of gain index adjustment for accuracy of support vector machine models with four research approaches.

بر اساس شکل ۱، شاخص Gain نیز تایید کننده نتایج جدول است. صحت پیش‌بینی رویکرد چهارم سریع‌تر از رویکردهای پیشین به توضیح‌دهندگی کامل ۱۰۰% نزدیک می‌شود.

اوزان بهینه در ۴ مدل پیش‌بینی به همراه بازدهی به‌دست آمده از خرید این سهام به شرح جدول ۷ تا جدول ۱۰ است. پس از تشکیل پرتفوی با اوزان داده‌شده می‌توان بازده کل سبد سهام را در دوره موردنظر از طریق ضرب بازده هر سهم در وزن آن در سبد سهام موردنظر محاسبه و با بازده

پرتفوی بازار مقایسه نمود. سهام منتخب به همراه بازده سالانه آن‌ها و بازدهی که هر سهم برای سبد ایجاد می‌کند، در جدول ۷ تا جدول ۱۰ آمده است. بازده هر سبد برابر با جمع بازده‌های موزون کل سهام موجود در سبد خواهد بود.

جدول ۷- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد اول.
Table 7- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the first approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلگما	0.334	0.03948	0.74298	0.029333
2	دپارس	0.522	0.061702	0.23374	0.014422
3	شهران	0.44	0.052009	0.33539	0.017443
4	دکوثر	0.318	0.037589	0.08423	0.003166
5	د تمام	0.541	0.063948	1.21057	0.077414
6	دفارا	0.492	0.058156	-0.08995	-0.00523
7	ددام	0.529	0.06253	0.59347	0.037109
8	دشیمی	0.333	0.039362	0.38304	0.015077
9	و پخش	0.462	0.05461	0.89151	0.048685
10	دایور	0.334	0.03948	1.34037	0.052918
11	داسوه	0.412	0.0487	0.22156	0.01079
12	درازک	0.31	0.036643	0.43591	0.015973
13	دیران	0.504	0.059574	0.196690	0.011718
14	پخش	0.378	0.044681	0.32579	0.014557
15	سبحان	0.342	0.040426	0.29593	0.011963
16	دالبر	0.472	0.055792	0.71847	0.040085
17	دارو	0.391	0.046217	0.48957	0.029333
18	دکیمی	0.46	0.054374	0.69973	0.014422
19	د جابر	0.446	0.052719	0.42574	0.017443
20	دسینا	0.44	0.052009	0.23603	0.003166

جدول ۸- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد دوم.
Table 8- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the second approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال	بازده موزون
1	دلگما	0.471	0.031621	0.74298	0.023494
2	دپارس	0.988	0.066331	0.23374	0.015504
3	شهران	0.627	0.042095	0.33539	0.014118
4	دکوثر	0.998	0.067002	1.21057	0.081111
5	د تمام	0.857	0.057536	-0.08995	-0.00518
6	دفارا	0.911	0.061161	0.59347	0.036297
7	ددام	0.715	0.048003	1.53003	0.073446
8	دشیمی	0.489	0.03283	0.38304	0.012575
9	و پخش	0.956	0.064183	0.89151	0.057219
10	دایور	0.449	0.030144	1.34037	0.040405

جدول ۸- ادامه.

Table 8- Continued.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال	بازده موزون
11	داسوه	0.636	0.042699	0.22156	0.00946
12	درازک	0.434	0.029137	0.43591	0.012701
13	دیران	0.96	0.064451	0.19669	0.012677
14	پخش	0.662	0.044444	0.32579	0.01448
15	سبحان	0.524	0.03518	0.29593	0.010411
16	دالبر	0.98	0.065794	0.71847	0.047271
17	دارو	0.677	0.045451	0.48957	0.022252
18	د کیمی	0.875	0.058745	0.69973	0.041105
19	د جابر	0.818	0.054918	0.42574	0.023381
20	دسینا	0.868	0.058275	0.23603	0.013755

جدول ۹- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد سوم.

Table 9- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the third approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلتما	0.514	0.042876	0.23374	1.010022
2	دپارس	0.402	0.033534	0.33539	0.011247
3	شتهران	0.928	0.077411	1.21057	0.093711
4	دکوثر	0.76	0.063397	-0.08995	-0.0057
5	د تمام	0.412	0.034368	0.59347	0.020296
6	دفارا	0.68	0.056723	1.53003	0.086788
7	ددام	0.443	0.036954	0.38304	0.014155
8	دشیمی	0.928	0.077411	0.89151	0.069012
9	و پخش	0.548	0.045712	1.34037	0.061272
10	دابور	0.574	0.047881	0.22156	0.010609
11	داسوه	0.649	0.054137	0.43591	0.023599
12	درازک	0.627	0.052302	0.32579	0.01704
13	دیران	0.477	0.03979	0.29593	0.011775
14	پخش	0.955	0.079663	0.71847	0.057235
15	سبحان	0.637	0.053136	0.489857	0.026014
16	دالبر	0.836	0.069736	0.69973	0.048797
17	دارو	0.747	0.062313	0.42574	0.026529
18	د کیمی	0.871	0.072656	0.23603	0.017149

جدول ۱۰- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد چهارم.

Table 10- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the fourth approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلتما	0.514	0.042876	0.23374	1.010022
2	دپارس	0.402	0.033534	0.33539	0.011247
3	شتهران	0.928	0.077411	1.21057	0.093711

جدول ۱۰- ادامه.

Table 10- Continued.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
4	دکوثر	0.76	0.063397	-0.08995	-0.0057
5	د تمام	0.412	0.034368	0.59347	0.020296
6	دقارا	0.68	0.056723	1.53003	0.086788
7	ددام	0.443	0.036954	0.38304	0.014155
8	دشیمی	0.928	0.077411	0.89151	0.069012
9	دو پخش	0.548	0.045712	1.34037	0.061272
10	دابور	0.574	0.047881	0.22156	0.010609
11	داسوه	0.649	0.054137	0.43591	0.023599
12	درازک	0.627	0.052302	0.32579	0.01704
13	دیران	0.477	0.03979	0.29593	0.011775
14	دپخش	0.955	0.079663	0.71847	0.057235
15	دسبحان	0.637	0.053136	0.489857	0.026014
16	دالبر	0.836	0.069736	0.69973	0.048797
17	دارو	0.747	0.062313	0.42574	0.026529
18	دکیمی	0.871	0.072656	0.23603	0.017149

در راستای بررسی نتایج چهار رویکرد مختلف بر اساس دسته‌بندی ماشین بردار پشتیبان، بازده سبد هر رویکرد به همراه بازده بازار در جدول ۱۱ آمده است.

جدول ۱۱- بازده سبدهای مربوط به هر رویکرد به همراه بازده بازار.

Table 11- The return of the baskets associated with each approach along with the market return.

سبد	رویکرد اول	رویکرد دوم	رویکرد سوم	رویکرد چهارم	بازار
بازده	0.65012	0.68523	0.71203	0.81256	0.52369
ریسک	0.01225	0.03147	0.03452	0.04173	0.01154
شارپ	17.2543	19.1432	20.1746	26.5022	11.1975

همان‌طور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود شارپ تمامی سبدهای انتخاب‌شده نسبت به بازده بازار بیش‌تر است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شارپ سبدهای سهام به ترتیب با حرکت از سبد با رویکرد اول به سمت رویکرد چهارم افزایش می‌یابد. با لحاظ کردن نسبت‌های مالی تشکیل سبد سهام، بازده سبدهای تشکیل شده افزایش می‌یابد. به طوری که با استفاده از رویکرد چهارم (نسبت‌های ترکیبی) می‌توان پرتفوی با بالاترین بازده را تشکیل داد. به بیان دیگر استفاده هم‌زمان از تمامی معیارها منجر به تشکیل سبد سهام با بالاترین بازده می‌شود.

۳-۴- دسته‌بندی با روش مارکوویتز

جدول ۱۲- بررسی میزان دقت مدل مارکوویتز با چهار رویکرد پژوهش.

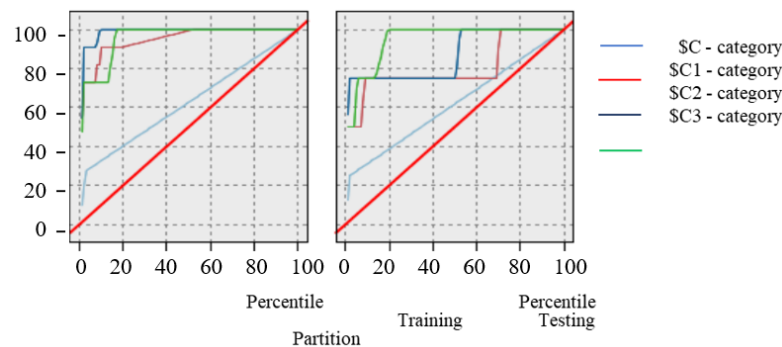
Table 12- Examining the accuracy of the markowitz model with four research approaches.

Individual Models				
Comparing \$C\$-category with category				
Partition	Testing	Training		
Correct	501	78%	450	74%
Wrong	34	22%	158	26%
Total	635		608	

جدول ۱۲- ادامه.
Table 12- Continued.

Comparing \$C 1-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	512	80%	460	75%
Wrong	123	20%	148	25%
Total	635		608	
Comparing \$C 2-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	550	86%	485	79%
Wrong	85	14%	123	21%
Total	635		608	
Comparing \$C3-category with category				
Partition	Testing		Training	
Correct	600	94%	500	82%
Wrong	35	6%	108	8%
Total	635		608	

همان طور که خروجی ماتریس درهم‌ریختگی نشان می‌دهد و مطابق با انتظار نظری، صحت دسته‌بندی در رویکرد چهارم بیش از همه رویکردهای اول دوم و سوم است و به همین ترتیب رویکرد سوم صحت دسته‌بندی بیش از رویکرد دوم و اول و همچنین صحت دسته‌بندی برای رویکرد دوم بهتر از رویکرد اول است.



شکل ۵- سرعت تعدیل شاخص Gain برای دقت مدل مارکویتز با چهار رویکرد پژوهش.

Figure 5- Speed of gain index adjustment for markowitz model accuracy with four research approaches.

در واقع وزن سهام از طریق تقسیم شاخص اهمیت مربوط به هر سهم بر جمع کل شاخص اهمیت تمامی سهام کارا، به دست می‌آید. اوزان بهینه در مدل پیش‌بینی به همراه بازدهی به دست آمده از خرید این سهام به شرح جدول ۱۵ تا جدول ۱۸ است. پس از تشکیل پرتفوی با وزن‌های داده‌شده می‌توان بازده کل سبد سهام را در دوره مورد نظر از طریق ضریب بازده هر سهم در وزن آن در سبد سهام مورد نظر محاسبه و با بازده پرتفوی بازار مقایسه نمود. سهام منتخب به همراه بازده سالانه آن‌ها و بازدهی که هر سهم برای سبد ایجاد می‌کند، در جدول ۱۳ تا جدول ۱۶ آمده است. بازده هر سبد برابر با جمع بازده‌های موزون کل سهام موجود در سبد خواهد بود. بازده سبد هر رویکرد به همراه بازده بازار در جدول ۱۷ آمده است.

جدول ۱۳- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد اول.

Table 13- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the first approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلگما	0.621	0.090909	0.335	0.030454545
2	دپارس	0.621	0.090909	1.211	1.10090909
3	شهران	0.621	0.090909	-0.09	0.00818182
4	دکوثر	0.621	0.090909	0.593	0.053909091
5	دتماد	0.621	0.090909	0.134	0.012181818
6	دقارا	0.621	0.090909	1.53	1.39090909
7	ددام	0.621	0.090909	0.222	0.020181818
8	دشیمی	0.621	0.090909	-0.192	0.01745455

جدول ۱۳- ادامه.

Table 13- Continued.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
9	و پخش	0.621	0.090909	1.658	1.50727273
10	دابور	0.621	0.090909	0.197	0.017909091
11	داسوه	0.621	0.090909	0.217	0.019727273
	جمع	6.831			0.528636364

جدول ۱۴- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد دوم.

Table 14- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the second approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلتما	0.95	0.052579	0.234	0.0123035
2	دپارس	0.957	0.052967	0.335	0.0177438
3	شتهران	1.0	0.055346	1.211	0.0670246
4	دکوثر	0.667	0.036916	-0.09	-0.003322
5	دتماد	0.957	0.052967	0.593	0.0314092
6	دفارار	0.8	0.044277	0.134	0.0059331
7	ددام	1.0	0.055346	1.53	0.0846801
8	دشیمی	0.98	0.05424	0.829	0.0483817
9	و پخش	0.95	0.252579	1.34	0.0704561
10	دابور	1.0	0.055346	1.222	0.0122869
11	داسوه	0.98	0.05424	1.098	0.059555
12	درازک	1.0	0.055346	-0.192	0.010627-
13	دیران	0.957	0.052967	0.197	0.0104344
14	پخش	0.95	0.052579	0.236	0.0171408
15	سبحان	0.98	0.05424	0.718	0.038944
16	دالبر	1.0	0.055346	0.59	0.0326544
17	دارو	0.98	0.05424	0.7	0.0379677
18	دکیمی	0.98	0.05424	0.426	0.023106
19	دجابر	0.98	0.05424	0.236	0.0128005
	جمع	18.068			0.5688729

جدول ۱۵- وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد سوم.

Table 15- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the third approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	ایران خودرو	0.781	0.033798	0.234	0.00790869
2	دلتما	0.955	0.041328	0.335	0.013844772
3	دپارس	1.0	0.043275	1.211	0.052406093
4	شتهران	0.667	0.028864	-0.09	-0.0025978
5	دکوثر	0.955	0.041328	0.593	0.024507313
6	دتماد	0.793	0.034317	0.134	0.004598494

جدول ۱۵ - ادامه.

Table 15- Continued.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
7	دفارا	0.667	0.028864	0.595	0.017174355
8	ددام	1.0	0.043275	1.53	0.066210836
9	دشیمی	1.0	0.043275	0.487	0.021074952
10	و پخش	1.0	0.043275	0.383	0.016574347
11	دابور	0.962	0.041631	0.892	0.037134499
12	داسوه	0.781	0.033798	1.34	0.045289077
13	درازک	1.0	0.043275	0.222	0.009607062
14	دیران	0.962	0.041631	1.098	0.045710403
15	پخش	0.667	0.028864	-0.192	0.00554198-
16	سبحان	0.667	0.028864	0.629	0.018155747
17	دالبر	0.955	0.041328	0.197	0.00841553
18	دارو	0.781	0.033798	0.326	0.011018089
19	د کیمی	0.667	0.028864	1.234	0.035618747
20	د جابر	0.962	0.041631	0.718	0.029890774
21	د سینا	1.0	0.043275	0.59	0.025532283
22	دلر	1.0	0.043275	-0.261	-0.01129479
23	دامین	0.962	0.041631	0.7	0.029141423
24	دروز	1.0	0.043275	0.422	0.018262074
25	دعبید	0.962	0.041631	0.426	0.017734637
26	دزهرای	0.962	0.041631	0.236	0.009824823
	جمع	23.108			0.545926476

جدول ۱۶ - وزن و بازده و بازده موزون هر سهم در ترکیب بهینه سبد با رویکرد چهارم.

Table 16- Weight and return and weighted return per share in the optimal composition of the basket with the fourth approach.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
1	دلما	0.833	0.04442	0.743	0.033003733
2	دپارس	0.927	0.049432	0.234	0.011567109
3	دشهران	1	0.053325	0.335	0.017863808
4	دکوثر	1	0.053325	1.211	0.064576334
5	د تمام	1	0.053325	-0.09	-0.00479923
6	دفارا	1	0.053325	0.593	0.031621607
7	ددام	0.5	0.26662	0.134	0.003572762
8	دشیمی	0.5	0.26662	1.53	0.040793473
9	و پخش	1.0	0.053325	0.487	0.025969178
10	دابور	0.927	0.49432	0.892	0.044093425
11	داسوه	1.0	0.053325	0.222	0.011838106
12	درازک	0.857	0.45699	1.098	0.050177892
13	دیران	1.0	0.053325	-0.192	-0.01023836
14	پخش	0.857	0.45699	0.436	0.019924919
15	سبحان	1.0	0.053325	0.197	0.010504986
16	دالبر	0.927	0.49432	0.326	0.016114862

جدول ۱۶ - ادامه.

Table 16- Continued.

ردیف	نماد	ضریب	وزن سهم	بازده سال سهم	بازده موزون
17	دارو	0.857	0.45699	0.718	0.032812137
18	د کیمی	0.927	0.49432	0.49	0.024221725
19	د جابر	0.927	0.49432	0.7	0.034602464
20	د سینا	0.857	0.45699	0.426	0.019467925
21	دلر	0.857	0.45699	0.236	0.010785048
جمع		18.753			0.488473898

در راستای بررسی نتایج چهار رویکرد مختلف بر اساس دسته‌بندی مارکوویتز، بازده سبد هر رویکرد به همراه بازده بازار در سه دوره زمانی مختلف در جدول ۱۷ آمده است.

جدول ۱۷ - بازده سبدهای مربوط به هر رویکرد به همراه بازده بازار.

Table 17- Returns of the baskets associated with each approach along with the market return.

سبد	رویکرد اول	رویکرد دوم	رویکرد سوم	رویکرد چهارم	بازار
بازده	0.6589	0.7145	0.7214	0.6413	0.4215
ریسک	0.0441	0.0423	0.023	0.0312	0.0211
شارپ	11.1123	11.6325	11.759	21.5689	9.1158

همان‌طور که در جدول ۱۷ مشاهده می‌شود شارپ تمامی سبدهای انتخاب‌شده نسبت به بازده بازار بیشتر است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شارپ سبدهای سهام به ترتیب با حرکت از سبد با رویکرد اول به سمت رویکرد چهارم افزایش می‌یابد. با لحاظ کردن معیارهای بعدی بازده سبدهای تشکیل‌شده افزایش می‌یابد. به طوری که با استفاده از رویکرد چهارم (استفاده از تمامی معیارها) می‌توان پرتفوی با بالاترین بازده را تشکیل داد. به بیان دیگر استفاده هم‌زمان از تمامی معیارها منجر به تشکیل سبد سهام با بالاترین بازده می‌شود.

نتایج ارایه‌شده تا کنون به تفکیک مدل‌های مبتنی بر هر روش می‌باشد. در این بخش نتایج را هم در چارچوب رویکردها و هم براساس روش‌ها با یکدیگر مقایسه می‌کنیم.

جدول ۱۸ - مقایسه سبدهای سهام تهیه‌شده با استفاده از شارپ.

Table 18- Comparison of stock portfolios prepared using Sharpe.

سبد	رویکرد اول	رویکرد دوم	رویکرد سوم	رویکرد چهارم
ماشین بردار پشتیبان	17.2543	19.1432	20.1746	26.5022
مارکوویتز	11.1123	13.6325	14.4759	21.5689

بر اساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۱۸، بالاترین شارپ به‌دست آمده عدد ۲۶/۵۰۲۲، مربوط به مدل مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان و رویکرد چهارم می‌باشد. پس از این سبد سهام، بالاترین شارپ، عدد ۲۱/۵۶۸۹ و مربوط به مدل مبتنی بر مارکوویتز و رویکرد چهارم است. بر اساس نتایج جدول ۱۸، روش بردار پشتیبان و رویکرد چهارم که شامل مدل ترکیبی است، در بهینه‌سازی سبد سهام عملکرد بهتری داشته است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

موضوع انتخاب سبد سهام بهینه، همواره از مهم‌ترین مباحث اقتصاد مدرن بوده است. هم‌روزه تلاش‌های بسیاری به‌منظور بهبود روش‌های تجزیه‌وتحلیل و همچنین بررسی سهام در بازارهای مالی صورت می‌گیرد. تلاش در راستای روش‌های تجزیه‌وتحلیل سهام، منجر به پدید آمدن روش‌های نوینی شده است که در کنار روش‌های پیشین درصدد یافتن پاسخی برای میل به حداکثرسازی سود سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی

می‌باشد. تمام روش‌های موجود در حوزه بنیادین بر دو مولفه تاکید داشته‌اند: روش‌های بهینه‌سازی و متغیرهای به کار گرفته شده. در این راستا در پژوهش حاضر از یک دسته‌بندی متفاوت از متغیرهای کاربردی و در کنار آن روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی با رویکرد کاهش ابعاد استفاده گردید. بر این اساس، برای تشکیل سبد سهام از چهار رویکرد استفاده شد. در مدل ارایه شده در این پژوهش بر مبنای تحلیل بنیادی به تشکیل سبد سرمایه پرداخته شده است. یعنی علاوه بر توجه به معیارهایی مانند بازده و ریسک، عملکرد مالی شرکت‌ها در طی سالیان گذشته نیز جهت بهینه‌سازی سبد سرمایه استفاده شده است. این مدل با استفاده از ماشین بردار پشتیبان منطق ریاضی آن را مدنظر قرار داده است. بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۱۸، بالاترین شارپ به دست آمده عدد $۰.۲۲ / ۵ / ۲۶$ ، مربوط به مدل مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان و رویکرد چهارم می‌باشد. پس از این سبد سهام، بالاترین شارپ، عدد $۲۱ / ۵۶۸۹$ و مربوط به مدل مبتنی بر مارکویتز و رویکرد چهارم است؛ بنابراین، روش ماشین بردار پشتیبان و رویکرد چهارم که شامل مدل ترکیبی است، در بهینه‌سازی سبد سهام عملکرد بهتری داشته است. بر اساس مدل ترکیبی مارکویتز و نتایج به دست آمده در پژوهش پیشنهادهایی به شرح زیر ارایه می‌شود:

۱. از آن‌جا که ترکیب روش‌های خوشه‌بندی، تحلیل پوششی داده‌ها و ماشین بردار پشتیبان منجر به ایجاد پرتفوی بهینه شده است، به سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی پیشنهاد می‌گردد در کنار روش‌های دیگر، استفاده از روش‌های فوق با رویکرد کاهش ابعاد را مدنظر قرار دهند.
۲. به تحلیل‌گران و مدیران و کارگزاری‌های فعال در حوزه بازار سرمایه پیشنهاد می‌شود، در دوره‌های آموزشی که استفاده از روش‌های ترکیبی استفاده شده در این پژوهش را ارایه می‌دهند شرکت کرده و استفاده از روش‌های کاربردی جدید را همواره مدنظر قرار دهند.
۳. با توجه به نتایج جدول ۱۸ از آن‌جا که نسبت‌های مالی ترکیبی توانست منجر به افزایش بازده سبد سهام تهیه‌شده شود، به تحلیل‌گران پیشنهاد می‌شود در تجزیه و تحلیل بنیادین خود به این دسته نسبت‌های مالی توجه کرده و محتوای اطلاعاتی که منجر به محاسبه نسبت‌های مالی ترکیبی می‌شود مدنظر قرار دهند.
۴. انجام پژوهش حاضر و اجرای مدل در سایر صنایع.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از سردبیر و داوران محترم مجله در ارزیابی مقاله قدردانی و تشکر می‌کند.

تعارض با منافع

تعارض با منافع، گزاره‌ای است که نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد. همه نویسندگان، نسخه نهایی ارسال شده را مشاهده و تایید کرده‌اند. نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، قبلاً چاپ نشده، و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

منابع

- [1] Halkos, G. E., & Salamouris, D. S. (2004). Efficiency measurement of the Greek commercial banks with the use of financial ratios: A data envelopment analysis approach. *Management accounting research*, 15(2), 201–224. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2004.02.001>
- [2] Rasoulzadeh, M., Edalatpanah, S. A., Fallah, M., & Najafi, S. E. (2024). Trapezoidal fuzzy efficiency and cross-efficiency data envelopment analysis with network structure in order to find the optimal investment portfolio. *Journal of decisions and operations research*, 9(4), 968-984. (In Persian). <https://doi.org/10.22105/dmor.2023.396910.1743>
- [3] Shabani and Zamlai, A., Lashgari, Z., & Keyqabadi, A. (2014). Ranking the top listed companies for portfolio selection using the ahp technique (Case study: Top 50 companies on the tehran stock exchange). *The second national conference on applied research in management and accounting sciences (In Persian)*. Tehran, Iran. Civilica. <https://civilica.com/doc/381802>
- [4] Alizadeh, H., & Kianfar, K. (2023). Expansion of the Markowitz model in portfolio optimization considering realistic constraints. *Journal of asset management and financing*, 11(4), 65-92. (In Persian). <https://doi.org/10.22108/amf.2024.137329.1793>
- [5] Khajavi, S., & Ghayuri Moqaddam, A. (2012). DEA method of choosing optimum portfolio in accordance with stock liquidity: The case study of listed companies of Tehran Stock Exchange. *Journal of accounting advances*, 4(2), 27-52. (In Persian). <https://doi.org/10.22099/jaa.2012.1728>
- [6] Edirisinghe, N. C. P., & Zhang, X. (2008). Portfolio selection under DEA-based relative financial strength indicators: Case of US industries. *Journal of the operational research society*, 59(6), 842–856. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602442>

- [7] Bahramfar, N., Mehrani, S., & Ghaiyor, F. (2005). Investigating the relationship between traditional liquidity ratios and ratios derived from the cash flow statement to assess the continuity of companies' activities. *Accounting and auditing reviews*, 12(2). (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26458020.1384.12.2.3.2>
- [8] Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The journal of finance*, 23(4), 589–609. <https://doi.org/10.2307/2978933>
- [9] Tarnaud, A. C., & Leleu, H. (2018). Portfolio analysis with DEA: Prior to choosing a model. *Omega*, 75, 57–76. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.02.003>
- [10] Cook, W. D., & Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA)—Thirty years on. *European journal of operational research*, 192(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
- [11] Gupta, P., Mehlawat, M. K., & Saxena, A. (2013). Hybrid optimization models of portfolio selection involving financial and ethical considerations. *Knowledge-based systems*, 37, 318–337. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2012.08.014>
- [12] Pätäri, E., Leivo, T., & Honkapuro, S. (2012). Enhancement of equity portfolio performance using data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 220(3), 786–797. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.02.006>
- [13] khajavi, S., Ghayomi, A., & Jafari, M. (2010). Data envelopment analysis technique: A complementary method for traditional analysis of financial ratios. *Accounting and auditing review*, 17(2), (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26458020.1389.17.2.3.7>
- [14] Guidolin, M., Panzeri, G., & Pedio, M. (2024). *Machine learning in portfolio decisions*. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4988124>
- [15] Mohammadi Jarchelou, S., Fathi Vajargah, K., & Azhdari, P. (2022). Presenting a comparative model of stock investment portfolio optimization based on Markowitz model. *Journal of mathematics and modeling in finance*, 2(2), 129–150. <https://doi.org/10.22054/jmmf.2023.15189>
- [16] Khan, H., Halabi, A. K., & Sartorius, K. (2011). The use of multiple performance measures and the balanced scorecard (BSC) in Bangladeshi firms. *Journal of accounting in emerging economies*, 1(2), 160–190. <https://doi.org/10.1108/20421161111138512>
- [17] Chaweewanchon, A., & Chaysiri, R. (2022). Markowitz mean-variance portfolio optimization with predictive stock selection using machine learning. *International journal of financial studies*, 10(3), 64. <https://doi.org/10.3390/ijfs10030064>
- [18] Salmi, T., Virtanen, I., & Yli-Olli, P. (1990). *On the classification of financial ratios: A factor and transformation analysis of accurat, clash flow, and market-based ratios*. Vaasan yliopisto. <https://b2n.ir/jt8830>
- [19] Hosseini, S. R., & Hajiannejad, A. (2022). The effect of statistical distribution of financial ratios on Altman model values using monte carlo simulation. *Journal of accounting knowledge*, 13(3), 161–193. <https://doi.org/10.22103/jak.2022.18028.3545>
- [20] Bulgurcu, B. (Kiran). (2012). Application of TOPSIS technique for financial performance evaluation of technology firms in Istanbul Stock Exchange Market. *Procedia-social and behavioral sciences*, 62, 1033–1040. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.176>